

3. ОХРАНА ВОДНОЙ СРЕДЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

3.1. Методы защиты и восстановления поверхностных водных объектов

Самоочищающая способность поверхностных водных объектов, подверженных антропогенной нагрузке, как правило, недостаточна для противостояния высокому уровню внешнего негативного воздействия. В результате водные экосистемы подвергаются перестройке, следствием которой является обеднение видового состава, биологической ценности гидробионтов, ухудшение качественных характеристик воды. По этой причине для промышленно развитых стран с предельной остротой возникает проблема защиты водных объектов и восстановления деградировавших водных экосистем. Решение этой задачи возможно только путем совместного воздействия на поступления веществ в водные объекты и внутриводоемные процессы.

Внешнее воздействие на водные объекты проявляется в виде поступления в них посторонних примесей и тепла, что приводит к нарушению норм качества воды. С целью поддержания самоочищающей способности водных объектов и обеспечения различных видов водопользования объем внешних воздействий не должен превышать установленных нормативов ПДС (предельно допустимого сброса). Реализация норм ПДС достигается за счет уменьшения количества возвратных вод или снижения концентрации веществ в них.

Основными *организационно-техническими мероприятиями*, применяемыми в этих целях, являются:

- изменение технологии производства;
- канализование и санитарная очистка городов;
- повторное использование сточных вод;
- очистка сточных вод.

Изменение технологических процессов в сторону ресурсосберегающих, малоотходных и безотходных технологий является одним из наиболее экономически и экологически эффективных направлений. Однако такой путь, как правило, характеризуется высокой капиталоемкостью и требует первоначальных инвестиций.

Канализование населенных пунктов позволяет предотвратить загрязнение водных объектов неорганизованным стоком. Организованный сток из канализационных сетей, как правило, направляется на очистные сооружения. При отсутствии очистных сооружений снижение негативного воздействия на качество воды водных объектов может быть достигнуто за счет использования специальных конструкций выпусков сточных вод (рассеивающих, в стрелу, глубоководных), которые обеспечивают более эффективное разбавление сточных вод.

Санитарная очистка территории позволяет снизить поступление веществ в дождевые и снеговые сточные воды, снизить загрязнение грунтовых вод и тем самым уменьшить поступление загрязняющих веществ

в водные объекты. Этот метод является достаточно эффективным и относительно малозатратным.

Повторное использование сточных вод может осуществляться путем оборотного водоснабжения в пределах одного предприятия или передачей сточных вод в другие сферы хозяйствования. Например, использование очищенных сточных вод для технического водоснабжения или орошения.

Оборотное водоснабжение может осуществляться как единая система для всего предприятия или в виде отдельных циклов для цеха или группы цехов.

Предотвращение сброса подогретых вод уменьшает вероятность развития процессов эвтрофирования водных объектов.

Очистка сточных вод является наиболее традиционным способом снижения нагрузки на водные объекты.

Управление качеством воды водных объектов на основе целенаправленного вмешательства в ход внутриводоемных процессов достигается в основном воздействием на абиотические компоненты экосистемы.

В основе технологий защиты и восстановления водотоков лежит целенаправленное изменение гидрологических условий или непосредственное воздействие на биотическую часть водной экосистемы.

Основными техническими решениями являются изменение скорости течения, формы поперечного сечения русла, материала крепления береговых откосов и разработка специальных биоинженерных сооружений.

Скорость течения является одним из главных экологических факторов на водотоках. Она оказывает существенное воздействие на все биотические компоненты водной экосистемы – планктон, бентос, перифитон, макрофиты. Это воздействие имеет *прямой* и *косвенный характер*. *Прямое воздействие* проявляется в непосредственном механическом воздействии течения на гидробионты. *Косвенное воздействие* осуществляется через изменение физических и химических условий в водотоке, например, скорости процесса атмосферной реэрации, условий перемешивания, мутности потока. Скорость потока является комплексным управляющим фактором. Чем больше время пребывания вещества в водотоке, тем сильнее проявляются процессы биохимической трансформации веществ. Чем больше транспортирующая способность потока, тем меньше его прозрачность. В свою очередь прозрачность воды сильно влияет на продукционные процессы и тепловой режим водотоков. Скорость потока лимитирует скорость роста различных биотических сообществ. Для каждого вида водорослей существует так называемая *лимитирующая скорость течения*, при достижении которой развитие водорослей замедляется, и *критическая скорость течения*, при которой водоросли перестают развиваться и могут погибнуть.

Форма сечения русла имеет большое значение для трансформации органических веществ. Изменяя форму русла, можно изменять скорость

течения и соотношение *трофогенного* и *трофолитического* слоев, добиваясь таким образом необходимого соотношения продукции и деструкции.

При *искусственной облицовке береговых откосов*, характерной для водных объектов, находящихся в черте города, большое значение имеет используемый облицовочный материал. Его вид во многом определяет интенсивность процессов самоочищения. Например, облицовка берегов щебнем или бетоном приводит к их усиленному обрастанию и, как следствие – к автохтонному вторичному загрязнению водного объекта за счет увеличения продукции органического вещества.

Перспективным направлением развития технологий защиты водотоков является *разработка биоинженерных сооружений* типа *биоплато*. Для защиты и восстановления водных объектов используют *естественные* или *искусственные биоплато* различных типов.

Русловые биоплато представляют собой мелководные расширения русла с развитой высшей водной растительностью. Очистка воды здесь производится высшей водной растительностью по всему сечению потока. Создание русловых биоплато возможно на участках водотоков глубиной не более 1,5-2 м, со скоростью течения до 0,2-0,3 м/с.

Береговые биоплато представляют собой заросли высшей водной растительности вдоль берегов водотока. Очистка воды в этом случае производится только частью потока.

Устьевые биоплато располагаются в местах впадения в водоток малых притоков.

Наплавные биоплато предназначены для очистки верхнего слоя поверхностных вод. В этом случае высшая водная растительность размещается в специальных плавающих контейнерах, располагаемых поперек потока.

Биоинженерные сооружения типа биоплато позволяют существенно снизить содержание загрязняющих веществ в поверхностных водах. Очистку воды осуществляют все элементы сообщества высшей водной растительности. Взвешенные вещества задерживаются и осаждаются в основном *макрофитами*. Главную роль в деструкции органических веществ играет *бактериоперифитон* – бактериальная пленка, развивающаяся на подводной части высшей водной растительности. Биогенные элементы ассимилируются высшей водной растительностью, накапливаются в надводной ее части и корневой системе, что позволяет надолго исключить их из водной среды. Нефтепродукты окисляются бактериоперифитоном и углеводородокисляющими бактериями, количество которых в зарослях высшей водной растительности существенно возрастает за счет выделения растениями специфических стимуляторов и потребления ими ингибиторов роста этих бактерий. Пестициды, тяжелые металлы и радионуклиды извлекаются высшей водной растительностью и накапливаются в ее корневой системе и зеленой массе. Фенолы накапливаются и трансформируются высшей водной растительностью, летучие фенолы частично выделяются в атмосферу.

В водоемах характер внутриводоемных процессов во многом определяется степенью и характером *экологической стратификации*.

Важнейшей проблемой водоемов является *эвтрофицирование*, поэтому большинство защитных технологий направлены на противодействие этому процессу. Такие технологии называются технологиями *деэвтрофирования*. Целью деэвтрофирования является снижение уровня трофности водных объектов. Рассмотрим некоторые технологии деэвтрофирования.

Удаление донных отложений. Содержание биогенных элементов в донных отложениях обычно увеличивается от нижних слоев к верхним. Поэтому удаление верхних слоев этих отложений приводит к обнажению слоев, обедненных биогенными элементами и, следовательно, к снижению переноса их в водную толщу.

Экранирование донных отложений, создающее физический барьер на границе раздела «вода – донные отложения». Как экран могут использоваться пластиковые пленки, песок, глина.

Отвод воды из гипolimниона, в результате которого из водоема извлекаются богатые биогенами воды. Эта технология эффективна в глубоких водоемах с большим периодом водообмена.

Химическая обработка, основанная на использовании веществ, способствующих осаждению биогенных элементов или преобразованию их в менее доступную для микроорганизмов форму. Наиболее эффективным и экологически безопасным является использование в этих целях сульфата алюминия.

Изменение условий среды обитания. В основе этих технологий обычно лежит затемнение, приводящее к снижению продукции органического вещества. Существуют различные технологии затемнения – использование специальных красителей, избирательно пропускающих солнечный свет, непроницаемых плавающих покрытий, посадка высоких деревьев по берегам.

3.2. Методы очистки сточных вод

Очистка сточных вод – обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них вредных веществ.

Освобождение сточных вод от загрязнения – сложное производство. В нем, как и в любом другом производстве имеется сырье (сточные воды) и готовая продукция (очищенная вода). Методы очистки сточных вод можно разделить на механические, химические, физико-химические и биологические, когда же они применяются вместе, то метод очистки и обезвреживания сточных вод называется комбинированным. Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей.

Сущность *механического метода* состоит в том, что из сточных вод путем отстаивания и фильтрации удаляются механические примеси. Грубодисперсные частицы в зависимости от размеров улавливаются

решетками, ситами, песколовками, септиками, навозоуловителями различных конструкций, а поверхностные загрязнения – нефтеловушками, бензомаслоуловителями, отстойниками и др. Механическая очистка позволяет выделять из бытовых сточных вод до 60-75 % нерастворимых примесей, а из промышленных до 95%, многие из которых как ценные примеси, используются в производстве.

При очистке воды методом отстаивания используются следующие технические средства.

Песколовки – используются для очищения от примесей с диаметром частиц более 0,25 мм. Выделяют вертикальные и горизонтальные песколовки. Время пребывания воды в песколовке для ее очистки: от 30 сек до 3 минут. Песколовки бывают аэрируемыми.

Отстойники – используются для отделения примесей с размером частиц менее 0,25 мм (рис.9). Время пребывания воды для очистки – несколько часов. Выделяют вертикальные, горизонтальные, радиальные отстойники. Эффективность метода порядка 60%.

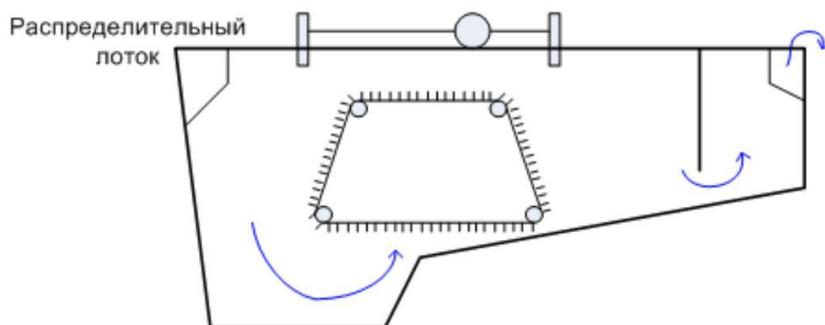


Рис.9.Схема отстойника

Маслоловушки (рис.10), *нефтеловушки*, *жироловки* – их эффективность зависит от исходной концентрации нефти, достигает 90%. Такие устройства делают закрытыми.

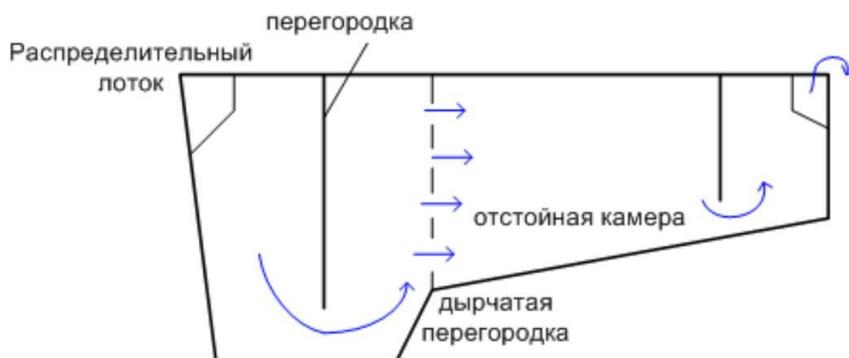


Рис.10.Схема маслоловушки

Радиальные отстойники (рис.11) используют, чтобы ускорить сбор шлама, в них используется совок (шибер). Диаметр радиального отстойника 18-40 м, глубина 1,5-5 м; эффективность очистки – до 60%. Очень эффективны для предварительного осаждения примесей в очень мутной воде.

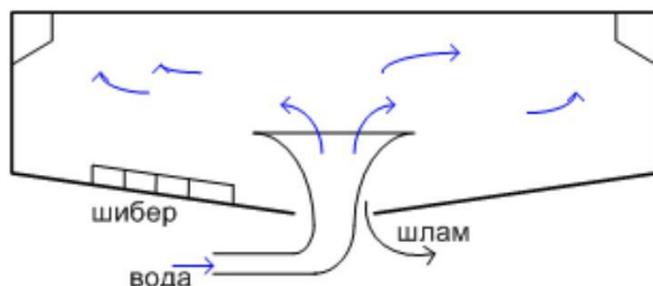


Рис.11. Схема радиального отстойника

Вертикальный отстойник – высота 6-7 м, эффективность – порядка 40% (рис.12).

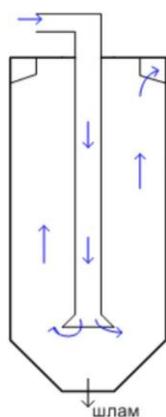


Рис.12. Схема вертикального отстойника

Химический метод заключается в том, что в сточные воды добавляют различные химические реагенты, которые вступают в реакцию с загрязнителями и осаждают их в виде нерастворимых осадков. Химической очисткой достигается уменьшение нерастворимых примесей до 95% и растворимых до 25%.

При *физико-химическом методе* обработки из сточных вод удаляются тонко дисперсные и растворенные неорганические примеси и разрушаются органические и плохо окисляемые вещества, чаще всего из физико-химических методов применяется *коагуляция, окисление, сорбция, экстракция* и т.д. Широкое применение находит также *электролиз*. Он заключается в разрушении органических веществ в сточных водах и извлечении металлов, кислот и других неорганических веществ. Электролитическая очистка осуществляется в особых сооружениях – электролизерах. Очистка сточных вод с помощью электролиза эффективна на свинцовых и медных предприятиях, в лакокрасочной и некоторых других областях промышленности.

Загрязненные сточные воды очищают также с помощью ультразвука, озона, ионообменных смол и высокого давления, хорошо зарекомендовала себя очистка путем хлорирования.

Для повышения эффективности очистки используют коагулянты и флокулянты.

В качестве *коагулянтов* используют соли железа, алюминия: железный купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; сернокислый алюминий $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$; хлорное железо $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

В качестве щелочных реагентов обычно используют известь в виде известкового молока, соду Na_2CO_3 . Эффективность отстойников с использованием коагулянтов достигает 98-99 %.

В качестве *флокулянтов* используют полиакриламид, активную кремниевую кислоту. Перед употреблением флокулянт замачивают в горячей воде, он в ней набухает, после этого его добавляют в отстойник.

Среди методов очистки сточных вод большая роль принадлежит *биологическому методу*, основанный на биологическом окислении органических и некоторых неорганических веществ в результате деятельности микроорганизмов, использующих примеси сточных вод как питательный субстрат, подвергая их биохимическим превращениям, образуя при этом относительно безвредные продукты окисления – воду, диоксид углерода, нитрат- и сульфат-ионы.

Существует два основных приема биологической очистки сточных вод – *аэробный* – при непрерывном притоке кислорода воздуха и *анаэробный* – в отсутствие кислорода.

Есть несколько типов биологических устройств по очистке сточных вод: *метантенки, биофильтры, биологические пруды, аэротенки*.

Метантенк (метанреактор) представляет собой реактор с частично неподвижным слоем, который оборудован дополнительным внешним отстойником со скребком для обратной подачи анаэробного ила в метанреактор. На рис.13 представлены промышленные очистные сооружения. Промышленный метанреактор имеет объем около 1000 м^3 .



Рис.13. Анаэробные очистные сооружения для химической промышленности

При брожении в метантенке образуется газ, состоящий на 70% из метана и на 30% из углекислого газа. Сброженный осадок содержит около 12% гуминовых кислот, 3% общего азота, 3,8% фосфорной кислоты, соединения калия, кальция и может использоваться как удобрение для сельскохозяйственных полей.

Для накопления и усреднения залповых сбросов сточных вод используется усреднитель. За метанреактором следует один из аэробных реакторов биологической очистки.

В *биофилтрах* сточные воды пропускаются через слой крупнозернистого материала, покрытого тонкой бактериальной пленкой. Благодаря этой пленке интенсивно протекают процессы биологического окисления. Именно она служит действующим началом в биофилтрах.

Биологические пруды часто доочистки сточных вод в комплексе с другими очистными сооружениями. Пруды представляют собой каскад неглубоких (до 1 м) искусственных водоемов с естественной или принудительной аэрацией, через которые с малой скоростью протекает очищаемая вода. В биологических прудах в очистке сточных вод принимают участие все организмы, населяющие водоем. Органические примеси окисляются с помощью бактерий, а продукты распада усваиваются водными организмами – микроводорослями, водными растениями.

Аэротенки – огромные резервуары из железобетона с непрерывно протекающей сточной водой (рис.14). Здесь очищающее начало – *активный ил* из бактерий и микроскопических животных. Все эти живые существа бурно развиваются в аэротенках, чему способствуют органические вещества сточных вод и избыток кислорода, поступающего в сооружение потоком подаваемого воздуха. Бактерии склеиваются в хлопья и выделяют ферменты, минерализующие органические загрязнения. Ил с хлопьями быстро оседает, отделяясь от очищенной воды. Инфузории, жгутиковые, амёбы, коловратки и другие мельчайшие животные, поедая бактерии, неслипающиеся в хлопья, омолаживают бактериальную массу ила. В аэротенк непрерывно подается и равномерно распределяется воздух. Концентрация кислорода, растворенного в воде, должна быть не менее 2 м^3 .



Рис.14. Аэротенк с активным илом

Сточные воды перед биологической очисткой подвергаются механической, а после нее для удаления болезнетворных бактерий и химической очистке, хлорированию жидким хлором или хлорной известью. Для дезинфекции используют также другие физико-химические приемы (ультразвук, электролиз, озонирование и др.).

Биологический метод дает большие результаты при очистке коммунально-бытовых стоков. Он применяется также и при очистке отходов предприятий нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, производстве искусственного волокна.

Недостаток метода – малая скорость биологических окислительных процессов, для завершения которых необходимы большие объемы очистных сооружений.

3.3. Использование и очистка сточных вод в горной промышленности

Производственные сточные воды предприятий горной промышленности могут быть разделены на две основные группы:

- воды, образующиеся при разработке месторождений,
- сточные воды обогатительных предприятий.

В зависимости от способа разработки сточные воды подразделяются на шахтные (при подземной добыче), карьерные (при поверхностной отработке месторождения), а также воды гидромеханизации.

Состав сточных вод обогатительных фабрик разнообразен и зависит от природы сырья и технологии обогащения. Наиболее широк спектр загрязнений сточных вод обогатительными фабриками в цветной металлургии, которые, помимо ионов цветных металлов, загрязнены флотореагентами (ксантогенаты, высоко-молекулярные спирты, ПАВ, жирные кислоты, масла, нефтепродукты и пр.), цианидами, растворимыми сульфидами, ионами рассеянных элементов (селен, теллур и т.д.) и рядом других веществ.

Содержащиеся в сточных водах вещества, попадая в значительных количествах в водоёмы, ухудшают их санитарное состояние и гидробиологический режим. Поэтому перед выпуском в водоёмы должна осуществляться обязательная очистка сточных вод.

Одним из способов обезвреживания сточных вод, широко используемым в горнодобывающих отраслях промышленности, является закачка их в глубокие подземные горизонты. Для ряда категорий сточных вод, содержащих биогенные элементы и некоторые органические компоненты, перспективно использование их для орошения сельскохозяйственных земель.

Очистка производственных сточных вод до нормативной концентрации загрязнений перед сбросом требует значительных капитальных и эксплуатационных затрат. Поэтому одним из основных направлений рационального водопользования является повторное использование производственных сточных вод за счёт создания оборотных систем водоснабжения и замкнутых (частично или полностью) систем водоснабжения и канализации, при которых исключается или значительно сокращается сброс сточных вод в водоёмы. В замкнутых системах

требования к качеству очистки производственных сточных вод от загрязнений, как правило, намного ниже, чем при сбросе в водоём, что позволяет сократить расходы на их обезвреживание.

Одним из основных направлений предотвращения загрязнения водоемов и рационального использования водных ресурсов являются *оборотные системы водоснабжения*.

Оборотное водоснабжение – это когда вся вода или ее часть все время находится в обороте. Отличительная особенность водного хозяйства угольной промышленности состоит в том, что забор воды и сброс ее в процессе добычи угля и сланца превышают потребление воды на производственные нужды отрасли более чем в 3 раза, причем для шахт – в 7 раз, для разрезов – в 4,5 раза. Уровень оборотного водоснабжения на угледобывающих и перерабатывающих предприятиях может быть: 48% – при добыче подземным механическим способом; 94% – при добыче гидравлическим способом; 67% – при добыче открытым способом; 92% – при обогащении от общего водопотребления.

Из сточных вод угольной промышленности около 90% составляют воды, забираемые попутно при добыче угля и сланца: шахтные, карьерные, дренажные. Шахтные и карьерные воды в соответствии с действующими стандартами и санитарными правилами не могут быть рекомендованы как источник питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Расход воды на технические нужды в угольной промышленности в соответствии с нормами может достигать 15-30% от общего объема попутно забираемых вод, остальная часть используется на соседних предприятиях других отраслей промышленности, на орошение полей, рыборазведения, или сбрасывается в гидрографическую сеть.

Основными потребителями являются: обогатительные фабрики – 50%; шахты – 36% и разрезы – 14%. Так как шахтные и карьерные воды имеют близкие состав и свойства, области возможного их использования одинаковы. Дренажные воды не загрязнены, как шахтные или карьерные, и потому могут использоваться для хозяйственно-бытового водоснабжения и технических нужд. Основными потребителями шахтных и карьерных вод являются обогатительные фабрики с мокрыми процессами обогащения. Технологические процессы мокрого обогащения на большинстве фабрик организованы по оборотной системе водоснабжения с замыканием водно-шламового цикла через наружные очистные сооружения – шламовые отстойники, илонакопители, хвостохранилища. Свежую воду расходуют, на восполнение безвозвратных потерь технической воды в процессе обогащения угля и сланца, к которым относят потери с продуктами обогащения, при испарении с поверхности сооружений и др. Потери воды в значительной степени зависят от класса обогащенного угля, а также от степени его обогатимости. В результате многократного использования воды в оборотном цикле качественные показатели ее изменяются, и наступает момент, когда часть воды сбрасывается в наружные сооружения, а оттуда – в водоемы. Система пополняется свежей водой.

При строительстве угольных предприятий шахтную воду используют для горнопроходческих работ, при тушении горящих породных отвалов и профилактике их самовозгорания, для геологоразведческих работ, при этом рН должен быть не менее 5. Шахтные воды могут быть перспективным источником орошения сельскохозяйственных культур. Для определения возможности применения шахтных вод с целью орошения необходимо проводить всестороннюю оценку (почвенную, агрохимическую, биологическую, ирригационную).

Одним из путей расширения комплексного использования шахтных вод следует считать создание прудов и водохранилищ, в которых будут аккумулироваться еще дождевые и талые воды. Последние будут разбавлять шахтные воды, и улучшать их качество. Такие водохранилища могут служить зоной отдыха и использоваться для рыборазведения.

Методы очистки шахтных вод обуславливаются их физико-химическими и техническими свойствами, а также климатическими условиями угольных месторождений. Шахтные и карьерные воды очищают механическими, физико-химическими и химическими методами, а для очистки их от взвешенных веществ основными являются – осветление и фильтрование. Биологические методы очистки находят ограниченное применение. Количество осадков, образующихся при очистке шахтных вод, составляет 0,05-0,3 % объема обрабатываемой воды.

Отстаивание (осветление) шахтных и карьерных вод производят в прудах – осветлителях или отстойниках различных конструкций. Пруды-осветлители сооружают одно-, двух- и многокаскадные со временем пребывания воды в них до 10 суток и более. Эффективность осветления в прудах достигает 50-62%, но зимой они работают хуже. Пруды периодически чистят. Однако они занимают большие площади земли и загрязняют окружающую среду (воздух, почву, воду).

В практике очистки шахтных (карьерных) вод широкое применение нашли горизонтальные и вертикальные отстойники, реже – радиальные. Отстойники используют, как правило, на первой стадии очистки, но на многих шахтах отстойники являются самостоятельными и последними сооружениями, после которых стоки сбрасываются в водоемы. Горизонтальные отстойники, которые нашли наиболее широкое применение, представляют собой прямоугольные резервуары с приямком для сбора осадка, который располагается в начале сооружения. Для задержания плавающих примесей и распределения потока на входе и выходе воды из отстойника устанавливают перегородку, погруженную на глубину 0,25 м. Продолжительность отстаивания воды составляет примерно 1-3 ч.

Эффективность очистки горизонтальных отстойников с регулирующими дырчатыми перегородками от 39 до 49%, для отстойников с системой рассредоточенного поверхностного отбора воды – 62-69% и для отстойников с тонкослойными элементами из наклонных перегородок – от 47 до 71%.

С целью повышения эффективности отстаивания без изменения конструктивных параметров отстойников применяют реагентную обработку воды коагулянтами или флокулянтами (сернистый алюминий, хлористое железо, полиакриламид, полиэлектролит ВПК-402 и др.).

Для очистки сточных вод от *взвешенных веществ* применяют аппараты гидроциклоны и центрифуги, в которых используется центробежная сила. Особенно широко для очистки шахтных вод за рубежом нашли применение гидроциклоны. Они успешно заменяют отстойники, имея ряд преимуществ перед ними: занимают малую площадь, имеют высокую степень очистки до 70%, высокую производительность, не имеют подвижных частей, работа их может быть полностью автоматизирована. Наибольшее применение нашли напорные (закрытые) и безнапорные (открытые) гидроциклоны.

Флотация как физико-химический процесс применяется для очистки сточных вод и для обогащения углей. Этот метод обеспечивает высокую степень очистки стоков от нерастворимых примесей и взвешенных веществ на 90-98%, кроме того, фотоустановки применяют для удаления из сточных вод масел, жиров, нефтепродуктов, смол, поверхностно-активных веществ, гидроокисей тяжелых металлов, полимеров, жиров и т.д. Извлечение происходит в результате прилипания частиц к пузырькам газа (воздуха), образующимися в жидкости или введением в нее. Вместе с пузырьками воздуха частицы всплывают на поверхность, образуя пенный слой, который удаляют. Прилипание частиц, находящейся в воде, к поверхности газового пузырька возможно только тогда, когда частица не смачивается или плохо смачивается водой (гидрофобные частицы). Для получения такого эффекта в сточные воды добавляют различные флотационные реагенты (керосин, каменноугольные масла, пенообразователи и др.) которые приводят к вторичному загрязнению сточных вод, особенно при обогащении углей и различных руд.

Для глубокой очистки сточных вод после других методов (осветления, флотации и др.) применяют *фильтрование*. Оно может быть через зернистую загрузку и через фильтрующие перегородки. Фильтры с зернистой загрузкой подразделяются: по скорости фильтрования (медленные до 0,7 м/ч), быстрые (до 17 м/ч), сверхскоростные (36-100 м/ч); по количеству слоев загрузки: однослойные, двухслойные, многослойные; по крупности фильтрующего материала; мелкозернистые, среднезернистые, крупнозернистые; по направлению потока; нисходящий, восходящий, горизонтальный; по количеству потоков однопоточные, двухпоточные, многопоточные. В качестве загрузки при фильтровании шахтных вод используются: песок, дробленый антрацит, керамзит, горелые породы, тяжелые минералы (гранат, ильменит, магнетит), синтетические гранулированные материалы (полистирол, полиэтилен и др.), пластмассы с наполнителем – для устройства слоев, однородных по размерам зерен и другие материалы. По рабочему давлению; безнапорные (открытые), напорные (закрытые).

3.4. Показатели качества воды водных объектов

Качество поверхностных вод в настоящее время оценивается по целому ряду показателей состояния: санитарно-бактериологическим, радиологическим, гидробиологическим, показателям кислородного режима и степени минерализации, а также по состоянию загрязненности донных отложений, характеризующих в значительной степени накопленное загрязнение.

Система контроля загрязнений природных водных объектов, существующая в настоящее время, основана на определении аналитическими методами *ПДК отдельных веществ*, а также *санитарно-гигиенических показателей*.

При этом содержание каждого загрязняющего вещества измеряют в мг/м³ и выражают кратностью превышения его фактической концентрации принятого норматива для того или иного вида использования вод (хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения). Для интегральной характеристики качества воды часто используется «индекс загрязненности вод» (ИЗВ), определяемый по среднему превышению предельно допустимых концентраций (ПДК) среднегодовыми концентрациями шести основных загрязняющих веществ.

По итоговому значению ИЗВ выделяют 7 классов качества воды: I – очень чистые (ИЗВ менее 0,5), II – чистые (0,5–1,0), III – умеренно загрязненные (1–2,5), IV – загрязненные (2,5–4,0), V – грязные (4–6), VI – очень грязные (6–10) и чрезвычайно грязные (более 10).

Поскольку не существует единого показателя, который характеризовал бы весь комплекс характеристик воды, оценка качества воды ведется на основе *системы показателей*. Показатели качества воды делятся на *физические, бактериологические, гидробиологические и химические*.

Другой формой классификации показателей качества воды является их разделение на *общие и специфические*.

К *общим* относят показатели, характерные для любых водных объектов. Присутствие в воде *специфических показателей* обусловлено природными условиями, а также особенностями антропогенного действия на водный объект.

К основным физическим показателям качества воды относятся:

Температура воды. В водных объектах температура является результатом действия солнечной радиации, теплообмена с атмосферой, переноса тепла течениями, перемешивания водных масс и поступления погретых вод из внешних источников. Температура влияет практически на все процессы, от которых зависят состав и свойства воды. Температура воды измеряется в градусах Цельсия (°C).

Запах. Запах воды создается специфическими веществами, поступающими в воду в результате жизнедеятельности гидробионтов, разложения органических веществ, химического взаимодействия

содержащихся в воде компонентов и поступления из *внешних (аллохтонных)* источников. Запах воды меряется в баллах.

Прозрачность. Прозрачность воды зависит от степени рассеивания солнечного света в воде веществами органического и минерального происхождения, находящимися в воде во взвешенном и коллоидном состоянии. Прозрачность определяет протекание биохимических процессов, требующих освещенности. Прозрачность измеряется в сантиметрах.

Цветность. Цветность воды обуславливается содержанием органических окрашенных соединений. Вещества, определяющие окраску воды, поступают в воду вследствие выветривания горных пород, внутриводоемных процессов, с подземным стоком, из антропогенных источников. Высокая цветность снижает органолептические свойства воды, уменьшает содержание растворенного кислорода. Цветность измеряется в градусах.

Содержание взвешенных веществ. Источниками взвешенных веществ могут служить процессы эрозии почв и горных пород, взмучивание донных отложений, продукты метаболизма и разложения гидробионтов, продукты химических реакций и антропогенные источники. Взвешенные вещества влияют на глубину проникновения солнечного света, ухудшают жизнедеятельность гидробионтов, приводят к заиливанию водных объектов, вызывая их экологическое старение (*эвтрофицирование*). Содержание взвешенных веществ измеряется в граммах на кубический метр или в миллиграммах на литр (г/м^3 , мг/л).

Бактериологические показатели характеризуют загрязненность воды патогенными микроорганизмами. К числу важнейших бактериологических показателей относят: *коли-индекс* – количество кишечных палочек в одном литре воды; *коли-титр* – количество воды в миллилитрах, в котором может быть обнаружена одна кишечная палочка; *численность лактозоположительных кишечных палочек*; *численность колифагов*.

Гидробиологические показатели дают возможность оценить качество воды по населению водоемов животными и растениями. Изменение видового состава водных экосистем может происходить при столь слабом загрязнении водных объектов, которое не обнаруживается никакими другими методами. Поэтому гидробиологические показатели являются наиболее чувствительными. Существует несколько подходов к *гидробиологической оценке качества* воды.

а) Оценка качества воды по уровню *сапробности*. *Сапробность* – это степень насыщения воды органическими веществами. В соответствии с этим подходом водные объекты (или их участки) в зависимости от содержания органических веществ подразделяют на *полисапробные*, *мезосапробные* и *олигосапробные*. Наиболее загрязненными являются полисапробные водные объекты. Каждому уровню сапробности соответствует свой набор индикаторных организмов - сапробионтов. На основе индикаторной значимости организмов и их количества вычисляют *индекс сапробности*, по которому определяется *уровень сапробности*.

б) Оценка качества воды по *видовому разнообразию организмов*. С увеличением степени загрязненности водных объектов видовое разнообразие, как правило, снижается. Поэтому изменение видового разнообразия является показателем изменения качества воды. Оценка видового разнообразия осуществляют на основе *индексов разнообразия* (индексы Маргалефа, Шеннона и др.).

в) Оценка качества воды по *функциональным характеристикам водного объекта*. В этом случае о качестве воды судят по величине *первичной продукции, интенсивности деструкции* и некоторым другим показателям.

Физические, бактериологические и гидробиологические показатели относят к *общим показателям* качества воды.

Химические показатели могут быть *общими* и *специфическими*.

Химические показатели измеряются в г/м^3 , мг/дм^3 (мг/л). К числу *общих химических показателей* качества воды относят:

а) *Растворенный кислород*. Основными источниками поступления кислорода в водные объекты является газообмен с атмосферой, фотосинтез, а также дождевые и талые воды, которые, как правило, перенасыщены кислородом. Окислительные реакции являются основными источниками энергии для большинства гидробионтов. Основными потребителями растворенного кислорода являются процессы дыхания гидробионтов и окисления органических веществ. Низкое содержание растворенного кислорода (*анаэробные условия*) сказывается на всем комплексе биохимических и экологических процессов в водном объекте.

б) *Химическое потребление кислорода (ХПК)*. ХПК определяется как количество кислорода, необходимого для химического окисления содержащихся в единице объема воды органических и минеральных веществ. При определении ХПК в воду добавляется окислитель – бихромат калия. Величина ХПК позволяет судить о загрязнении воды окисляемыми веществами, но не дает информации о составе загрязнения. Поэтому ХПК относят к обобщенным показателям.

в) *Биохимическое потребление кислорода (БПК)*. БПК определяется как количество кислорода, затрачиваемое на биохимическое окисление содержащихся в единице объема воды органических веществ за определенный период времени. На практике БПК оценивают за пять суток (БПК_5) и двадцать суток (БПК_{20}). БПК также относится к обобщенным показателям, поскольку оно служит оценкой общего загрязнения воды легкоокисляемыми органическими веществами.

г) *Водородный показатель (рН)*. В природных водах концентрация ионов водорода зависит, главным образом, от соотношения концентраций угольной кислоты и ее ионов. Источниками содержания ионов водорода в воде являются также гуминовые кислоты, присутствующие в кислых почвах и, особенно, в болотных водах, гидролиз солей тяжелых металлов. От рН зависит развитие водных растений, характер протекания продукционных процессов.

д) *Азот*. Азот может находиться в природных водах в виде свободных молекул N_2 и разнообразных соединений в растворенном, коллоидном или взвешенном состоянии. В *общем азоте* природных вод принято выделять *органическую* и *минеральную* формы. Основными источниками поступления азота являются внутриводоемные процессы, газообмен с атмосферой, атмосферные осадки и антропогенные источники. Различные формы азота могут переходить одна в другую в процессе круговорота азота. Азот относится к числу важнейших лимитирующих биогенных элементов. Высокое содержание азота ускоряет процессы эвтрофирования водных объектов.

е) *Фосфор*. Фосфор в свободном состоянии в естественных условиях не встречается. В природных водах фосфор находится в виде органических и неорганических соединений. Основная масса фосфора находится во взвешенном состоянии. Соединения фосфора поступают в воду в результате внутриводоемных процессов, выветривания и растворения горных пород, обмена донными отложениями и из антропогенных источников. На содержание различных форм фосфора оказывают влияние процессы его круговорота, в отличие от азота круговорот фосфора не сбалансирован, что определяет его более низкое содержание в воде.

Поэтому фосфор наиболее часто оказывается тем лимитирующим биогенным элементом, содержание которого определяет характер продукционных процессов в водных объектах.

ж) *Минеральный состав*. Минеральный состав определяется по суммарному содержанию семи главных ионов: K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Основными источниками повышения минерализации являются грунтовые и сточные воды. С точки зрения воздействия на человека и гидробионтов, неблагоприятными являются как высокие, так и чрезмерно низкие показатели минерализации воды.

К наиболее часто встречающимся *специфическим показателям качества* воды относят:

а) *Фенолы*. Содержание фенолов в воде, наряду с поступлением из антропогенных источников, может определяться метаболизмом гидробионтов и биохимической трансформацией органических веществ. Источником поступления фенолов являются гуминовые вещества, образующиеся в почвах и торфяниках. Фенолы оказывают токсическое воздействие на гидробионты и ухудшают органолептические свойства воды.

б) *Нефтепродукты*. К нефтепродуктам относятся топлива, масла, битумы и некоторые другие продукты, представляющие собой смесь углеводородов различных классов. Источниками поступления нефтепродуктов являются утечки при их добыче, переработке и транспортировке, а также сточные воды. Незначительное количество нефтепродуктов может выделяться в результате внутриводоемных процессов. Входящие в состав нефтепродуктов углеводороды оказывают токсическое и, в некоторой степени, наркотическое воздействие на живые организмы, поражая сердечно-сосудистую и нервную системы.

в) *ПАВ* и *СПАВ*. К поверхностно-активным веществам (ПАВ) относят органические вещества, обладающие резко выраженной способностью к адсорбции на поверхности раздела «воздух-жидкость». В подавляющем большинстве попадающие в воду поверхностно-активные вещества являются синтетическими (СПАВ). СПАВ оказывают токсическое воздействие на гидробионты и человека, ухудшают газообмен водного объекта с атмосферой, снижают интенсивность внутриводоемных процессов, ухудшают органолептические свойства воды. СПАВ относятся к медленно разлагающимся веществам.

г) *Пестициды*. Под пестицидами понимают большую группу искусственных хлорорганических и фосфорорганических веществ, применяемых для борьбы с сорняками, насекомыми и грызунами. Основным источником их поступления является поверхностный и дренажный сток с сельскохозяйственных территорий. Пестициды обладают токсическим, мутагенным и кумулятивным действием, разрушаются медленно.

д) *Тяжелые металлы*. К числу наиболее распространенных тяжелых металлов относятся свинец, медь, цинк. Тяжелые металлы обладают мутагенным и токсическим действием, резко снижают интенсивность биохимических процессов в водных объектах.

В соответствии с *Водным кодексом* Российской Федерации оценка качества воды осуществляется на основе нормативов экологической безопасности водопользования и экологических нормативов качества воды водных объектов.

Оценка качества воды на основе нормативов экологической безопасности водопользования.

Действующие нормативы позволяют оценить качество воды, используемой для коммунально-бытового, хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного водопользования.

К коммунально-бытовому водопользованию относится использование водных объектов для купания, занятия спортом и отдыха.

К хозяйственно-питьевому водопользованию относится использование водных объектов в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения и для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

К рыбохозяйственному водопользованию относится использование водных объектов в качестве среды обитания рыб и других водных организмов. Водные объекты рыбохозяйственного назначения подразделяются на *высшую, первую и вторую категории*. Разные участки одного водного объекта могут относиться к различным категориям водопользования.

Нормативную базу оценки качества воды составляют общие требования к составу и свойствам воды и значения предельно допустимых концентраций веществ в воде водных объектов.

Общие требования определяют допустимые состав и свойства воды, оцениваемые наиболее важными физическими, бактериологическими и обобщенными химическими показателями.

Они могут задаваться в виде конкретной величины, изменения величины показателя в результате воздействия внешних факторов или в виде качественной характеристики показателя.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) – это установленный уровень концентрации веществ в воде, выше которого вода считается непригодной для конкретного вида водопользования. ПДК, как правило, задаются в виде конкретного значения концентрации.

Все вещества по характеру своего отрицательного воздействия делятся на группы. Каждая группа объединяет вещества одинакового признака действия, который называют признаком вредности. Одно и то же вещество при различных концентрациях может проявлять различные признаки вредности. Признак вредности, который проявляется при наименьшей концентрации вещества, называют *лимитирующим признаком вредности (ЛПВ)*.

В водных объектах коммунально-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования различают три ЛПВ – *органолептический, общесанитарный* и *санитарно-токсикологический*. В водных объектах рыбохозяйственного водопользования, кроме названных, выделяют еще два ЛПВ – *токсикологический* и *рыбохозяйственный*.

При оценке качества воды в водоемах коммунально-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования учитывают также *класс опасности вещества*. Его определяют в зависимости от токсичности, кумулятивности, мутагенности и ЛПВ вещества. Различают *четыре класса опасности* веществ: первый – чрезвычайно опасные; второй – высокоопасные; третий – опасные; четвертый – умеренно опасные.

При оценке качества воды учитывается принцип *аддитивности* – однонаправленного действия. В соответствии с этим принципом принадлежность нескольких веществ к одному и тому же ЛПВ проявляется в суммировании их негативного воздействия.

С учетом сказанного, оценка качества воды с точки зрения экологической безопасности водопользования производится по следующей методике.

Водные объекты считаются *пригодными для коммунально-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования*, если одновременно выполняются следующие условия:

- не нарушаются общие требования к составу и свойствам воды для соответствующей категории водопользования;

- для веществ, принадлежащих к третьему и четвертому классам опасности, выполняется условие:

$C < \text{ПДК}$, где C – концентрация вещества в водном объекте, г/м³;

- для веществ, принадлежащих к первому и второму классам опасности, выполняется условие:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1$$

Где $C_1 \dots C_n$ – концентрации веществ первого и второго класса опасности, обнаруживаемые в воде водного объектов; $\text{ПДК}_1 \dots \text{ПДК}_n$ – ПДК тех же веществ.

Водные объекты считаются пригодными для рыбохозяйственного водопользования, если одновременно выполняются следующие условия:

- не нарушены общие требования к составу и свойствам воды для соответствующей рыбохозяйственной категории;
- в водном объекте не зарегистрированы случаи гибели рыб и кормовых для рыб организмов;
- не наблюдается постепенное исчезновение тех или иных видов рыб, для которых водоем был ранее пригоден, не заменяются ценные в кормовом для рыб отношении организмы на малоценные или не имеющие кормового значения;
- не происходит порчи товарных качеств обитающих в водоеме рыб;
- для веществ, принадлежащих к одинаковому ЛПВ, выполняется условие

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1$$

где $C_1 \dots C_n$ – концентрации веществ, обнаруживаемые в воде водного объектов; $\text{ПДК}_1 \dots \text{ПДК}_n$ – ПДК тех же веществ, принадлежащего к данному ЛПВ.

Нормы качества воды должны выполняться:

- для водотоков коммунально-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования – на участках от пункта водопользования до контрольного створа, расположенного на расстоянии не менее одного километра выше по течению от этого пункта водопользования;
- для водоемов коммунально-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования – на акватории в радиусе не менее одного километра от пункта водопользования;
- для водотоков рыбохозяйственного водопользования – в пределах всего рыбохозяйственного участка водотока, начиная с контрольного створа, расположенного не далее 500 метров ниже по течению от источника поступления примесей;
- для водоемов рыбохозяйственного назначения – на всем рыбохозяйственном участке, начиная с контрольного пункта, расположенного в радиусе не более 500 м от места поступления примеси.

Оценка качества воды на основе экологических нормативов.

Экологические нормативы качества воды устанавливаются для оценки

состояния водных объектов на основе экологической классификации поверхностных вод.

Вопросы для самоконтроля

1. Методы защиты и восстановления поверхностных водных объектов.
2. Методы очистки сточных вод.
3. Показатели качества воды в водных объектах.
4. Использование и очистка сточных вод в горной промышленности.