

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ивановская государственная текстильная академия»
(ИГТА)

Кафедра химии

ИНЖЕНЕРНАЯ ОХРАНА ВОДНОГО БАССЕЙНА

Методические указания
для студентов
специальности 280102 (330500)

Иваново 2009

Методические указания разработаны для студентов специальности 280102 (330500) **Безопасность технологических процессов и производств**. Они помогут студентам в самостоятельной работе при освоении дисциплины «Инженерная охрана водного бассейна». В них представлена как теоретическая, так и практическая часть по курсу.

В теоретической части рассмотрены следующие вопросы:

- воздействие производственной деятельности человека на гидросферу;
- способы и техника защиты естественных водоёмов от антропогенного воздействия;
- нормирование качества воды;
- методы, приборы и системы контроля состояния водной среды;
- рациональные методы водопользования и малоотходные технологии.

В практической части приведены лабораторные работы.

Составитель канд. техн. наук, доц. С.А. Никольская
Научный редактор канд. техн. наук, проф. Г.М. Прияткин
Редактор И.Н. Худякова
Корректор К.А. Торопова
Компьютерная верстка С.Б. Евстигнеевой

Подписано в печать 09.09.2009. Формат 1/16 60x84. Бумага писчая.
Плоская печать. Усл.печ.л. 4,88. Уч.-изд.л.4,67. Тираж 50 экз.
Заказ №

Редакционно-издательский отдел
Ивановской государственной текстильной академии
Копировально-множительное бюро
153000 г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 21
Адрес в Интернете: www.IGTA.ru

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время вопросы экономии природных ресурсов и сохранения экологического равновесия между результатами антропогенной деятельности и окружающей средой имеют глобальное значение. Одной из наиболее актуальных является проблема загрязнения водного бассейна. Загрязнение природных вод наносит огромный ущерб, как окружающей среде, так и экономике. Загрязнённые источники воды становятся ограниченно пригодными, а во многих случаях и абсолютно непригодными для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения, орошения сельскохозяйственных угодий, рыбного хозяйства.

Существенный вклад в общий объём загрязнения природных вод дают такие отрасли промышленности, как химическая, текстильная, машиностроительная, пищевая и др.

В сложившихся условиях одним из путей повышения эффективности природоохранной деятельности промышленных предприятий может стать внедрение в производство ресурсосберегающих технологий. Организация замкнутых водооборотных циклов, комплексная переработка и утилизация вещества и энергии технологических водных потоков позволят решить вопросы рационального использования водных ресурсов и охраны окружающей среды.

Тема 1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

1. Роль воды в биосфере

Когда учёные, исследуя другие планеты, ставят вопрос, есть ли ещё где-либо в Солнечной системе жизнь, первое, на что они обращают внимание, – вода. Без воды жизнь существовать не может. Первой средой жизни была вода. Затем жизнь стала осваивать сушу, и вся эволюция наземных организмов шла под знаком приспособления к добыванию и сохранению воды, играющей исключительную роль в жизнедеятельности любого живого организма. Вода составляет 40-98 % от его массы. В теле взрослого человека её содержится около 63 %, а новорождённого – 75 %. Суточная потребность человека в воде 2-3 л. При утрате 6-8% влаги от массы тела человек впа-

дает в полуобморочное состояние, при потере 12% и выше наступает смерть. Человек может прожить без пищи 5-6 недель, без воды – 5 дней. В растворённом в воде виде в живых организмах транспортируются все питательные вещества, гормоны, выводятся продукты обмена.

Происхождение воды остаётся загадочной проблемой. Согласно гипотезе “холодного” образования планет Солнечной системы, вода в виде кристаллов льда существовала в первичном газопылевом облаке, из которого 5 млрд. лет назад возникла Земля. По преобладающим на сегодня воззрениям, начало водной оболочке Земли, гидросфере, дала вода, выделяющаяся и продолжающая выделяться из мантии в результате дегазации и обезвоживания её вещества. Расчёты показывают, что в мантии содержатся практически неисчерпаемые запасы химически связанной воды (13-15 млрд. км³), в 10 раз больше, чем во всём мировом океане. Одни считают, что на ранней стадии истории Земли вода поступала из недр в результате бурной вулканической деятельности в неизмеримо большем количестве, чем теперь, и океанические бассейны заполнились водой почти до современного уровня в первые 1-2 млрд. лет существования нашей планеты. Другие считают, что океаны заполнялись постепенно на протяжении всей истории Земли: из вулканов, трещин и горячих источников всегда поступало воды столько же, что и теперь, – 1 км³ в год. Этого с избытком хватило бы на то, чтобы наполнить океаны за 3-4 млрд. лет.

Поперечник Земли (экваториальный диаметр) равен 12760 км, а средняя глубина океана 3,7 км, следовательно, толщина слоя воды равна 0,03% земного диаметра. Это тончайшая водяная плёнка на поверхности Земли, но играющая подобно озоновому защитному слою исключительно важную роль в биосфере. На поверхности других планет Солнечной системы нет и такого тонкого слоя воды. На планетах, ближе расположенных к Солнцу (Меркурий, Венера), вода может существовать только в виде пара, а расположенных дальше от Солнца, чем Земля (Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон), только в виде льда.

Огромная роль воды в биосфере обусловлена её уникальными свойствами.

1. Вода – единственное вещество на планете, которое находится одновременно в трёх агрегатных состояниях.

2. Молекулы воды связаны между собой межмолекулярными водородными связями, в результате чего вода имеет:
 - высокую теплоту испарения (30% солнечной радиации расходуется на испарение, что способствует стабилизации температуры на Земле;
 - высокую теплоту плавления, что приводит к сглаживанию межсезонных переходов;
 - высокую теплоёмкость, что сглаживает температуру на планете;
3. Плотность льда ниже плотности воды, поэтому водоёмы покрываются ледяным панцирем только сверху.
4. Вода – универсальный растворитель из-за высокой полярности молекул. В растворённом в воде виде в живых организмах транспортируются все питательные вещества, гормоны, выводятся продукты обмена.

2. Источники воды на планете

В настоящее время около 70% поверхности Земли покрыто водой. Водная оболочка земли (гидросфера) представляет собой совокупность океанов, морей, озёр, рек, прудов, болот, подземных вод.

Океан – самый крупный резервуар воды. Колоссальное значение океана состоит в том, что он будучи “лёгкими” планеты продуцирует своим фитопланктоном почти половину всего кислорода атмосферы.

Океан является важнейшим источником пищевых ресурсов. В настоящее время промыслы в океане дают 6% всех белков и 3-4% жиров животного происхождения. Мировой улов рыбы в последние годы составляет 63 млн. т в год. В общем улове рыба составляет 90%, моллюски – 5%, ракообразные – 3%, морские растения – 1,5%. Пищевые ресурсы океана далеко не исчерпаны. Большое количество высококачественных продуктов белкового питания могут дать некоторые животные, биомасса которых в океане очень велика, а освоение только начинается, например криль. Его можно добывать без ущерба для окружающей среды по 200 млн. т в год.

В морской воде содержится почти все химические элементы таблицы Менделеева. Больше всего в океане Cl, Na, K, Mg, Ca, относительно много U, Ag, Au. Почти треть добываемой на планете

нефти поступает из скважин морского дна. На шельфе (материковая отмель) постоянно растёт добыча не только нефти, но и газа.

В настоящее время Россией на Тихом океане ведётся полупромышленная добыча железомарганцевых конкреций (шаровых образований осадочного происхождения).

Океан может стать неисчерпаемым источником пресной воды. В мире уже действует более 1000 опреснительных установок, дающих 2 млн. м³ воды в сутки (такая установка работает в Казахстане).

Реки представляют собой самый удобный для использования вид природных вод. Реки словно гигантский водопровод проходят по всем материкам. О величине реки надо судить не по её длине, а по площади бассейна, с которого река собирает воды. Бассейн реки называется водосбором. О расходе воды судят по объёму воды, протекающей в единицу времени через поперечное сечение русла реки. По основным показателям Амазонка – величайшая река в мире. Её сток в океан (220 тыс. м³) составляет 16% стока всех рек мира (хотя по длине – 6280 км она меньше Нила – 6670 км). В России самая длинная река Лена (4400 км), самый большой бассейн у Оби (2290 тыс. км²), самая водоносная река Енисей (средний расход воды 19800 м³/с).

Озеро Байкал – самое уникальное на Земле. По площади оно стоит всего лишь на восьмом месте в мире, но содержит пресной воды, причём самой высококачественной, больше других озёр (20% мировых запасов), является самым глубоким (наибольшая глубина 174 м) и самым чистым (металлический диск виден на глубине 40 м). Ежегодно в Байкале воспроизводится около 60 км³ неповторимой по качеству воды. Редкая чистота воды обеспечивается жизнедеятельностью его уникального растительного и животного мира. Из более 2500 видов животных и растений около 40 % эндемичны, т.е. нигде больше в мире не встречаются. При нарушении хотя бы одного из звеньев сложной и сбалансированной системы взаимоотношений вся экосистема будет видоизменяться.

Подземные пресные воды – воды, залегающие на глубине до 150-200м (ниже они переходят в солоноватые и рассолы). Их объём оценивают в 10,5 млн. км³, что в 100 раз больше объёма поверхностных пресных вод (реки, озёра, болота).

3. Запасы пресной воды

Пресной называют воду, содержащую менее 1 г/л солей. Воды мирового океана, на которые приходится свыше 96% объёма гидросферы, содержат около 35 г/л солей. Такая вода непригодна для бытовых, производственных и сельскохозяйственных потребностей.

До 99% всех пресных вод гидросферы составляют ледники Антарктиды, Арктики, высокогорных районов, а также подземные воды, залегающие на большой глубине и поэтому практически недоступные для непосредственного использования человеком. Доступные естественные ресурсы – поверхностные пресные воды составляют всего 0,01%.

Эти ресурсы крайне неравномерно размещены на нашей планете. Значительная часть крупнейших рек мира протекает в малонаселённых регионах. В густонаселённых областях сравнительно немного крупных рек, и их воды интенсивно используются. Всё это осложняет водоснабжение человечества уже в наше время, когда из 6 млрд. жителей Земли примерно треть ощущает острый недостаток пресной воды. К 2025 г. предполагается увеличение населения мира до 8 млрд. человек, тогда дефицит пресной воды существенно возрастёт.

Суммарные водные ресурсы России (100%) включают:

- речной сток – 42%,
- озёра – 5%,
- болота – 10%,
- ледники – 1%,
- подземная вода – 8%,
- почвенная влага – 34%.

На территории России протекает 120 000 рек длиной более 10 км и общей протяжённостью 2,3 млн. км; находится около 2 млн. озёр, создано 40 крупных водохранилищ.

Суммарный объём ежегодно возобновляемых водных ресурсов РФ (речной сток) составляет 4266 км³ (почти 10% от стока всех рек мира), из них 4056 км³ формируется в пределах страны и 210 км³ поступает с территории сопредельных государств. По объёму речного стока Россия занимает второе место после Бразилии. На одного жителя приходится в среднем 30 тыс. м³ воды в год. Для сравнения на одного жителя в год приходится, тыс. м³:

- в среднем по миру – 9,0,

- в Европе – 4,6,

- в Азии – 5,2.

Однако географическое распределение материкового стока в России крайне неравномерно (рис.1): более 90% его выносится в Северный Ледовитый и Тихий океаны, а на бассейны Каспийского и Азовского морей, где проживает 80% населения страны и сосредоточена большая часть её хозяйственного потенциала, приходится менее 9%. Поэтому бассейны таких рек как Волга, Дон, Кубань, Урал, Терек испытывают большую техногенную нагрузку, а в Поволжье и Зауралье существуют трудности с обеспечением населения качественной водой.

В настоящее время обеспеченность человечества пресной водой стала не менее важной задачей, чем снабжение производства топливом, сырьём и энергией. Эта задача решается по нескольким взаимосвязанным направлениям.

1. Сокращение потерь воды при водопользовании и увеличение объёмов оборотного водоснабжения (повторного использования воды). Потери воды чаще всего связаны с несовершенством технологии промышленного и сельскохозяйственного производств, коммунальных служб. Так, потери воды из водонесущих коммуникаций в некоторых городах России составляют до 15-30%. В сельском хозяйстве при поливе самым распространённым в мире способом по бороздам потери воды составляют 40-70%, с применением дождевальных машин 20%, а при внутрпочвенном (когда вода подаётся непосредственно к корневой системе с помощью системы тонких трубок-капилляров) не более 10%.

2. Переброска части речного стока из районов с избыточным увлажнением в засушливые территории. Например, в Китае 80% запасов пресной воды сосредоточены на юге, в бассейне реки Янцзы, а на севере всего 20%, когда там находятся 70% пахотных земель. На севере посевы страдают от засухи, а на юге – от наводнений. Под девизом «водам Юга напоить Север» планируется переброска около 6% годового стока Янцзы в реку Хуанхэ, которая станет в 2,5 раза многоводнее. Но подобные мероприятия требуют серьёзного экологического обоснования.

3. Освоение новых источников пресной воды подразумевает использование подземных вод, находящихся на большой глубине, опреснение морских вод, получение пресной воды из айсбергов.

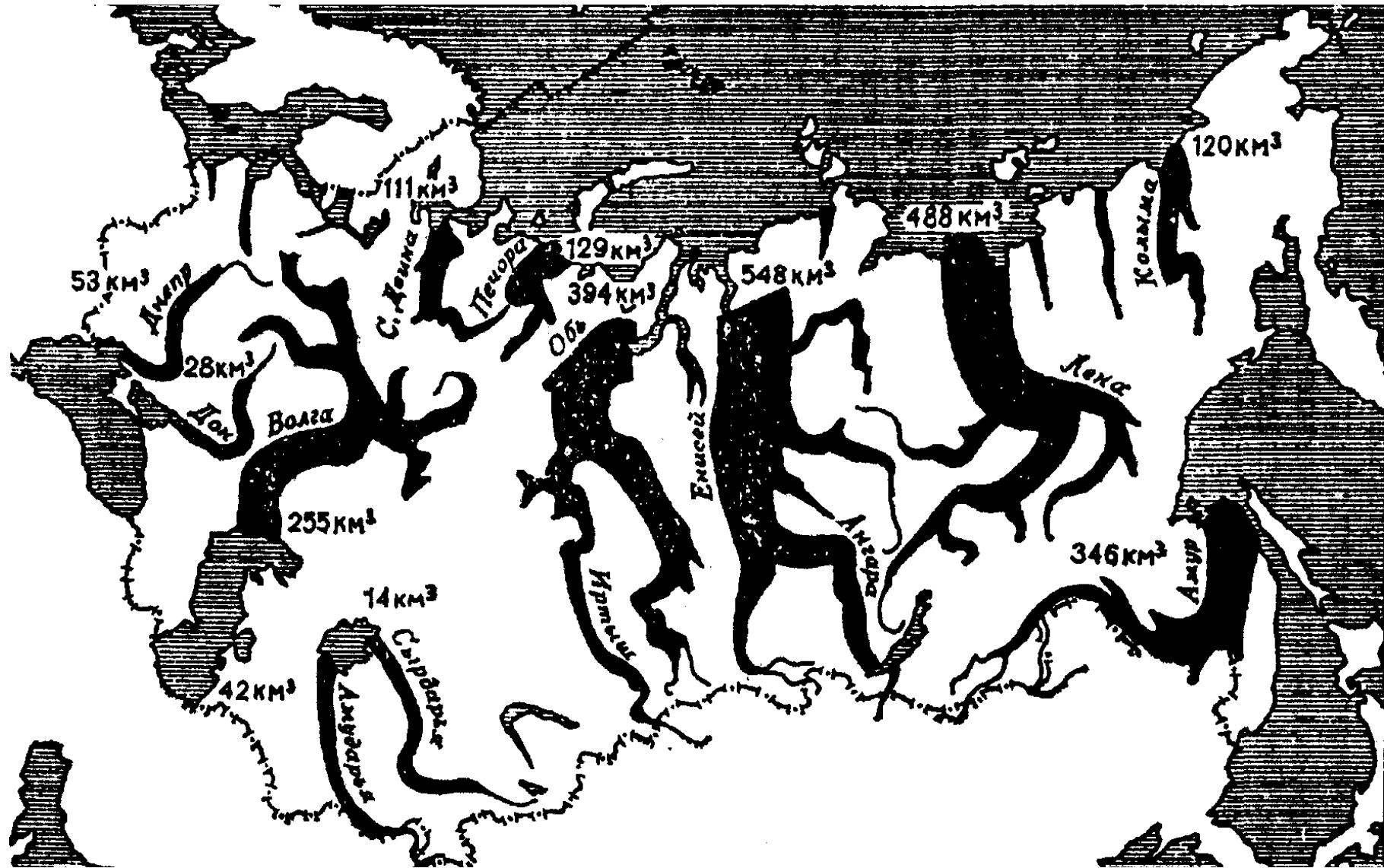


Рис.1. Карта водности рек России

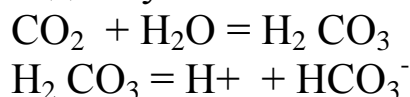
Водоснабжение за счёт подземных источников практикуется во многих странах, на них основано водное хозяйство 25% городов мира, в т.ч. многих крупных. В Дании потребность в пресной воде почти полностью удовлетворяют её подземные ресурсы, в Бельгии – на 90%, в Швеции – на 85%. В развитых странах получило распространение искусственного пополнения подземных вод с помощью весенних паводков рек.

Большие площади вододефицитных территорий примыкают к берегам морей и океанов, поэтому для них один из путей восполнения недостатка пресной воды – опреснение морской. Этот процесс требует высоких затрат электроэнергии, что сдерживает распространение способа. Тем не менее, в настоящее время водопотребление опреснённой воды составляет 35 км³ в год (1% от общего). Крупнейшими производителями пресной воды в мире являются США, Япония, Саудовская Аравия, Кувейт, Объединённые Арабские Эмираты.

Колоссальные ресурсы пресной воды заключены в айсбергах. Их водозапас, образуемый только за год, примерно равен количеству воды, одновременно содержащемуся в руслах всех рек мира. Разработаны проекты по транспортировке больших айсбергов в засушливые районы Австралии, Америки, Африки, Аравии. По существующим оценкам стоимость такой воды невелика.

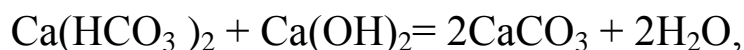
4. Характеристики природных вод

Важной характеристикой природных пресных вод является их элементный состав. В отличие от океанов, где преобладают ионы хлора и натрия, в пресных водах содержатся в основном гидрокарбонаты кальция и магния. Гидрокарбонат-ион (HCO_3^-) образуется при диссоциации угольной кислоты (H_2CO_3), которая получается при взаимодействии воды с углекислым газом (CO_2).

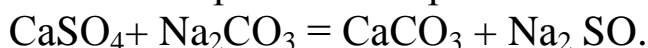


Состав речной и озёрной воды зависит главным образом от типа почвы и горных пород, через которые она проходит, а также от типа источника питания в виде поверхностного стока или грунтовых вод: обычно в грунтовой воде содержится растворённых веществ больше, чем в водах поверхностного стока.

Содержание гидрокарбонатов кальция и магния оценивается показателем *жёсткости воды*. Различают *жёсткость карбонатную (временную)* и *некарбонатную (постоянную)*. Первая обусловлена наличием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, вторая сульфатами кальция и магния или их хлоридами. Временная жёсткость устраняется кипячением или добавлением гидроксида кальция по реакции



а постоянная – добавлением карбоната натрия:



Сумма временной и постоянной жёсткости составляет *общую жёсткость* воды, выраженную в миллиграмм-эквивалентах ионов кальция и магния на литр воды. По этому показателю вся вода делится:

- на мягкую - меньше 4 мг-экв/л,
- среднюю - 4-8 мг-экв/л,
- жёсткую - 8 – 12 мг-экв/л,
- очень жёсткую - больше 12 мг-экв/л.

Самая “мягкая” вода - атмосферная.

Большинство морских и пресноводных организмов приспособлены к небольшим колебаниям солёности (минерализации) воды. Особенно строгие требования по концентрации соли, впрочем, как и кислорода, и по температурному режиму предъявляют организмы на самых ранних стадиях развития. Лососи, обитающие в открытом океане, проходят для нереста к верховьям рек с чистой прозрачной водой, а европейский угорь, обитающий в пресных озёрах Балтийского бассейна, пробирается по мокрым росистым лугам до ближайших речек, по ним к морю, пересекает Атлантику и нерестится в Саргассовом море на глубине 2-3-км.

В зависимости от концентрации водородных ионов (рН) пресноводные бассейны делятся на кислые – рН 3,7-4,7; нейтральные – рН 6,95-7,3; щелочные – рН более 7,8. Морская вода имеет щелочную реакцию (рН 8,3). В отличие от морей, рН пресных водоёмов испытывает значительные колебания во времени, нередко даже в течение суток. Большинство живых организмов пресноводных экосистем погибают при значениях рН ниже 5 или выше 9 (рис. 2).

pH 7,5 7,0 6,5 6,0 5,5 5,0 4,5 4,0 3,5



Гибнут ракообразные, улитки, моллюски и т. д.



Гибнут лосось, форель, плотва



Гибнут восприимчивые к кислотному загрязнению насекомые, фито- и зоопланктон



Гибнут сиг, хариус



Гибнут окунь и щука



Гибнут угорь и голец



Выживают резистентные к кислотному загрязнению насекомые, некоторые виды фито- и зоопланктона

Негативные последствия проявляются при значениях pH ниже 6,5



Бурное развитие белого мха

Все «нормальные» формы жизни прекращаются при значениях pH ниже 5

Рис.2. Влияние кислотности материковых вод на выживание организмов

Содержание кислорода даже в насыщенной этим газом воде не превышает 10 мл/л, что в 21 раз ниже, чем в атмосфере. Поэтому в отличие от обитателей воздушной наземной среды, гидробионты очень чувствительны к колебаниям концентрации кислорода. Кислород поступает в воду в основном как продукт фотосинтеза, осуществляемого водорослями (фитопланктоном), и путём диффузии из воздуха. Поэтому верхние слои воды богаче этим газом, чем нижние. С повышением температуры и солёности воды концентрация кислорода в ней падает. В слоях, более заселённых бактериями и животными, может создаваться дефицит кислорода из-за усиленного его потребления при дыхании.

5. Гидрологический цикл

Вся вода на Земле непрерывно находится в круговороте (гидрологический цикл). Это самый значительный по переносимым массам и затратам энергии круговорот на Земле (рис. 3).

Круговорот воды постоянно очищает и пополняет пресноводные системы. Очень важно также и то, что вместе с круговоротом воды происходит и круговорот многих химических элементов и их соединений, которые растворяются в воде, переносятся ею, вовлекаются в различные процессы: кристаллизации, осаждения, окислительно-восстановительные. Во многих этих процессах участвуют и живые организмы.

Вода в атмосферу поступает при испарении в первую очередь с поверхности океана (рис.4), а также с поверхности рек, озёр и других водоёмов, почвы. Большое количество воды поступает в атмосферу при транспирации (испарение воды растениями).

В атмосфере (когда нагретый воздух, поднимаясь с поверхности земли, остывает) вода конденсируется на частицах пыли, в результате образуется туман, облака. Когда вода в них уже не удерживается, выпадают осадки.

Осадки либо впитываются в почву (инфильтрация), либо стекают по ней (поверхностный сток). Инфильтрованная вода возвращается в атмосферу при транспирации или при испарении с поверхности почвы. Просочившаяся вода попадает в грунтовые воды.

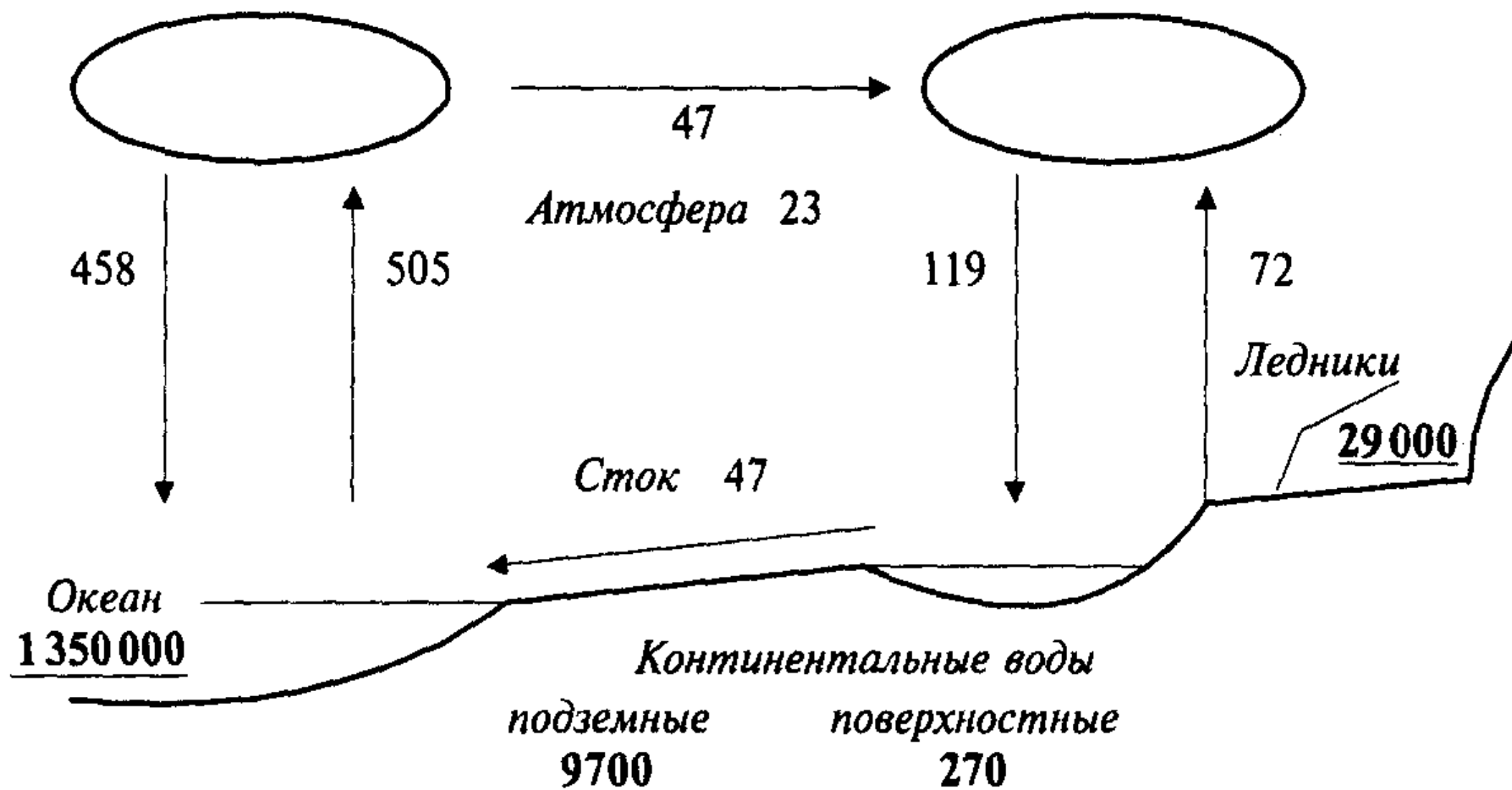


Рис. 3. Объёмы резервуаров и потоки воды (в тыс.км³/год), участвующие в гидрологическом цикле

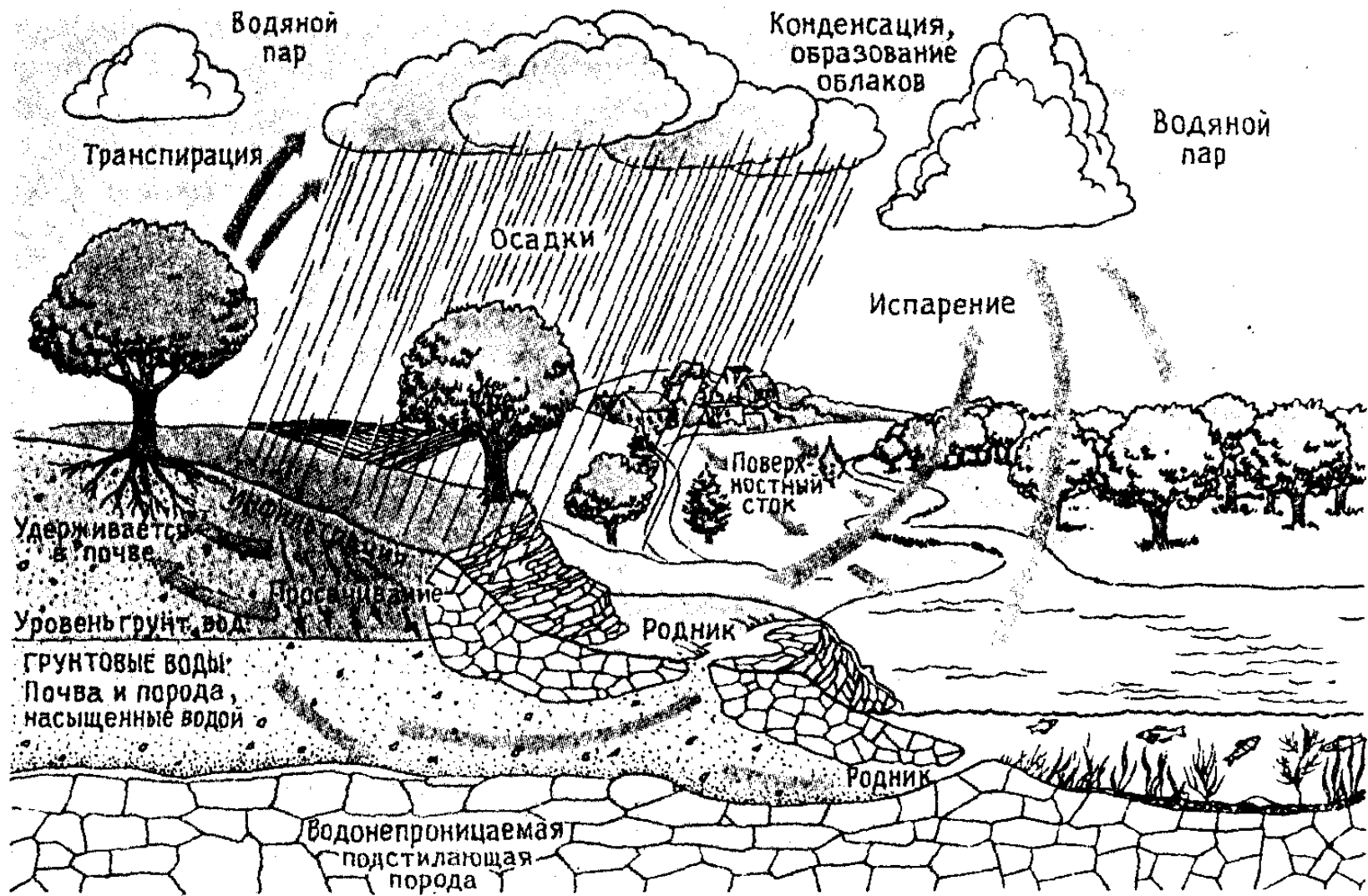


Рис.4. Гидрологический цикл

Использование воды для хозяйственных целей – одно из звеньев круговорота воды в природе. Но антропогенное звено круговорота отличается от естественного тем, что в процессе испарения лишь часть использованной воды человеком возвращается в атмосферу опреснённой. Другая часть (в городах почти 90%) сбрасывается в реки и водоёмы в виде сточных вод, загрязнённых отходами производства.

6. Использование воды

Мы ошибочно полагали, что в распоряжении человечества находятся неисчерпаемые запасы пресной воды и что они достаточны для всех нужд. Человечеству не угрожает недостаток воды, ему угрожает недостаток чистой воды. Эта проблема возникла по следующим основным причинам.

1. Рост народонаселения и улучшение условий жизни. Ещё в начале века в больших городах Центральной Европы человек расходовал в сутки 50 л воды, в маленьких – 25-30 л. Сейчас за сутки расходуется 200-300 л воды на человека, а иногда и больше (Брюссель – 180 л, Париж – 300 л, Москва – 600л). Кроме воды, идущей для утоления жажды и приготовления пищи, сюда входит расход воды в ваннах, туалетах, стиральных и посудомоечных машинах. Так, на ванну расходуем 100 л питьевой воды, для мытья посуды в машине 1000 л, для стирки в стиральной машине 1000 л. Но для поддержания жизни требуется всего 2,5 л воды в сутки.

2. Развитие промышленности. Водоёмкость всего человеческого хозяйства в 20-м столетии увеличилась в 12 раз и составила 14% годового стока всех рек мира.

Наибольшее количество пресной воды, около **70%** мирового водопотребления, приходится на сельское хозяйство. За вегетационный период расходуется воды (м^3):

на 1 га кукурузы - 3000,
капусты – 8000,
риса – 12 000-20 000.
1т пшеницы -1500,
хлопка – 10 000.

На промышленность приходится около **20%** всего водопотребления. Примерно треть этой воды идёт на охлаждение систем тепло-

вых электростанций. Производство 1 т разных видов готовой продукции требует воды, м³:

- резины – 2500,
- целлюлозы – 1500,
- бумаги – 900,
- хлопчатобумажной ткани -250
- синтетических волокон – 300-1000 (2500-5000),
- стали – 40-250,

На производство одного автомобиля приходится 300 м³ воды.

Около **10%** затрат воды связано с коммунально-бытовыми службами населения.

Примечательно географическое распределение водопотребления по отдельным континентам. Наибольший расход пресной воды приходится на Азию – 60% от общемирового, где расположены основные орошаемые площади нашей планеты, около 15% – на Северную Америку, около 13% - на Европу и оставшиеся 12% распределяются примерно поровну между Южной Америкой и Африкой.

В России на хозяйственные и питьевые нужды забирается 84,5 км³ в год, из них:

- на промышленность – 48%,
- сельское хозяйство – 28%,
- жилищно-коммунальное хозяйство – 20%,
- прочие отрасли экономики – 4%.

3. Загрязнение водоёмов промышленными и бытовыми стоками. Вместе с ростом потребности увеличивается и уровень загрязнения воды. Антропогенное загрязнение гидросферы приняло глобальный характер. Общий объём промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых стоков достигает 1300 км³ (по некоторым оценкам до 1800 км³), для разбавления которых требуется 60% устойчивого стока рек мира. Причём по отдельным водным бассейнам антропогенная нагрузка гораздо выше средних глобальных значений.

7. Загрязнение водных ресурсов

Основной причиной современной деградации природных вод Земли является антропогенное загрязнение.

7.1. Источники загрязнения. Классификация загрязняющих веществ

Главные источники загрязнения:

- сточные воды сельскохозяйственных объектов (системы орошения, стоки с полей, ферм и т.д.);
- сточные воды промышленных предприятий;
- сточные воды коммунального хозяйства;
- атмосферные выпадения загрязнений на поверхность водоёмов;
- сточные воды морских и речных судов.

Природные воды могут быть загрязнены самыми различными примесями, которые разделяют с учётом их физико-химических и биологических свойств на группы.

К первой группе относятся вещества, растворяющиеся в воде и находящиеся там в молекулярном или ионном состоянии. В природной воде могут находиться в растворённом виде различные газы (кислород, азот, углекислый газ, сернистый газ и т.д.), а также растворимые соли (натрия, калия, кальция, аммония, алюминия, железа, магния, марганца и т.д.). Их наличие устанавливают с помощью химического анализа.

Ко второй группе относятся коллоидные системы. Они задерживаются мембранами (тонкими плёнками).

К третьей группе относятся нерастворимые примеси, в основном это взвеси. Они чаще удаляются осаждением при отстаивании.

Вода может иметь загрязнения биологического характера: вирусы, бактерии, водоросли, простейшие, черви и т.д. Бактерии образуют устойчивые взвеси, а водоросли – целые «подводные луга», на дне водоёмов может быть много червей.

7.2. Последствия загрязнения

Сточные воды сельскохозяйственных объектов большей частью попадают в природные воды без какой-либо очистки и поэтому имеют высокую концентрацию микроорганизмов, ядохимикатов, соединений азота, фосфора. Избыточное содержание последних может вызвать эвтрофикацию.

Эвтрофикация – обогащение водоёма биогенами. Она стимулирует рост фитопланктона (микроскопических водорослей), который приводит к помутнению воды и гибели бентосных растений. Последнее нарушает процесс фотосинтеза в глубинных слоях и приводит к снижению концентрации растворённого кислорода. Водоросли окрашивают воду в различные цвета, поэтому процесс ещё называют «цветением водоёма». При отмирании водорослей идёт их гниение (выделяется метан, аммиак, сероводород, фенол), вода приобретает неприятный вкус и цвет. Редуценты, перерабатывающие органические остатки умерших водорослей, тоже потребляют кислород, тем самым увеличивая его дефицит в водоёме. От недостатка кислорода, пищи, убежищ погибают обитающие на глубине рыбы и моллюски. Вода в таких водоёмах становится непригодной для питья и даже для купания.

Основные пути борьбы с эвтрофикацией - устранение причин, её вызывающих:

- снижение эрозии почвы;
- очистка бытовых стоков от биогенов;
- рациональное применение удобрений;
- запрещение использования фосфатных детергентов (70% фосфатов в сточных водах из детергентов).

В России практически во всех водных объектах в настоящее время идёт процесс эвтрофикации, включая такие внутренние моря, как Азовское, Балтийское, Каспийское. Этот процесс наблюдается и в водоемах других стран мира – Великие Американские озёра (США, Канада), Женевское озеро (Швейцария), озеро Балатон (Венгрия) и т. д.

Сточные воды промышленных предприятий содержат широкую гамму токсичных загрязняющих веществ, набор которых меняется в зависимости от специфики отраслей промышленности. Так, для сточных вод предприятий нефтепереработки и нефтегазодобычи характерны нефтепродукты, фенолы, соединения азота, серы; машиностроения и металлургии – тяжёлые металлы, фториды, цианиды.

Отдельно надо сказать о сточных водах текстильной промышленности. В мировой практике отделочного производства используются несколько тысяч индивидуальных красителей различной структуры и несколько сотен текстильных вспомогательных веществ (ТВВ): кислоты, щёлочи, соли, окислители, восстановители,

органические растворители, поверхностно-активные вещества (ПАВы), низкомолекулярные и высокомолекулярные соединения. Значительная часть ТВВ выполняет в процессах отделки вспомогательную роль, поэтому при промывке удаляется с материала и попадает в сточные воды. Наибольшую опасность для природных водоёмов создают красители, тяжёлые металлы (из красителей, гравёрных цехов, аппретирующих составов), хлорорганические соединения и ПАВы.

Большинство наиболее токсичных веществ в сточных водах принадлежит к одному из двух классов: тяжёлым металлам или синтетическим органическим веществам.

Ионы тяжёлых металлов (Pb, Hg, Sn, As, Cd, Cr, Cu, Zn), попадая в организм, взаимодействуют с рядом ферментов, подавляя их активность и вызывая крайне тяжёлые физиологические и неврологические последствия (отравление свинцом приводит к умственной отсталости, ртутью – к врождённым уродствам).

Из органических соединений наиболее опасны галогенированные углеводороды. Их широко используют в производстве пластмасс (поливинилхлорид, полихлорированные дифенилы – ПХБ), растворителей (тетрахлорметан – четырёххлористый углерод), пестицидов (дихлордифенил-трихлорметан ДДТ) и др. Крайне опасен в мельчайших концентрациях тетрахлордибензодиоксин – ТХДД.

Опасность токсичных веществ обусловлена их способностью к **биоаккумуляции**. Она заключается в том, что малые, кажущиеся безвредными дозы, получаемые в течение длительного периода, накапливаются в организме и при достижении определённой концентрации наносят ущерб здоровью. Биоаккумуляция происходит по двум причинам.

1. Отсутствие биодegradации. Тяжёлые металлы как простые элементы не разрушаются в организме. Хлорированные углеводороды разлагаются при очень высокой температуре, кроме того, в организме нет ферментов, их разлагающих.

2. Эти вещества легко поглощаются, но если и выводятся, то очень медленно. Тяжёлые металлы прочно связываются с белками, а галогенированные углеводороды растворяются в жирах гораздо лучше, чем в воде, поэтому не выводятся с мочой.

Биоаккумуляция может усугубляться в пищевой цепи и привести к **биоконцентрации**. При прохождении через пищевую цепь концентрация ДДТ может увеличиваться в 10 млн раз.

К большому сожалению, биоаккумуляцию и биоконцентрацию трудно заметить до достижения опасного уровня содержания, когда уже поздно что-либо предпринять. Так, в 1960г в США обнаружилось, что сокращение популяций многих хищных птиц вызвано биоаккумуляцией ДДТ.

Другой пример – болезнь Миноматы. В 1950-х годах в японском рыбацком посёлке Миномата стали замечать странную болезнь у кошек – судороги, затем паралич, кома и смерть. Позднее аналогичные симптомы стали отмечать и у людей, у которых, кроме того, наблюдались случаи умственной отсталости, психических расстройств и врождённые дефекты. Причина – острое ртутное отравление. Химическое предприятие сбрасывало ртутьсодержащие отходы в реку, впадавшую в залив, где рыбачили жители Миноматы. Эта ртуть концентрировалась, проходя по пищевой цепи. Кошки пострадали в первую очередь, т.к. питались одной рыбой. Ко времени обнаружения и устранения причины погибли 50 человек и 150 человек получили серьёзные заболевания.

Ещё одно опасное явление – **синергизм** или **синергический эффект**. Токсические вещества редко встречаются по отдельности, а два или более ядов вместе дают эффект, во много раз превосходящий сумму действия каждого из них в отдельности.

В водоёме химические вещества загрязнений под влиянием различных физико-химических и биологических воздействий могут подвергаться изменениям и превращениям – трансформации. Как правило, она приводит к образованию менее токсичных продуктов. Но бывает и наоборот. Например, метилирование ртути (метилртуть более токсична, чем ртуть), хлорирование воды (хлорорганические соединения, среди которых наиболее часто и в наибольших концентрациях присутствует хлороформ).

К особому виду загрязнения природных вод относится тепловое загрязнение. Промышленные предприятия, ТЭС, АЭС нередко сбрасывают в водоёмы подогретую воду, тем самым увеличивая в них температуру. На атомных электростанциях объём подогретых вод на единицу получаемой энергии в 2-3 раза больше, чем на теплоэлектростанциях. Это связано с тем, что на ТЭС значительное ко-

личество тепла рассеивается через трубы, системы вентиляции и т.д. На АЭС такое рассеивание минимально из-за замкнутости цикла. По существующим санитарным нормам температура природного водоёма не должна повышаться более чем на 3⁰ летом и 5⁰ зимой, поэтому подогретые воды должны охлаждаться в прудах-охладителях или в специальных установках (градирнях) и после этого повторно использоваться в производственных процессах. Однако значительная часть подогретых вод сбрасывается непосредственно в природные воды и обуславливает их тепловое загрязнение. Следствием является снижение концентрации растворённого кислорода, нарушение равновесия в экосистеме и смена одной экосистемы другой (смена видового состава организмов со сменой абиотических факторов – температуры, содержания кислорода и т.д.). С повышением температуры в загрязнённой воде наблюдается бурное размножение болезнетворных микроорганизмов и вирусов. Так, например, на площадках Кольской атомной станции (Мурманская область), расположенной за полярным кругом, через 7 лет после начала эксплуатации АЭС температура вод повысилась с 6 до 19⁰С. Это вызвало изменение газового, химического и биологического состава вод, стимулировало интенсивное выделение ядовитых газов (сероводорода, метана) и массовое развитие микрофлоры, вызывающей «цветение» воды.

Сточные воды коммунального хозяйства поступают из жилых и общественных зданий, предприятий общественного питания, медицинских учреждений и т.д. В них преобладают различные органические вещества. Бытовые стоки являются основным источником загрязнения воды патогенами (болезнетворными бактериями, вирусами и т.д.). Другими опасными загрязнениями, содержащимися в сточных водах как коммунальных хозяйств, так и промышленных предприятий, являются синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ). Они составляют основу синтетических моющих средств, широко используются в текстильной промышленности, применяются для получения смазочных жидкостей, в качестве компонентов лакокрасочных материалов. Ассортимент СПАВ и объёмы их использования неуклонно растут. Эти вещества, концентрируясь в поверхностном водном слое, снижают способность воды к насыщению кислородом, парализуют деятельность микроорганизмов,

разрушающих органические вещества. Сами же СПАВ плохо поддаются разложению в природной среде.

Атмосферные выпадения загрязнений на поверхность водоёмов зачастую приводят к гибели в них живых организмов. Так, при выпадении кислотных дождей в подземных водах резко повышается содержание металлов – свинца, меди, цинка, кадмия и особенно алюминия, который, поступая через корневую систему в растения, оказывает на них токсическое или даже летальное действие. В ФРГ под угрозой гибели от кислотных дождей оказалось не менее 20% площади лесов. В Канаде из-за частых кислотных дождей более 4 тыс. озёр были объявлены мёртвыми, а ещё 12 тыс. – на грани гибели. Сходные явления происходят и в России, особенно на Кольском полуострове, на Урале и в районе Норильска. Так, из-за выбросов Норильского медно-никелевого комбината (на него приходится значительная часть всего объёма выбросов в атмосферу предприятий цветной металлургии России) громадные площади тундры и лесотундры Таймырского полуострова стали безжизненными.

Сточные воды морских и речных судов содержат нефтепродукты, отработанные масла и канцерогенные полициклические углеводороды, а также хозяйственно-бытовые стоки. Наибольшее загрязнение оказывает нефтеналивной транспорт.

Каждая тонна нефти покрывает плёнкой около 12 км² водной поверхности. Эта плёнка не пропускает солнечные лучи и замедляет образование кислорода в воде и, следовательно, газообмен между гидросферой и атмосферой.

Очень опасно загрязнение нефтью литорали (приливно-отливной зоны) и особенно на песчаном берегу. В этих случаях концентрация нефти долго остаётся высокой и она наносит много вреда. Больше всего страдают от нефти птицы: она склеивает их оперение и оно утрачивает теплоизолирующие свойства. Кроме того, птица, выпачканная в нефти, не может плавать. Она замерзает и тонет. Остальные обитатели моря страдают меньше. Многочисленные исследования (с крабами, двустворчатыми моллюсками, мелкими рыбами) показали, что нефть, попавшая в море, не создаёт ни постоянной, ни долговременной опасности для живущих в воде организмов и не накапливается в них, поэтому её попадание в человека по пищевой цепи исключено. От нефти страдают прибрежные флора и

фауна: пляжи и скалы покрываются трудно удаляемым слоем вязкой нефти.

Если же нефть выбрасывается в открытое море, последствия бывают совершенно иными. Значительные массы нефти могут исчезнуть, не дойдя до берега. Сравнительно быстрое поглощение нефти морем объясняется несколькими причинами.

1. Нефть испаряется. Бензин полностью испаряется за 6 часов. За 20 дней испаряется 50% сырой нефти. Тяжёлые нефтепродукты почти не испаряются.

2. Нефть эмульгируется и диспергируется, т.е. разбивается на мелкие капли. Сильное волнение моря способствует этому, сплошной ковер нефти разрывается.

3. Нефть растворяется. В её составе имеются вещества, растворимые в воде, хотя их доля в общем не велика.

4. Нефть разлагается в результате биологических и химических процессов. Известно более 100 видов бактерий, грибов, водорослей и губок, способных превращать углеводороды нефти в углекислый газ и воду. В благоприятных условиях за сутки этими организмами разлагается 0,02 - 2г нефти с 1м². Лёгкие фракции нефти разлагаются за несколько месяцев, но комки битума исчезают лишь через несколько лет. Под действием солнечного света углеводороды нефти окисляются кислородом воздуха (фотохимические реакции), образуя безвредные, растворимые в воде вещества.

На региональном уровне крупные разливы нефти при аварии танкеров означают экологическую катастрофу, которая сопровождается упадком рыболовства, так как изменяются пути миграции рыб и других морских организмов; массовой гибелью птиц и морских животных. По оценкам специалистов, в настоящее время нефтью и нефтепродуктами загрязнено около 20% поверхности воды Мирового океана. Значительное количество нефти выбрасывается на берег. Это нарушает прибрежные экосистемы, играющие важную роль в очистке воды. Определённая часть нефти попадает в грунтовые воды, проникая, в конечном счёте, в источники водоснабжения, а содержание нефти даже в количестве 0,005% делает воду непригодной для питья.

Все загрязнения, спущенные в воду, рано или поздно попадают в океан. В настоящее время мировой океан стал самой большой “сточной канавой” мира. Ядовитые вещества поступают сюда с реч-

ными стоками, а также в результате намеренного складирования на морском дне.

Степень загрязнения морской воды принято характеризовать классом качества с 1 по 7 с соответствующей оценкой от «очень чистая» до «чрезвычайно грязная. Морские воды Черноморского побережья от Анапы до Сочи характеризуются как «загрязнённые» (4 класс) и «умеренно загрязнённые» (3 класс). Воды нашего побережья Балтийского моря относятся к «грязным» (5 класс) и «очень грязным» (6 класс).

Нельзя не отметить и радиоактивное загрязнение океана. Наиболее опасным радиоактивным изотопом, поступающим в моря и океаны, учёные считают стронций-90, участвующий в биологическом цикле.

СССР затоплял ядерные отходы в Ледовитом океане (в 1950-1992 гг. было затоплено отходов суммарной активностью 2,5 млн. кюри), Великобритания – в Ирландском море, Франция – в Северном, откуда загрязнения попадали в Баренцево море. С 1993г сброс ЖРО (жидкие радио-отходы) в море запрещён, но количество их неуклонно растёт.

Считается, что особую потенциальную опасность представляют реакторы атомных подводных лодок (АПЛ). В 1996г представители российских, американских и японских фирм подписали контракт на создание установки по переработке ЖРО, скопившихся на Дальнем Востоке России. На реализацию проекта правительство Японии выделило 25,5млн. долларов, проектироваться и строиться установка будет в США, а затраты на обслуживание (1 млн долларов в год) Россия взяла на себя. Работать установка будет 20 лет и дезактивирует не только существующие скопившиеся отходы, но и продукты АПЛ, которые будут в это время выводиться из эксплуатации.

7.3. Загрязнение вод России

В России в настоящее время практически все поверхностные источники водоснабжения подвержены воздействию вредных антропогенных загрязнений (особенно реки Волга, Дон, Урал, Уфа). Практически 70% населения нашей страны употребляет воду, не соответствующую санитарным требованиям, что стимулирует распро-

странение кишечных инфекций, вирусного гепатита А и бактериальной дизентерии.

В России на одного человека образуется примерно в 1,5 раза больше хозяйственных стоков, чем в среднем в мире. Основной объём сбрасывается предприятиями промышленности (62,5%), коммунального (24,6%) и сельского хозяйства (12,4%). Промышленный сброс (62,5%) между отдельными отраслями распределяется следующим образом:

| | |
|---------------------|---------|
| электроэнергетика | - 48,3; |
| химическая | - 3,3; |
| деревообработка | - 3,1; |
| чёрная металлургия | - 1,6; |
| машиностроение | - 1,5; |
| цветная металлургия | - 1,6; |
| нефтепереработка | - 2,7; |
| стройматериалы | - 0,4; |
| другие отрасли | - 2,7. |

Объём нормативно-очищенных стоков составляет менее 10% от всех вод, требующих очистки, что является следствием перегруженности и низкой эффективности работы имеющихся очистных сооружений. Для разбавления суммы всех стоков, льющихся во все водоёмы страны, необходим практически весь годовой сток рек России.

Существенная доля хозяйственно-питьевого водоснабжения базируется на подземных водах. Важным их достоинством по сравнению с поверхностными является большая защищённость от проникновения поллютантов. Однако подземные горизонты тоже подвергаются техногенному воздействию из-за загрязнения почвы и наземных водотоков. Оно происходит в первую очередь вокруг крупных промышленных центров, а также в районах интенсивного земледелия с применением химических удобрений, пестицидов и в местах расположения крупных животноводческих комплексов. На территории России выявлено более 1000 очагов загрязнения подземных вод, преобладающая часть которых находится в Европейской части страны.

Очень серьёзные экологические проблемы возникли в бассейне Волги. Её сток составляет только 5% от суммарного речного стока РФ, а забирается на хозяйственные нужды треть всего водозабора

страны. Взамен река получает 15% от общего объёма стоков. Две трети из них не очищены, для их разбавления до «нормы» требуется до 1000 км³ чистой воды, а среднегодовой сток Волки равен 254 км³. В отдельные летние декады в Нижней Волге содержание нефтепродуктов превышает ПДК в десятки и даже в сотни раз. Залповые выбросы ядовитых веществ многократно ускоряют разрушение экосистемы бассейна. Создаётся реальная угроза здоровью людей.

Сильнейшее негативное воздействие на жизнедеятельность Волги оказало гидротехническое строительство. Сооружение каскада ГЭС на реке привело к уничтожению уникальной природной самоочищающей способности Волги и её пойменно-лугового и рыбного потенциала. Уловы наиболее ценных пород рыб за последние 40 лет снизились более чем в три раза. Массовое затопление высокопродуктивных пойменных лугов и пастбищ подорвало основу исторически сложившегося в регионе животноводства. В результате создания водохранилищ подмываются и обрушиваются верхние террасы и коренные склоны, где сосредоточены чернозёмные почвы.

Повсеместное расточительное водопотребление в промышленности и сельском хозяйстве региона привело к сокращению годового стока Волги и уже сказывается на колебании климата – он становится более засушливым.

Не менее важна экологическая проблема Байкала. Это уникальный природный объект мирового значения. Строительство двух комбинатов – целлюлозно-бумажного и целлюлозно-картонного в городах Байкальске и Селенгинске – нанесло значительный урон озеру. Несмотря на наличие мощных очистных сооружений, в Байкал сбрасываются сточные воды, содержащие значительные количества фенолов, сульфатов, хлоридов, взвешенных веществ и т.д. В результате замедляются темпы роста живых организмов, снижается их плодовитость, и наступает гибель. А в Байкале водятся уникальные гидробионты – эпишура (наиболее многочисленные планктонные организмы, способные профильтровывать и тем самым очищать воду), рыба, нерпа (байкальский тюлень).

Выстроенные комбинаты кроме воды засоряют и атмосферу выбросами тысяч тонн ядовитых веществ – сернистого ангидрида, сероводорода, хлора и т.д. Под их влиянием поражено 250 тыс. га темнохвойного леса (усыхает), от которого зависит благополучие

Байкала, т.к. лес регулирует водный режим региона, предохраняет почву от эрозии.

Масштабы и темпы загрязнения гидросферы намного выше, чем других природных сред. Обостряющаяся водохозяйственная обстановка в России из-за сбросов загрязнённых стоков и нерационального использования воды наносит огромный экономический ущерб. Нарастающая деградация природных вод требует решительных действий и специальных целевых программ по их спасению.

8. Водные ресурсы Ивановской области

По территории **Ивановской области** кроме реки Волги – основной водной магистрали - протекает 1775 рек и ручьёв, 160 рек имеет длину более 10 км. Усреднённая нагрузка, связанная с забором воды, не превышает 12%, т.е. практически не выходит за рамки “беспокоящего воздействия рек” и их биоразнообразия. Исключение составляет р.Уводь (основной источник водоснабжения областного центра г.Иванова), из которой забор воды достигает 50% среднемноголетнего годового стока.

По данным Государственного комитета по охране окружающей среды Ивановской области только 26% сточных вод нормативно чистые.

Большинство рек области имеют классы качества воды 3-4 (умеренно загрязнённые и загрязнённые), т.е. их водные системы испытывают повышенную нагрузку.

Пресные подземные воды со степенью минерализации до 1г/л распространены на территории области в среднем на глубине 100-150 м. Они являются основным источником питьевой воды для населения городов Кинешма, Шуя, Заволжск, Палех, Пучеж, Наволоки и некоторых других. В основном пресные подземные воды Ивановской области являются относительно незагрязнёнными, но в них, как правило, повышено содержание железа.

Одна из главных задач, которые следует решать в ближайшей перспективе, – обеспечение населения области питьевой водой должного качества. Среднеобластной показатель несоответствия качества водопроводной воды колеблется по санитарно-химическим характеристикам от 23,5 до 27,5%, а по микробиологическим – от

13,4 до 18,9%. По этой причине чрезвычайно важным является ограничение любой деятельности в водоохраных зонах рек.

Неудовлетворительное качество питьевой воды обусловлено в основном тем, что 36% источников централизованного водозабора не имеют современных систем водоподготовки, а большинство водопроводов изношены (коррозия – разрыв).

По степени опасности для поверхностных природных вод отрасли экономики Ивановской области располагаются в следующей последовательности:

машиностроение > химия и нефтехимия > жилищно-коммунальное хозяйство > текстильная промышленность > пищевая промышленность.

Основные причины негативного воздействия на природные воды указанных отраслей следующие:

- отсутствие на большинстве предприятий замкнутых водоборотных циклов;
- полное отсутствие или недостаточная эффективность локальных сооружений очистки сточных вод перед сбросом на городские сооружения полной биологической очистки;
- незначительные платежи за загрязнение природных вод, что не стимулирует модернизацию действующих и внедрение современных систем очистки сточных вод.

В г. Кинешме уже несколько лет ведётся строительство общегородских очистных сооружений, тогда как в Волгу ежегодно сбрасывается 6 млн. м³ неочищенных сточных вод.

Тема 2. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ

1. Нормирование качества воды в водоёмах и методы его контроля

Нормирование качества воды рек, озёр и водохранилищ проводится в соответствии с «Санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнения». Этот документ устанавливает две категории водоёмов: I – водоёмы питьевого и культурно-бытового назначения и II – водоёмы рыбохозяйственного назначения.

Состав и свойства воды водных объектов первого типа должны соответствовать нормам в створах, расположенных в водотоках

на расстоянии одного километра выше ближайшего по течению, а в непроточных водоёмах – в радиусе одного километра от пункта водопользования. Состав и свойства воды в рыбохозяйственных водоёмах должны соответствовать нормам в месте выпуска сточных вод при рассеивающем выпуске (наличие течения), а при отсутствии рассеивающего выпуска – не далее чем в 500 м от места выпуска.

Правила устанавливают нормируемые значения для следующих параметров воды:

- содержание плавающих примесей и взвешенных веществ,
- запах, привкус,
- окраска воды,
- температура воды,
- значение рН,
- состав и концентрация минеральных примесей,
- концентрация растворённого в воде кислорода,
- биологическая потребность воды в кислороде,
- состав и предельно допустимая концентрация (ПДК) ядовитых веществ,
- состав и предельно допустимая концентрация болезнетворных бактерий.

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов у пунктов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования приведены в табл. 1.

Контроль требований к нормируемым показателям качества воды в водоёмах осуществляют периодическим отбором и анализом проб из поверхностных водоёмов. ГОСТ регламентирует анализ проб из поверхностных источников водоснабжения не реже одного раза в месяц. Количество проб и места их отбора определяют в соответствии с гидрологическими и санитарными характеристиками водоёма и согласовывают с местными органами санитарно-эпидемиологической службы. При этом считается обязательным отбор проб непосредственно в месте водозабора и на расстоянии 1 км выше по течению для рек и каналов, а для озёр и водохранилищ – на расстоянии 1 км от водозабора в двух диаметрально расположенных точках.

Таблица 1

| Показатели состава и свойств воды водоёма или водотока | Требования в зависимости от категории водопользования | |
|--|---|--|
| | для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, для водоснабжения пищевых предприятий | для купания, спорта и отдыха населения, для водоемов в черте населенных мест |
| 1 | 2 | 3 |
| Взвешенные частицы | Содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться больше чем на: <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> $0,25 \text{ мг/дм}^3$ $0,75 \text{ мг/дм}^3$ </div> Взвеси со скоростью выпадения более $0,4 \text{ мм/с}$ для проточных водоемов и более $0,2 \text{ мм/с}$ для водохранилищ к спуску запрещаются | |
| Плавающие примеси (вещества) | На поверхности водоёма не должно быть плавающей плёнки, пятен минеральных масел и скопления других примесей | |
| Запахи, привкусы | Вода не должна приобретать несвойственных ей запахов интенсивностью более 1 балла, обнаруживаемых: | |
| | непосредственно или при последующем хлорировании | непосредственно |
| Окраска | Не должна обнаруживаться в столбике: | |
| | 20 см | 10 см |
| Температура | При спуске сточных вод летняя температура воды не должна повышаться более чем на 3° по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет | |
| Реакция | Значение pH не должно выходить за пределы 6,5-8,5 | |
| Минеральный состав | Не должен превышать по сухому остатку 1000 мг/дм^3 , в том числе хлоридов 350 мг/дм^3 , сульфатов 500 мг/дм^3 | Нормируется по приведённому выше показателю «запахи, привкусы» |

| 1 | 2 | 3 |
|---------------------------------------|---|----------|
| Растворенный кислород | Не должен быть менее 4 мг/дм ³ в любой период года в пробе, отобранной до 12 часов дня | |
| Биохимическая потребность в кислороде | Полная потребность воды в кислороде при 20 °С не должна превышать: | |
| | 3,0 мг/л | 6,0 мг/л |
| Возбудители заболеваний | Не должна содержать возбудителей заболеваний | |
| Ядовитые вещества | Не должны содержаться в концентрациях, которые могут прямо или косвенно оказать вредное действие на организм и здоровье населения | |

При анализе воды используют следующие методы.

Привкус и запах, окраску воды определяют органолептически.

Значение рН определяют электрометрическим способом, основанном на том, что при изменении рН в жидкости на единицу потенциал стеклянного электрода, опущенного в эту жидкость, изменяется на постоянную для данной температуры величину.

При определении **взвешенных частиц** в воде измеряют массовую концентрацию механических примесей. Для этого пробу воды фильтруют через специальные фильтроэлементы и измеряют количество «сухого» осадка.

Содержание растворённого кислорода и минеральных примесей определяют методом титрования.

Биохимическое потребление кислорода (БПК) – это количество кислорода, требуемое для окисления находящихся в воде органических веществ в аэробных условиях в результате происходящих в воде биологических процессов. Окислительный процесс в этих условиях осуществляется за счёт микроорганизмов, использующих органические компоненты в качестве пищи. Метод БПК сводится к следующему. Исследуемую воду после двухчасового отстаивания разбавляют чистой водой (насыщенной кислородом), взятой в таком количестве, чтобы содержащегося в ней кислорода с избытком хватило для полного окисления всех органических веществ в воде. Определив содержание растворённого кислорода в полученной сме-

си, её оставляют в закрытой склянке на 2, 3, 5, 10, 15 суток, определяя содержание кислорода (в миллиграммах) по истечении каждого из перечисленных периодов времени (период инкубации). Уменьшение количества кислорода в воде показывает, сколько его за это время израсходовано на окисление органических веществ, находящихся в воде. Это количество, отнесённое к 1 л воды, и является показателем биохимического потребления кислорода воды за данный промежуток времени (БПК₂, БПК₃ и т.д.). Обычно определяют БПК₅.

Ядовитые вещества разнообразны по своему составу, в связи с чем их нормируют по принципу лимитирующего показателя вредности (ЛПВ), под которым понимают наиболее вероятное неблагоприятное воздействие каждого вещества. При нормировании качества воды в водоёмах питьевого и культурно-бытового назначения используют три вида ЛПВ: санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический. Для водоёмов рыбохозяйственного назначения наряду с указанными используют ещё два вида ЛПВ: токсикологический и рыбохозяйственный.

Санитарное состояние водоёма отвечает требованиям норм при выполнении соотношения

$$\sum_{i=1}^{5(3)} c_m^i / \text{ПДК}_i \leq 1,$$

где c_m^i – концентрация вещества i -го ЛПВ в водоёме, ПДК – предельно допустимая концентрация i -го вещества (это концентрация которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений).

Для водоёмов питьевого и культурно-бытового назначения проверяют выполнение трёх, а для водоёмов рыбохозяйственного назначения – пяти неравенств. При этом каждое вещество можно учитывать только в одном неравенстве.

Нормами установлено ПДК более 400 вредных веществ в водоёмах питьевого и культурно-бытового назначения, а также более 100 вредных веществ в водоёмах рыбохозяйственного назначения. ПДК вредных веществ в водоёмах рыбохозяйственного назначения, как правило, меньше, чем в водоёмах питьевого и культурно-бытового назначения.

2. Нормирование состава сточных вод и методы их контроля

«Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений» запрещают предприятиям сбрасывать в водоёмы:

- 1) воду, которую можно использовать повторно на том же предприятии;
- 2) воду с ценными примесями, которые необходимо утилизировать;
- 3) воду, содержащую сырьё, реагенты, полупродукты, продукты в концентрациях, превышающих нормы технологических потерь;
- 4) воду с вредными веществами, для которых не установлены ПДК.

Состав производственных сточных вод может значительно колебаться в зависимости от вида и режимов технологического процесса. Анализ воды следует проводить не позже, чем через 12 часов после отбора пробы, так как при большем времени выдерживания пробы в составе сточной воды могут произойти существенные изменения.

Контроль состава сточных вод заключается в измерении органолептических показателей воды (цвет и запах), рН среды, содержания взвешенных веществ, количества растворённого в воде кислорода, химического потребления кислорода (ХПК), биохимического потребления кислорода (БПК) и концентрации вредных веществ, для которых существуют нормируемые показатели ПДК.

Химическое потребление кислорода (ХПК) – это величина, характеризующая общее содержание в воде восстановителей (органических и неорганических), реагирующих с сильными окислителями. Её обычно выражают в единицах количества кислорода, расходуемого на окисление. При этом наиболее эффективным окислителем, удобным для применения, является бихромат калия в 18 н серной кислоте.

Определение допустимого состава сточных вод проводят в зависимости от преобладающего вида примесей и с учётом характеристик водоёма, в который сбрасывают сточные воды.

Допустимую концентрацию взвешенных веществ в очищенных сточных водах ($c_0^{взв}$) определяют по формуле:

$$c_0^{B3B} \leq c_B^{B3B} + n \text{ПДК}^{B3B},$$

где c_B^{B3B} – концентрация взвешенных веществ в воде водоёма до сброса в него сточных вод;

ПДК^{B3B} – предельно допустимая концентрация взвешенных веществ в водоёме;

n – кратность разбавления сточных вод в воде водоёма, характеризующая долю расхода воды водоёма, участвующей в процессе перемешивания и разбавления сточных вод. Кратность рассчитывают по формуле:

$$n = (c_0 - c_B) / (c - c_B),$$

c_0 – концентрация загрязняющих веществ в выпускаемых сточных водах;

c_B и c – концентрации загрязняющих веществ в водоёме до и после выпуска соответственно.

Концентрацию каждого из растворённых вредных веществ в очищенных сточных водах (c_0^i) определяют по формуле:

$$c_0^i \leq n (c_m^i - c_B^i) + c_B^i,$$

где c_B^i – концентрация i – го вещества в воде водоёма до сброса сточных вод;

c_m^i – максимально допустимая концентрация того же вещества с учётом максимальных концентраций и ПДК всех веществ, относящихся к одной группе ЛПВ, вычисленная по формуле:

$$c_m^i = \text{ПДК}_i \left(1 - \sum_{i=1}^{i-1} \frac{c_m^i}{\text{ПДК}_i} \right)$$

Тема 3. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

1. Факторы самоочищения водоёмов

В естественных условиях очистка воды происходит благодаря самоочищающей способности водоёма. Однако в настоящее время самоочищающей способности большинства природных водоёмов уже не хватает и они не в силах переработать все поступающие загрязнения.

Факторы самоочищения водоёмов многообразны. Условно их можно разделить на три группы: физические, химические и биологические.

Физические – разбавление, растворение, перемешивание, оседание на дно, УФ-излучение Солнца (убивает белковые коллоиды, ферменты протоплазмы микробных клеток, вирусы).

Химические – окисление, некоторые химические вещества способствуют отмиранию микрофлоры.

Биологические – водоросли, плесневые и дрожжевые грибки, животный мир (например, устрицы и некоторые амёбы адсорбируют кишечные и др. вирусы, каждый моллюск профильтровывает за сутки более 30 л воды).

Загрязнение водоёмов также зависит от различных факторов миграции веществ в аквальных системах, среди которых важнейшими являются степень проточности водоёма (река, озеро, водохранилище), масса и состав гидрополлютантов, температура и состав воды, трофность водоёма, т.е. уровень насыщенности его органикой, количество и состав гидробионтов – растений и животных водоёма. Этими факторами определяется соотношение между осаждением, разбавлением, выносом и гидро- и биохимической трансформацией загрязнителей, т.е. путями самоочищения водоёма.

При выборе способов и технологического оборудования для очистки сточных вод от примесей необходимо учитывать, что заданные эффективность и надёжность работы любого очистного устройства обеспечиваются в определённом диапазоне значений концентраций примесей и расходов сточной воды.

Существует большое количество способов очистки сточных вод и различные виды их классификации. Выбор необходимых способов при проектировании станций очистки, как правило, основывается на виде и концентрации преобладающих примесей сточных вод, а именно механических (твёрдых или маслопродуктов), растворённых и органических.

2. Очистка сточных вод от твёрдых частиц

Очистка сточных вод от твёрдых частиц в зависимости от их свойств, концентрации и фракционного состава осуществляется ме-

тодом процеживания, отстаивания, отделения твёрдых частиц в поле действия центробежных сил и фильтрования.

Процеживание – первичная стадия очистки сточных вод – предназначено для выделения из сточных вод крупных нерастворимых примесей размером до 25 мм, а также более мелких волокнистых загрязнений, которые в ходе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе очистного оборудования. Процеживание сточных вод осуществляется пропусканием воды через решётки и волокнуловители.

Решётки изготавливаются из металлических стержней с зазором между ними 5-25 мм и устанавливаются в коллекторах сточных вод вертикально или под углом $60-70^{\circ}$ к горизонту. При эксплуатации решётки должны постоянно очищаться, что осуществляется, как правило, механически или ручным способом.

Отстаивание основано на особенностях процесса осаждения твёрдых частиц в жидкости. При этом может иметь место свободное осаждение неслипающихся частиц, сохранивших свои формы и размеры, и осаждение частиц, склонных к коагулированию и изменяющих при этом форму и размеры.

Очистку сточных вод отстаиванием осуществляют в *песколовках* и отстойниках. В зависимости от направления движения воды песколовки делят на горизонтальные, вертикальные и аэрируемые. В горизонтальную песколовку 2 (рис. 5) вода поступает через входной патрубок 1. Оседающие в процессе движения воды твёрдые частицы скапливаются в шламособорнике 3 и на дне песколовки, а очищенная сточная вода через патрубок 4 удаляется для дальнейшей обработки. Удаление осадка из песколовки осуществляется, как правило, ежедневно.

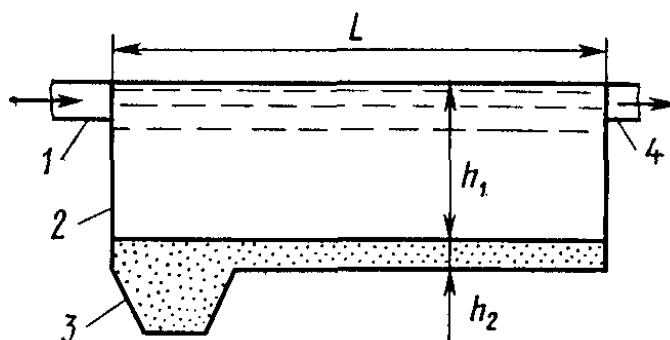


Рис. 5. Схема горизонтальной песколовки

Для разделения твёрдых частиц по фракционному составу или по плотности применяют *азрируемые песколовки* (рис. 6), состоящие из входной трубы 1, воздуховода 2, воздухо-распределителя 3, выходной трубы 4, шламоборника 5 с отверстием 6 для удаления шлама. Крупные фракции осаждаются, как и в горизонтальных песколовках. Мелкие же частицы, обволакиваются пузырьками воздуха, всплывают наверх и с помощью скребковых механизмов удаляются с поверхности.

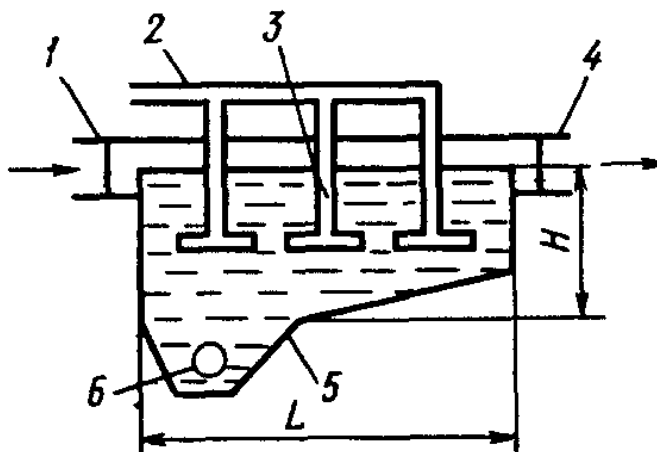


Рис. 6. Схема азрируемой песколовки

Отстойники используются для выделения из сточных вод твёрдых частиц размером менее 0,25 мм. По направлению движения сточной воды в отстойниках их подразделяют на горизонтальные, вертикальные, радиальные и комбинированные.

В *вертикальный отстойник* (рис.7) сточная вода поступает по трубопроводу 5 в кольцевую зону, образованную цилиндрической перегородкой 2 и корпусом отстойника 6. В процессе вертикального движения вода встречает на своём пути отражательное кольцо 7, направляющее поток воды во внутреннюю полость перегородки 2, а твёрдые частицы оседают в шламоборник 8. Очищенная сточная вода поступает в кольцевой водосборник 3 и через трубопровод 1 выводится из отстойника. Осадок, скапливающийся в шламоборнике, периодически удаляется через трубопровод 4.

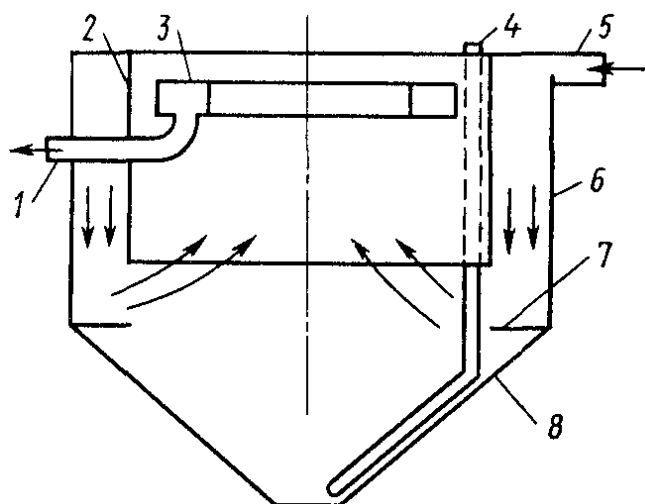


Рис.7. Вертикальный отстойник

Широкое применение для очистки сточных вод нашли *радиальные отстойники*, обладающие высокой производительностью. Очищаемая сточная вода по входному патрубку 1 (рис. 8) с расширяющимся диаметром сечения на выходе поступает в отстойник и движется в радиальном направлении. Увеличение выходного диаметра патрубку обеспечивает при данном расходе уменьшение скорости истечения сточной воды из трубопровода и, следовательно, увеличение вероятности ламинарного осаждения твёрдых частиц в отстойнике. Очищенная сточная вода по отводящим трубопроводам 2 направляется для дальнейшей обработки, а шлам направляется в шламосборник 3 вращающимся скребком 5 и через канал 4 периодически удаляется из отстойника.

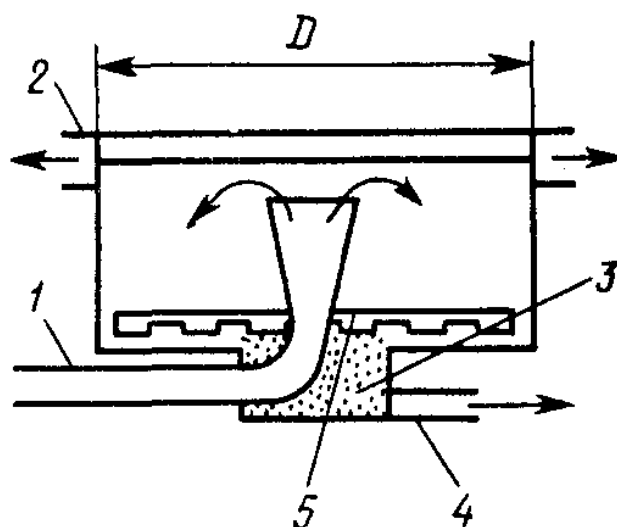


Рис. 8. Схема радиального отстойника

Фильтрация сточных вод предназначено для очистки их от тонкодисперсных примесей с небольшой концентрацией. Процесс фильтрации применяется также после физико-химических и биологических методов очистки, т.к. некоторые из этих методов сопровождаются выделением в очищаемую жидкость механических загрязнений.

Для очистки сточных вод используют в основном два вида фильтров: зернистые, в которых очищаемую жидкость пропускают через насадки несвязанных пористых материалов, и микрофильтры, фильтроэлементы которых изготовлены из связанных пористых материалов.

В зернистых фильтрах очень широко используют в качестве фильтроматериалов кварцевый песок, дроблёный шлак, гравий, антрацит и т.п. Зернистые фильтры изготавливаются однослойными и многослойными. На рис. 9 представлена схема *зернистого многослойного каркасно-насыпного фильтра*.

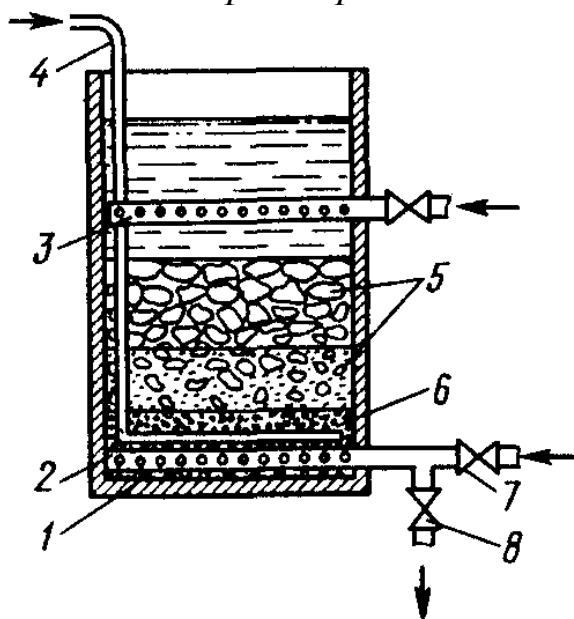


Рис. 9. Зернистый многослойный каркасно-насыпной фильтр

Сточная вода поступает по коллектору 3 и через отверстия в нём равномерно распределяется по сечению фильтра. Нисходящий поток сточной воды проходит через слои гравия 5 и песка 6, через перфорированное днище 2, установленное на поддерживающем слое гравия 1, и через трубопровод 8 отводится из фильтра. Регенерацию фильтра проводят продувкой сжатого воздуха, подаваемого в

фильтр по трубопроводу 4, с последующей обработкой промывкой водой через вентиль 7.

3. Очистка сточных вод от маслопродуктов

Очистка сточных вод от маслопродуктов в зависимости от их состава и концентрации осуществляется отстаиванием, обработкой в гидроциклонах, флотацией и фильтрованием.

Отстаивание основано на закономерностях всплывания маслопродуктов в воде по тем же законам, что и осаждение твёрдых частиц. Процесс отстаивания осуществляется в отстойниках или маслоловушках. При проектировании очистных сооружений предусматривают использование отстойников как для осаждения твёрдых частиц, так и для всплывания маслопродуктов. При этом расчёт отстойников проводят по скорости осаждения твёрдых частиц и по скорости всплывания маслопродуктов и принимают максимальные значения.

Конструкции *маслоловушек* аналогичны конструкциям горизонтальных отстойников.

Отделение в поле действия центробежных сил маслопродуктов осуществляется в *напорных гидроциклонах*. При этом целесообразнее использовать гидроциклон одновременно для выделения твёрдых частиц и маслопродуктов, что необходимо учитывать в конструкции гидроциклона.

Вода поступает в напорный гидроциклон (рис. 10) через входной патрубок 1, установленный тангенциально по отношению к корпусу. Вследствие закручивания потока сточной воды твёрдые частицы отбрасываются к стенкам гидроциклона и стекают в шламосборник 7, откуда периодически удаляются. Сточная вода с содержащимися в ней маслопродуктами движется вверх, при этом вследствие меньшей плотности маслопродуктов они концентрируются в ядре закрученного потока, который поступает в приёмную камеру 3, и через трубопровод 5 выводятся из гидроциклона для последующей утилизации. Сточная вода, очищенная от твёрдых частиц и маслопродуктов, скапливается в камере 2, откуда через трубопровод 6 отводится для дальнейшей очистки.

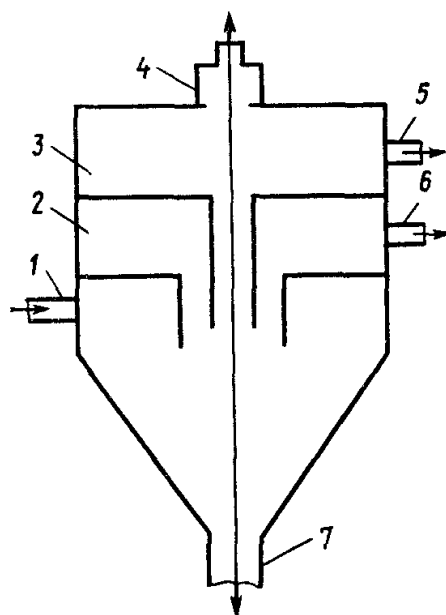


Рис.10. Схема напорного гидроциклона

Флотация заключается в интенсификации процесса всплывания маслопродуктов при обволакивании их частиц пузырьками воздуха, подаваемого в сточную воду. В основе этого процесса лежит молекулярное слипание частиц масла и пузырьков тонкодиспергированного в воде воздуха. В зависимости от способа образования пузырьков воздуха различают следующие виды флотации: напорная, пневматическая, пенная, химическая, биологическая, электрофлотация и т.д.

На рис. 11 показана схема *флотационной пневматической установки* для очистки сточных вод от маслопродуктов, ПАВ, органических веществ и взвешенных частиц малых размеров. Исходная сточная вода по трубопроводу 1 и отверстия в нём равномерно поступает во флотатор 10. Одновременно по трубопроводу 2 поступает сжатый воздух, который через насадки 11 из пористого материала в виде мельчайших пузырьков равномерно распределяется по сечению флотатора. В процессе всплывания пузырьки воздуха обволакивают частицы маслопродуктов, ПАВ и мелких твёрдых частиц,

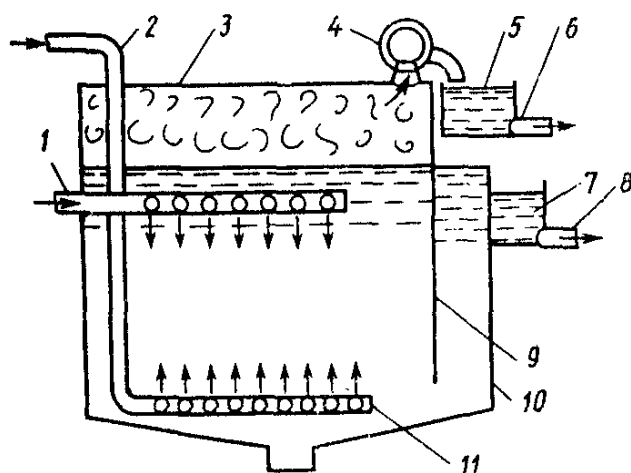


Рис.11. Схема флотационной пневматической установки

увеличивая скорость их всплывания. Образующаяся таким образом пена скапливается между зеркалом воды и крышкой 3 флотатора, откуда она отсасывается центробежным вентилятором 4 в пено-сборник 5 и через трубопровод 6 направляется для обработки пены и извлечения из неё маслопродуктов. В процессе вертикального движения сточной воды во флотаторе содержащийся в воздухе кислород окисляет органические примеси, а при малой их концентрации имеет место насыщение воды кислородом. Очищенная таким образом сточная вода огибает вертикальную перегородку 9 и сливается в приёмник очищенной воды 7, откуда по трубопроводу 8 подаётся для дальнейшей обработки.

В промышленности также используется метод электрофлотации, преимущества которого заключаются в том, что протекающие при электрофлотации электрохимические окислительно-восстановительные процессы обеспечивают дополнительное обеззараживание сточных вод. Кроме того, использование алюминиевых или железных электродов приводит к образованию в растворе гидроксидов этих металлов, которые коагулируют мельчайшие частицы загрязнений, содержащихся в сточной воде.

Заключительной стадией очистки сточной воды от маслопродуктов является фильтрование. Этот этап необходим, поскольку концентрация маслопродуктов в сточной воде на выходе из отстойников или гидроциклонов значительно превышает допустимую концентрацию в водоёме.

Адсорбция масел (как и любых нефтепродуктов) на поверхности фильтроматериала происходит за счёт сил межмолекулярного

взаимодействия и ионных связей. Лучшим природным фильтроматериалом является кварцевый песок (ещё используются доломит, керамзит, глауконит). Применение реагентов повышает эффективность очистки, однако при этом значительно возрастает стоимость очистных сооружений и усложняется процесс их эксплуатации. Образующийся при этом осадок требует дополнительных устройств для его переработки.

Недостатком природных фильтроматериалов является малая скорость фильтрации и сложность процесса регенерации. Эти недостатки устраняются при использовании в качестве фильтроматериала вспененного полиуретана. Пенополиуретаны, обладая большой маслопоглощающей способностью, обеспечивают эффективность очистки до 97-99%, насадка из полиуретана легко регенерируется механическим отжиманием маслопродуктов.

В *пенополиуретановом фильтре* (рис.12) сточная вода по трубопроводу 1 поступает в распределительную камеру 2 и через регулирующий вентиль 3 и водораспределительные окна 4 подаётся в фильтр 5, заполненный пенополиуретаном 6. Пройдя через слои фильтроматериала, сточная вода очищается от масел и взвешенных веществ и через сетчатое днище 13 отводится по трубопроводу 14.

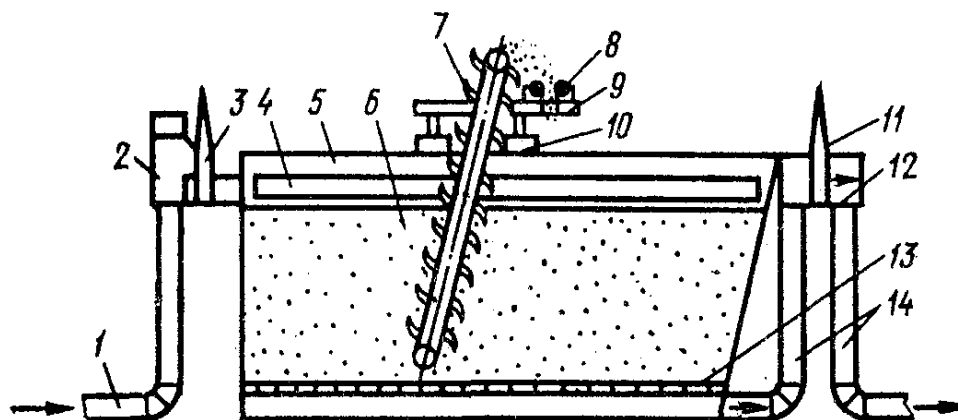


Рис.12. Схема пенополиуретанового фильтра

Для поддержания постоянного уровня воды в фильтре предусмотрена камера 12 с регулирующим вентилем 11. Регенерация частиц пенополиуретана осуществляется специальным устройством, установленным на передвижной тележке 10, что позволяет регенерировать весь объём фильтра. Насыщенные маслом частицы пенополиуретана цепным элеватором 7 подают на отжимные барабаны 8

и, освободив от маслообразных и взвешенных веществ, вновь подают в фильтр. Отжатые загрязнения по сборному желобу 9 отводят для дальнейшей переработки.

4. Очистка сточных вод от растворённых веществ

Очистка сточных вод от растворимых примесей осуществляется нейтрализацией, адсорбцией, электрохимическими и ионообменными методами, ультрафильтрацией, озонированием и т.д.

Нейтрализация предназначена для выделения из сточных вод кислот, щелочей, чтобы вода приобрела нейтральную среду ($\text{pH}=6,5-8,5$). Нейтрализацию осуществляют смешением кислых и щелочных сточных вод; смешением кислых производственных сточных вод с бытовыми, имеющими щелочную реакцию; добавлением щелочных (кислых) реагентов в кислые (щелочные) сточные воды или фильтрацией кислых сточных вод через фильтровальную загрузку щелочного характера, например из частиц известняка, мрамора или доломита.

Расход реагента (m) на нейтрализацию 1 м^3 кислоты (или щёлочи), содержащейся в сточной воде, определяют по формуле:

$$m = c M_1 / M_2,$$

где c – концентрация кислоты (или щёлочи) в сточной воде, $\text{кг}/\text{м}^3$;

M_1 – молекулярная масса щёлочного (кислого) реагента;

M_2 – молекулярная масса кислоты (щёлочи), содержащейся в сточной воде.

В качестве реагента для нейтрализации используют любые щёлочи и их соли (NaOH , KOH , известь, доломит, мел, мрамор, магнетит, сода и т.д.). Наиболее дешёвый и доступный реагент $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (известковое молоко). Для нейтрализации сточных вод, содержащих щёлочи и их соли, применяют кислоты, обычно техническую серную кислоту.

Адсорбция применяется для глубокой очистки сточных вод от растворённых органических примесей после биохимической очистки, а также в случаях, если концентрация этих веществ мала или они являются сильнотоксичными (фенолы, пестициды, ароматические нитросоединения и т.д.). Эффективность очистки составляет 80-95%.

В качестве адсорбентов используют активированный уголь, синтетические сорбенты и некоторые промышленные отходы (зола, шлаки, опилки и т.д.). Адсорбционная очистка ведётся при интенсивном перемешивании или при фильтрации через слой адсорбента.

На рис. 13 представлена схема адсорбционной установки. В адсорбер 2 по трубопроводу 1 поступает сточная вода, а по трубопроводу 3 – адсорбент, который тщательно перемешивается с водой. Адсорбент с поглощёнными примесями оседает на дно, откуда периодически удаляется через трубопровод 4. Сточная вода со взвешенными частицами адсорбента поступает в отстойник 5, в котором адсорбент осаждается на дно с последующим удалением по трубопроводу 6, а очищенная вода отводится по трубопроводу 7.

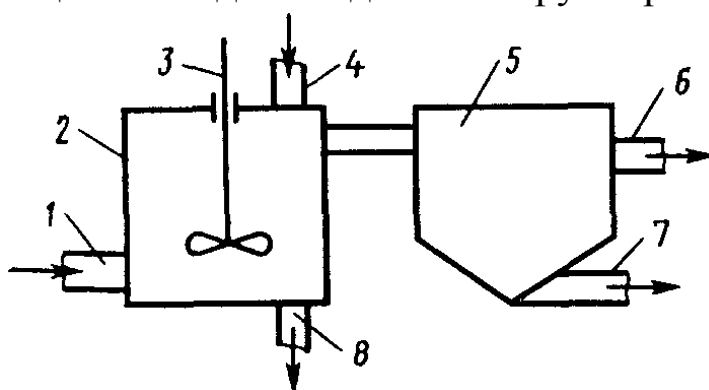


Рис.13. Схема адсорбционной установки

Важной стадией адсорбционной очистки является регенерация адсорбента. Адсорбированные вещества десорбируются перегретым паром или нагретым инертным газом и могут быть повторно использованы.

Электрохимические методы очистки применяются для очистки сточных вод от тяжёлых металлов, а также от красителей. Достоинством методов является выделение ценных продуктов, а недостатком – высокий расход электроэнергии.

Электрохимическая очистка сточной воды осуществляется вследствие протекания одного или нескольких из следующих процессов.

1. Анодное окисление и катодное восстановление

Эти процессы используют для очистки воды от растворённых примесей. Например, катодное восстановление используют для выделения тяжёлых металлов по схеме:



Окислительные процессы на аноде (как и восстановительные на катоде) разрушают хромофорную систему красителя, обесцвечивая сточные воды. Для повышения электропроводности в сточную воду добавляют NaCl, при этом на аноде выделяется газообразный Cl₂, который является сильным окислителем, в результате электрохимическое окисление дополняется химическим.

2. Электрокоагуляция

При прохождении тока через электролизёр происходит электролиз воды. Если использовать растворимые электроды - стальные, алюминиевые, то в воду переходят ионы Al³⁺, Fe³⁺, которые образуют в воде гидроксиды в виде хлопьев, вызывающие интенсивную коагуляцию находящихся в воде примесей.

3. Электрофлотация

При электролизе воды на аноде идёт выделение газообразного кислорода, а на катоде – водорода, за счёт которых и осуществляется флотация.

На рис. 14 представлена схема электрокоагуляционной установки для очистки от шестивалентного хрома. Сточная вода из промывной ванны 2 гальванического участка насосом 1 по трубопроводу 3 поступает в проточный электролизёр 6, в котором расположены электроды 5. При пропускании электрического тока с плотностью 50–100 А/м² через сточную воду, движущуюся по электролизёру в течение 10 – 15 мин, происходит анодное растворение поверхности стальных электродов и образующиеся при этом ионы двухвалентного железа восстанавливают Cr⁶⁺ до Cr³⁺. Одновременно происходит гидролиз ионов железа и трёхвалентного хрома с образованием нерастворимых гидроксидов Fe(OH)₃, Fe(OH)₂ и Cr(OH)₃. Сточная вода со взвешенными в ней гидроксидами поступает из электролизёра в центрифугу 7, в которой происходит отделение гидроксидов и удаление их через трубопровод 8, а сточная вода по трубопроводу 10 поступает для дальнейшей очистки или при закрытом вентиле 9 по трубопроводу 11 для повторного использования в промывной ванне.

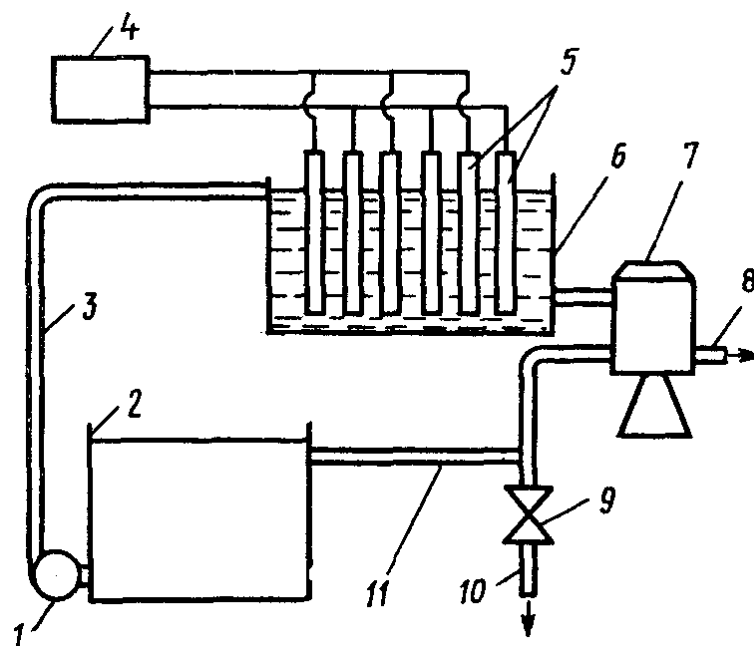
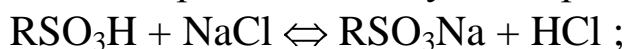


Рис.14. Схема электрокоагуляционной установки

Ионообменные методы очистки сточных вод находят применение практически во всех отраслях промышленности. Эти методы позволяют обеспечить высокую степень очистки, а также выделить из сточной воды примеси, например, металлы.

В основе ионного обмена лежат процессы взаимодействия растворённых примесей с твёрдой фазой, которая способна обменивать свои ионы на ионы, присутствующие в растворе. Вещества, составляющие твёрдую фазу, называются ионитами. Иониты практически нерастворимы в воде. Иониты, способные обменивать положительные ионы, называются катионитами, отрицательные – анионитами, и те и другие – амфотерными.

В качестве ионитов используют как природные (шпаты, апатиты, глины, слюда), так и искусственные материалы (силикагели, оксиды и гидриды некоторых металлов, ионообменные смолы). Наиболее широкое применение нашли ионообменные смолы – высокомолекулярные соединения, углеводородные радикалы которых образуют пространственную сетку (матрицу) с фиксированными ионитными группами (противоион), например, $R-SO_3H$, $R-OH$ и др. При контакте с анионитами протекает следующая реакция:



при контакте с катионитами:

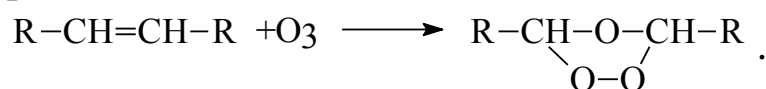


Установка ионообменной очистки состоит из фильтра, заполненного ионообменной смолой. При прохождении этого фильтра сточная вода очищается. Регенерация фильтра осуществляется промывкой кислотой (анионитного) или щёлочью (катионитного).

Ультрафильтрацией называют процесс фильтрования растворов через полупроницаемые мембраны под давлением. Эти мембраны пропускают молекулы растворителя, задерживая растворённые вещества. Наиболее широкое применение получили мембраны из ацетицеллюлозы.

Озонирование – процесс обработки сточной воды озоном, перспективный, хотя на сегодня и достаточно дорогой способ очистки. Он основан на высокой окислительной способности озона, который при нормальной температуре разрушает многие органические компоненты сточных вод. В процессе озонирования воды одновременно происходит и её обесцвечивание (разрушение окрашенных примесей), дезодорирование, обеззараживание и насыщение кислородом.

При наличии C=C связи озон присоединяется по месту разрыва одной связи с образованием озонидов:



С помощью озона можно достичь и глубокой очистки до CO₂ и H₂O, однако расход озона, а следовательно, и стоимость очистки при этом резко возрастают.

Установка озонирования обычно состоит из генератора озона и абсорбера, где происходит насыщение сточной воды озоном.

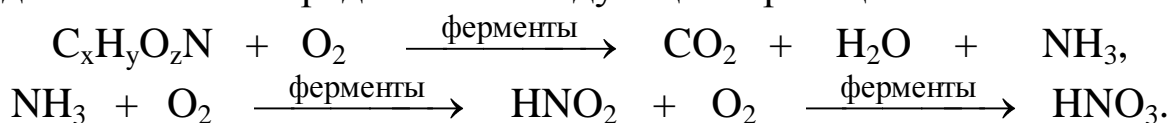
5. Очистка сточных вод от органических примесей

Очистка сточных вод от органических примесей осуществляется в основном биологическими методами. Эти методы позволяют очистить воду и от некоторых неорганических веществ, таких как сероводород, сульфиды, аммиак, нитраты и др. После биологической очистки вода становится прозрачной, незагнивающей, содержащей растворённый кислород. Биологические методы реализуются в естественных и искусственных сооружениях: в естественных очистку осуществляют на полях фильтрации или орошения и в биологических прудах, в искусственных – в биологических фильтрах, аэротенках или окситенках.

Процесс биохимической очистки основан на том, что органические загрязнения сточных вод являются питанием для микроорганизмов, жизнедеятельность которых поддерживается постоянным притоком кислорода и температурой 20-40⁰С. Микроорганизмы культивируются в активном иле или биоплёнке.

Активный ил – это система, состоящая из живых организмов и твёрдого субстрата. Биоценоз активного ила представлен бактериями и мельчайшими животными: простейшими (инфузории, жгутиковые, амёбы, коловратки и т.д.), червями, дрожжевыми грибами и т.д. Скопления бактерий, окружённые слизистым слоем, называются зооглеями. Зооглеи способствуют улучшению структуры ила, его осаждению и уплотнению. Твёрдый субстрат активного ила (до 45%) состоит из отмерших водорослей и разложившихся водных организмов и служит для прикрепления на нём организмов активного ила.

Процесс биохимического окисления протекает под действием ферментов, выделяемых бактериями, он очень сложен, но в общем виде может быть представлен следующими реакциями:



Поля фильтрации и орошения – это специально подготовленные земельные участки. Аналогом активного ила здесь служит почвенная микрофлора, она адсорбирует и окисляет задержанные органические загрязнения, превращая их в минеральные соединения. Поля фильтрации предназначены только для очистки воды, а на полях орошения одновременно с очисткой осуществляется выращивание кормовых сельскохозяйственных культур.

Биологические пруды – это неглубокие земельные резервуары (обычно 0,5-1м), в которых происходят те же процессы, что и при самоочищении водоёмов. Их обычно располагают в виде 3-5-ступенчатых каскадов прудов, через которые с небольшой скоростью протекает осветлённая сточная вода.

На рис. 15 представлена схема *биологического фильтра* с принудительной подачей воздуха. Исходная сточная вода по трубопроводу 3 поступает в фильтр 2 и через водораспределительные устройства 4 равномерно разбрызгивается по площади фильтра. При разбрызгивании сточная вода поглощает часть кислорода воздуха. В процессе фильтрования через загрузку 5, в качестве которой исполь-

зуют шлак, щебень, керамзит, пластмассу, гравий и т.д., на загрузочном материале образуется биологическая плёнка, микроорганизмы которой поглощают органические вещества. Интенсивность окисления органических примесей в плёнке существенно увеличивается при подаче сжатого воздуха через трубопровод 1 и опорную решётку 6 в направлении, противоположном фильтрованию. Очищенная от органических примесей вода выводится из фильтра через трубопровод 7.

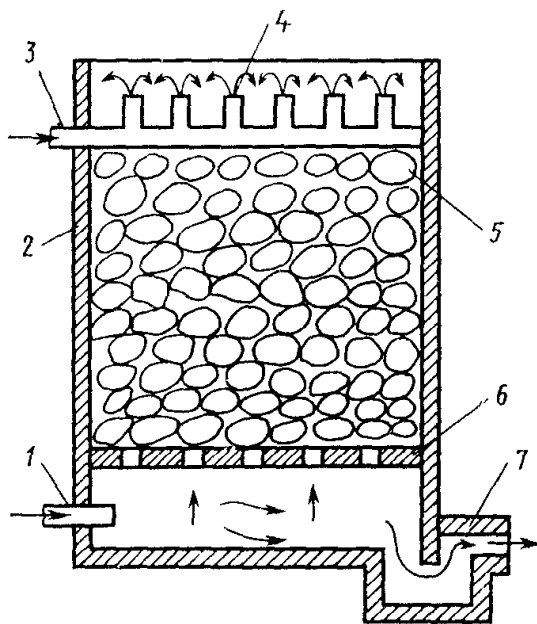


Рис.15. Схема биологического фильтра

Аэротенки – это железобетонные резервуары больших размеров, через которые медленно протекают подвергающиеся аэрации сточные воды, смешанные с активным илом. Эффективность удаления органических примесей в аэротенках очень высокая: уже через несколько минут их концентрация снижается в два раза, а в целом эффективность очистки составляет 90%. После аэротенков очищенная вода со взвешенными в ней частицами активного ила направляется в отстойники, где последний осаждается и возвращается в аэротенки.

Окситенки – модификация аэротенков, в которые вместо сжатого воздуха подают газообразный кислород. При этом процессы окисления существенно интенсифицируются, однако усложняются условия эксплуатации вследствие взрывопожароопасности кислорода.

На основе биохимических методов достигается достаточно глубокая очистка, и сами методы являются наиболее экономичными. Недостатки:

1. Очистные сооружения занимают большие площади.
2. Проблемы утилизации осадка.
3. Микроорганизмы не устойчивы к действию токсичных веществ – фенола, формальдегида и особенно тяжёлых металлов. По степени токсичности для микроорганизмов металлы располагаются в ряд: $Sb > Ag > Cu > Hg > Co > Ni > Pb > Cr > Cd > Zn > Fe$.

6. Ивановские городские очистные сооружения

Очистные сооружения канализации (ОСК) г. Иванова располагаются в пос. Богданиха. Пуск сооружений в эксплуатацию осуществлялся поэтапно: в 1977 г. был пущен комплекс механической очистки, в декабре 1979 г. – комплекс биологической очистки производительностью 320000 м³/сут.

Сточная вода из Иванова, включающая хозяйственно-бытовые и промышленные стоки, достигает очистные сооружения по канализационному коллектору (диаметром 3м) через 6 часов. Ливневый сток в канализационный коллектор не поступает. Процесс очистки сточных вод осуществляется 6-8 часов и включает механические и биологические методы.

Сначала они проходят стадию процеживания (очистку на решётках), а затем насосом подаются на верхнюю ступень очистных сооружений. Стадии очистки расположены в виде каскада, т.е. вода на каждую последующую стадию подаётся самотёком. Первая ступень – горизонтальные песколовки,

вторая – первичные радиальные отстойники,

третья – аэротенки,

четвёртая – вторичные радиальные отстойники.

Биологическая очистка происходит в шести аэротенках, для этого была построена специальная станция аэрации. Часть активного ила из вторичных отстойников (возвратный ил) перекачивается эрлифтами обратно в аэротенки, другая часть (избыточный ил) становится отходом производства и направляется на поля для просушки. Ежегодно на поля откачивается около 5-5,5 тонн избыточного

ила. Высохший до влажности 80% ил вывозится на хранение в специально построенный карьер, рассчитанный на 500 тыс. м³ осадка.

Сброс очищенных сточных вод производится в реку Уводь (контрольный створ), воды которой классифицируются как воды рыбохозяйственного значения второй категории водопользования. Очищенный сток, который сбрасывают в реку, токсичен (содержит токсичные вещества). Однако разбавление его чистой водой запрещено законодательством РФ. Сброс очищенных стоков в речную воду осуществляется 1:1 (300 тыс. м³), в результате в контрольном створе они разбавляются (двукратное разбавление). С очищенным стоком из вторичных отстойников выносятся часть микроорганизмов активного ила, которые в реке продолжают очищение. К этому подключаются процессы естественного самоочищения реки. Поэтому ниже контрольного створа качество воды повышается по сравнению с контрольным створом.

В лаборатории ОСК осуществляется ежесуточный анализ поступивших и очищенных сточных вод (содержание кислорода, температура, прозрачность, иловый индекс и т.д.); еженедельно проводится полный гидрохимический анализ проб сточной воды по 32 показателям, по которым оценивается соответствие степени очистки экологическим нормам (ПДК). В лаборатории исследуется и биоценоз активного ила, по состоянию которого можно судить о токсикантах в поступающей воде.

Тема 4. ВОДОПОДГОТОВКА

1. Способы улучшения качества воды

Способы улучшения качества воды и состав водоочистных сооружений зависят от требований, предъявляемых потребителем к воде, и от исходной природной воды.

Основные способы улучшения качества воды для хозяйственно-питьевых целей – осветление, обесцвечивание и обеззараживание.

Осветление – удаление из воды взвешенных веществ. В зависимости от требуемой степени осветления применяют: отстаивание, обработку в осветлителях со взвешенным осадком, фильтрование через зернистые или порошкообразные фильтрующие материалы, а

также через ткань или сетку. Для ускорения осаждения взвеси применяют её коагулирование. Вводимые коагулянты образуют крупные агрегаты, адсорбирующие на своей поверхности примеси и увлекающие их на дно отстойника.

Обесцвечивание воды – разрушение окрашенных коллоидов или растворённых веществ. Для этого используют коагулирование (введение коагулянтов, осаждающихся на дно отстойника вместе с адсорбированными окрашенными примесями), окисление (хлором, озоном) и сорбцию (на активированном угле).

Обеззараживание – уничтожение содержащихся в воде болезнетворных вирусов и бактерий. Для этих целей чаще всего используют обработку окислителями - хлорирование воды, озонирование, а также бактерицидное облучение.

Хлорирование воды является надёжным средством, предотвращающим распространение эпидемий, так как большинство патогенных бактерий и вирусов (бациллы брюшного тифа и дизентерии, вибрионы холеры, вирусы энцефалита) погибают под действием хлора. Спорообразующие бактерии хлор не уничтожает, что является одним из недостатков хлорирования. При введении хлора в воду происходит образование хлорноватистой кислоты (HClO), которая при диссоциации даёт гипохлоритный ион



Окислительное воздействие на микроорганизмы оказывает как сама хлорноватистая кислота, так и главным образом гипохлоритный ион.

Озон – один из наиболее сильных окислителей, уничтожающих бактерии, вирусы, споры. Преимущество озонирования состоит в том, что одновременно с обеззараживанием протекает обесцвечивание и дезодорирование воды. Озон не изменяет вкуса воды, т.к. его избыток быстро превращается в кислород. Озон получают в специальных аппаратах – озонаторах путём воздействия на атмосферный воздух «тихого» электрического разряда. Получение озона – дорогостоящий процесс, что ограничивает использование этого способа улучшения качества воды.

Обеззараживание воды бактерицидными лучами имеет ряд преимуществ перед хлорированием: не изменяются природные вкусовые качества воды и химические свойства воды; бактерицидное действие лучей протекает во много раз быстрее, чем хлора, после

облучения воду можно сразу подавать потребителю. Бактерицидные лучи, в отличие от хлора, уничтожают и спорообразующие виды бактерий. Эксплуатация установок для обеззараживания воды бактерицидными лучами проще, чем эксплуатация хлорного хозяйства. Установлено, что наибольшим бактерицидным действием обладают лучи с длиной волны 295-200 мкм. Эта область ультрафиолетового излучения называется бактерицидной. Наиболее распространёнными источниками бактерицидного излучения являются ртутно-кварцевые лампы высокого давления и аргонортутные лампы низкого давления. Установка бактерицидного облучения состоит из нескольких (3-5) последовательно соединённых камер. Каждая камера представляет собой литую конструкцию цилиндрической формы с шестью внутренними радиальными перегородками, обеспечивающими интенсивное перемешивание воды во время облучения. В центральной части каждой камеры в кварцевом цилиндрическом чехле размещена ртутно-кварцевая лампа. Бактерицидное облучение обеспечивает надёжную дезинфекцию воды, эксплуатационные расходы не превышают затрат на хлорирование, а на водопроводах, использующих в качестве источников водоснабжения подземные воды, обеззараживание облучением в 2-3 раза дешевле, чем хлорированием. Недостатком бактерицидного облучения в отличие от хлорирования является отсутствие оперативного способа контроля эффекта обеззараживания.

Обезжелезивание – снижение содержания солей железа – наиболее часто проводят при централизованном водоснабжении из подземных источников.

Фторирование питьевой воды осуществляется для предотвращения кариеса зубов путём внесения в неё соединений фтора.

Для доведения качества воды до питьевой кондиции иногда дополнительно применяют дезодорирование (удаление нежелательных привкусов и запахов с помощью аэрации, окислителей или сорбентов), умягчение (удаление солей жёсткости введением щелочных агентов), опреснение (снижение общей минерализации воды дистилляцией, ионным обменом, гиперфльтрацией).

2. Технологические схемы водоподготовки

Сочетание необходимых технологических процессов и сооружений для улучшения качества воды составляет технологическую схему водоподготовки. Общая схема представлена на рис. 16.

В практике водоподготовки технологические схемы подразделяют на реагентные и безреагентные, по эффекту осветления, по числу технологических процессов и числу ступеней каждого из них, напорные и безнапорные.

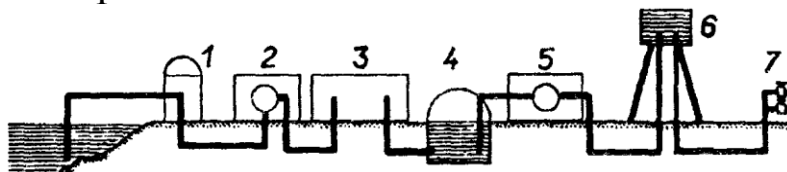


Рис.16. **Общая схема водоподготовки:** 1 – водозаборное устройство, 2 – насосная станция первого подъёма, подающая воду на очистные сооружения, 3 – очистные сооружения, 4 – резервуар чистой воды, 5 – насосная станция второго подъёма, подающая воду в городскую сеть

Реагентные и безреагентные схемы отличаются по интенсивности и эффективности очистки воды. С применением реагентов (рис.17) процессы обработки воды протекают интенсивнее и более эффективно, водоочистные сооружения значительно меньше, компактнее и дешевле, хотя и сложнее в эксплуатации. В качестве реагентов используют коагулянты (чаще всего $Al_2(SO_4)_3$ или $FeCl_3$).

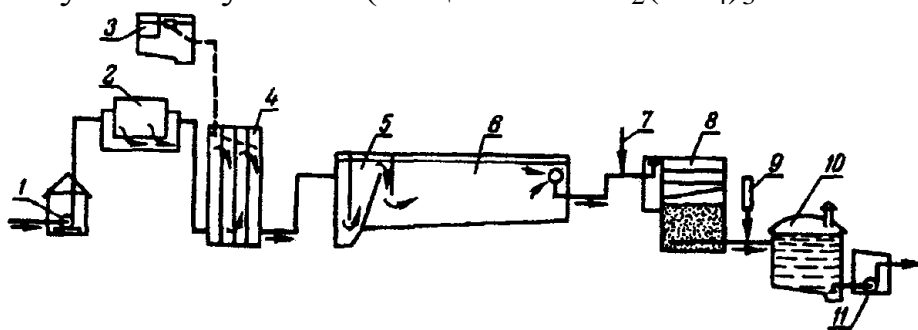


Рис.17. **Реагентная технологическая схема водоподготовки**

Безреагентные технологические схемы (с гидроциклонами, фильтрами) обычно применяют для водоснабжения небольших водопотребителей при цветности исходной воды до 50 град, для грубого осветления воды, для снабжения ряда промышленных объектов (рис.18).

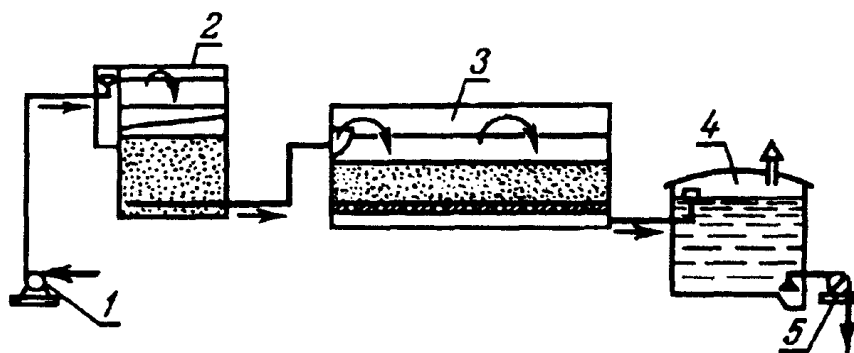


Рис.18. Безреагентная технологическая схема
водоподготовки

По эффекту осветления все технологические схемы водоподготовки делят на **схемы полного (глубокого) и неполного (грубого) осветления**. При полном осветлении очищенная вода отвечает требованиям питьевой, при неполном – технической воды, к которой не предъявляют высоких требований.

По числу технологических процессов схемы делятся на **одно-, двух- и многопроцессорные**. Если один из основных технологических процессов (фильтрование, реагентная обработка и т.д.) осуществляется два и более число раз, то такая технологическая схема называется **двух-, трёх- или многоступенчатой**. Число технологических процессов и ступеней зависит от требований, предъявляемых потребителем к воде, и от качества исходной воды.

По характеру движения обрабатываемой воды технологические схемы делятся на **безнапорные (самотечные) и напорные**. При безнапорном движении уровень воды в каждом последующем сооружении должен быть ниже предыдущего. При напорной схеме вода движется от сооружения к сооружению под давлением выше атмосферного, поэтому отдельные сооружения можно располагать на одном уровне.

3. Городская водоподготовка в Иванове

Ивановская городская станция водоподготовки была построена в 1926 году. С ростом города увеличивалась потребность в воде, поэтому станция расширялась: в 1954 и в 60-х годах были построены новые дополнительные очистные сооружения. За сутки станция подает в город в среднем 190 тыс. м³ питьевой воды. Дополнительно 50 тыс. м³ поставляет Строкинская станция водоподготовки, а

остальная вода (примерно 60 тыс. м³) поступает из нецентрализованных источников.

Ивановская станция водоподготовки берёт воду из р. Уводи в м. Авдотьино, часть воды в нее поступает из р. Волги по Волго-Уводскому каналу (что снижает качество воды). По всем основным показателям исходная вода имеет высокое качество.

После процеживания на решётках насосная станция первого подъёма подаёт воду на очистные сооружения.

Первым процессом на очистных сооружениях является хлорирование, которое заключается в смешении очищаемой воды с водой, насыщенной хлором (2-3 мг/л), в специальных смесителях. После хлорирования вода поступает в камеру реакции, где в течение 30 минут протекают процессы взаимодействия хлора с компонентами воды, приводящие к её обеззараживанию и, если необходимо, обесцвечиванию. Затем вода 2-3 часа отстаивается в горизонтальных отстойниках и фильтруется.

Вторым процессом является фильтрование. В зернистых фильтрах вода сверху вниз проходит слой кварцевого песка и несколько слоёв гравия различных фракций (от 2 до 64 мм), уложенных на специальную сетку, под которой проложены перфорированные трубы для отвода очищенной воды. Регенерация фильтров проводится регулярно подачей чистой воды снизу вверх. Из фильтров вода направляется в резервуары чистой воды (ёмкостью 26 тыс. м³), а из них насосной станцией второго подъёма в городскую сеть.

Исходная и очищенная вода контролируются в химической и микробиологической лабораториях станции водоподготовки.

Тема 5. ВОДОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Радикальным решением проблемы охраны окружающей среды от антропогенного воздействия является создание и внедрение ресурсосберегающих, экологически безопасных, маловодных, малоотходных технологических процессов.

Под малоотходной технологией понимают не просто технологию или производство того или иного продукта, а принцип организации и функционирования производств, региональных промышленно-производственных комплексов экономики в целом. При этом рационально используются все компоненты сырья и энергия в за-

мкнутом цикле: первичные сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы, т.е. не нарушается сложившееся экологическое равновесие в биосфере. Основой малоотходных производств является комплексная переработка сырья с использованием всех его компонентов, поскольку отходы производства – это по тем или иным причинам неиспользованная часть сырья. Отходы производства и потребления должны перерабатываться с получением товарной продукции или просто полезно использоваться без нарушения экологического равновесия.

Обязательным условием создания малоотходных технологий является использование замкнутых систем промышленного водоснабжения (водопотребления).

Замкнутое водопотребление означает, что промышленное предприятие свои сточные воды после требуемой очистки будет вновь направлять в производственный цикл. Таким образом, отработанная вода не будет сливаться в природные водоёмы, а будет многократно использоваться на данном предприятии (рис.19).

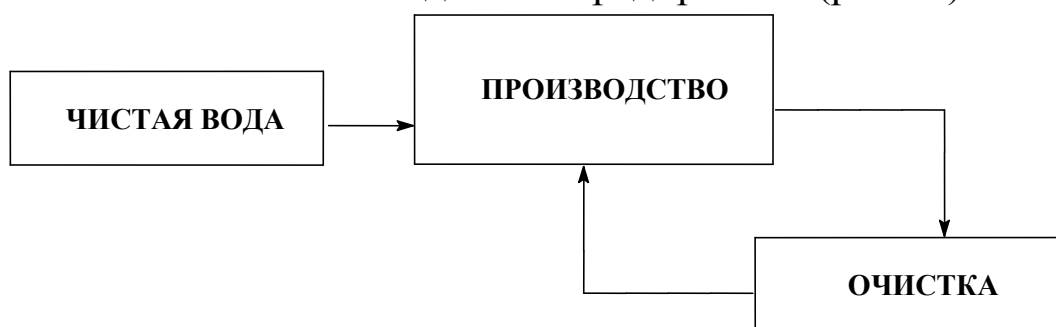


Рис.19. Схема замкнутого водопотребления

При таком замкнутом цикле водопотребления решаются сразу несколько проблем:

- 1) сокращается расход воды на производственные нужды,
- 2) не засоряются природные источники,
- 3) снижаются затраты на очистку стоков, поскольку требования к качеству технической воды значительно менее жёсткие.

Решение вопроса об использовании воды на предприятии по замкнутому циклу должно быть тесно связано с совершенствованием технологии основного производства. Для этого необходимо создать единую систему водного хозяйства предприятия, включающую водоснабжение, водоотведение, очистку сточных вод и их по-

вторное использование. Свежую воду необходимо использовать только для подпитки замкнутых систем, питьевых и хозяйственно-бытовых целей.

Качество воды в оборотных системах должно отвечать следующим условиям:

- вода не должна оказывать отрицательного влияния на качество получаемого продукта;
- использование воды данного качества должно обеспечивать требуемое санитарно-гигиеническое состояние рабочих мест и не должно ухудшать условия работы и состояние технологического оборудования.

Для достижения наилучших технико-экономических показателей при создании замкнутых систем водоснабжения промышленных предприятий должны быть решены следующие вопросы:

1. Организация жёсткого контроля перерасхода воды.

Как показывает практика, уже на этой стадии удаётся экономить до 30-50% воды.

Мероприятия по борьбе с перерасходом воды включают в себя установку на оборудовании:

- водомерных счётчиков,
- вентилей, автоматически закрывающихся при останове машины,
- диафрагм, ограничивающих расход воды.

2. Применение противоточного ступенчатого режима промывки (т.к. значительное количество воды в промышленности расходуется на операции промывки) при минимальном расходе свежей воды на последней стадии промывки (рис.20).

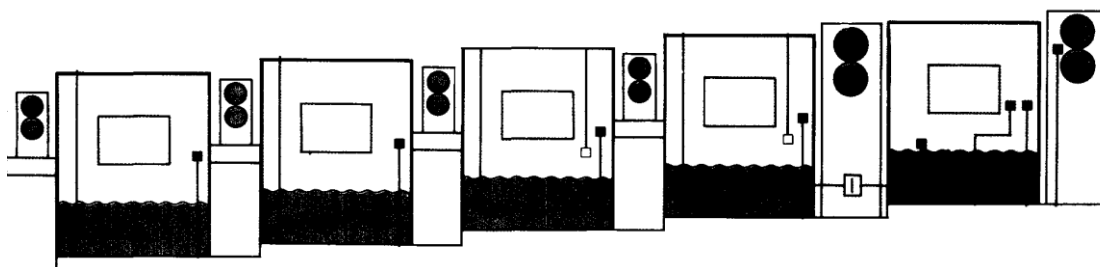


Рис.20. Схема промывочной линии с системой противотока

3. Использование прогрессивных технологий отделки текстильных материалов. Например, правильно выбранные технологи-

ческие режимы крашения обеспечивают высокую фиксацию красителя волокном, в результате чего уменьшаются затраты воды на промывку.

4. Применение совершенного оборудования, обеспечивающего высокую эффективность промывки при минимальных затратах воды.

5. Подбор эффективных методов локальной очистки сточных вод. Общая очистка предусматривает смешение всех стоков производства и их совместную очистку, а локальная – очистку стоков с отдельных технологических процессов, участков производства или цехов. Для многих предприятий и отделочных в том числе, отличающихся большим разнообразием технологических операций с привлечением большого количества различных химических реагентов, целесообразнее локальная очистка.

6. Регенерация отработанных технологических растворов с использованием извлекаемых продуктов в качестве вторичного сырья.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторные работы посвящены анализу стоков отделочного производства на содержание основных загрязняющих компонентов и методам очистки от них. Среди методов очистки рассматриваются как самые общие, простые (очистка от взвешенных веществ гравитационным способом, нейтрализация сточных вод), так и более сложные, к которым относятся методы очистки от красителей (коагуляция, электрохимический).

Не менее важна и проблема чистоты пресных природных вод, используемых в сельском хозяйстве, в промышленности и быту. В зависимости от объекта водоснабжения содержание возможных вредных примесей нормируется по-разному. Например, для водопроводной воды определяется рН, биохимическая потребность в кислороде (БПК), запах, содержание бактерий, ионов жесткости и других ионов (табл. 2).

Максимально допустимая концентрация ионов
в питьевой воде (C_{\max} , мг/л)

| Ион | C_{\max} | Ион | C_{\max} | Ион | C_{\max} |
|--|-------------------|--|------------|--------------------|------------|
| Be^{+2} | $2 \cdot 10^{-4}$ | Mo^{2+} | 0,25 | PO_4^{3-} | 3.5 |
| Se^{+6} | $1 \cdot 10^{-3}$ | Fe^{2+} , Fe^{3+} | 0,25 | Zn^{2+} | 5.0 |
| Pb^{+2} | 0,03 | Al^{3+} | 0,5 | NO_3^- | 45 |
| As^{+3} , As^{+5} | 0,05 | F^- | 0,7÷1,5 | Cl^- | 350 |
| Mn^{+2} | 0,01 | Cu^{2+} | 1,0 | SO_4^{2-} | 500 |

К ионам жесткости относятся Ca^{2+} и Mg^{2+} , причем наличие их в виде гидрокарбонатов $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ обуславливает временную жесткость воды, а в виде сульфатов или хлоридов – постоянную. Сумма временной и постоянной жесткости составляет общую жесткость воды, выражаемую обычно в миллиграмм-эквивалентах ионов кальция и магния на литр воды. Вода с жесткостью менее 4 мг-экв/л называется мягкой, от 4 до 8 – средней, от 8 до 12 – жесткой, свыше 12 мг-экв/л – очень жесткой.

Лабораторная работа №1

АНАЛИЗ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ

Цель работы: определение некоторых показателей качества водопроводной воды, ознакомление с соответствующими методиками.

Содержание работы: оценка водородного показателя воды с помощью иономера И-130; определение общей, временной и постоянной жесткости воды титриметрическим методом; определение класса запаха воды органолептическим методом.

Ход выполнения работы

1. Ознакомиться с работой иономера И-130. В стакан объемом 50 мл налить до метки исследуемую холодную воду, опустить в нее электроды, дождаться установления постоянного значения рН на табло прибора.

2. Определить так же рН горячей водопроводной воды (после охлаждения) и холодной воды после ее кипячения и охлаждения.

Сравнить полученные результаты с нормативными показателями (см. табл. 2).

3. Определить общую жесткость водопроводной воды.

Методика определения основана на образовании непрочных комплексов Ca^{2+} и Mg^{2+} с индикатором эриохром черным фиолетово-красного цвета с последующим его вытеснением и образованием более прочных комплексов ионов жесткости с двузамещенной натриевой солью этилендиаминтетра-ацетата (трилоном Б).

В коническую колбу емкостью 250 мл отмерить 100 мл водопроводной воды, добавить 5 мл аммонийного буфера для создания $\text{pH} = 10$, 20-30 мг индикатора эриохром черного и перемешать.

Отметить цвет полученного раствора. Наполнить бюретку раствором трилона Б до нулевой метки (нижний конец бюретки должен быть заполнен раствором).

В колбу с подготовленной к анализу водой по каплям добавлять из бюретки 0,05 н раствор трилона Б (данный процесс называют титрованием) до изменения окраски от фиолетово-красной до голубой. Отметить по бюретке объем раствора, пошедшего на титрование. Титрование повторить 2-3 раза. Полученные данные занести в табл. 3.

Таблица 3

Экспериментальные данные

| Титрование | Объем пробы воды $V_{\text{воды}}$, мл | Объем раствора трилона Б, израсходованного на титрование, мл | Среднее значение объема раствора трилона Б $V_{\text{трил}}$, мл |
|------------|---|--|--|
| 1 | 100 | | |
| 2 | 100 | | |
| 3 | 100 | | |

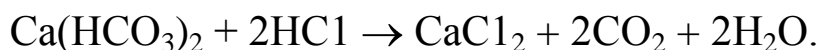
Вычислить общую жесткость по формуле:

$$J_{\text{общ}} = \frac{C_{\text{Н(трилона)}} \cdot V_{\text{трилона}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 1000, \frac{\text{МГ} - \text{ЭКВ}}{\text{Л}}$$

Оценить степень жесткости воды, сравнивая полученный результат с интервалами жесткости, приведенными на с.62.

4. Определить временную жесткость воды.

Методика определения основана на взаимодействии гидрокарбонатов кальция и магния с соляной кислотой:



Наполнить бюретку 0,1 н раствором соляной кислоты до нулевой метки (проследить, чтобы нижний конец бюретки не содержал воздушного пузырька).

В коническую колбу мерным цилиндром внести 100 мл водопроводной воды, добавить 3-4 капли индикатора метилового оранжевого (метилоранж).

На подставку штатива с бюреткой поместить лист белой бумаги, чтобы удобнее было наблюдать изменение цвета. Постепенно, по каплям, добавлять в колбу с водой соляную кислоту из пипетки, встряхивая колбу. Продолжать добавление кислоты до перехода окраски из желтой в оранжевую. Отметить по бюретке объем HCl, пошедший на титрование. Результаты занести в табл. 4.

Таблица 4

Экспериментальные данные

| № опыта | Объем пробы воды, мл | Объем раствора HCl, израсходованного на титрование, мл | Среднее значение объема раствора соляной кислоты V_K , мл |
|---------|----------------------|--|---|
| 1. | 100 | | |
| 2. | 100 | | |
| 3. | 100 | | |

Вычислить временную жесткость по формуле:

$$J_{\text{врем}} = \frac{C_{\text{H(К)}} \cdot V_K \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}}, \frac{\text{МГ} - \text{ЭКВ}}{\text{Л}}.$$

5. Вычислить постоянную жесткость воды по формуле:

$$J_{\text{пост}} = J_{\text{общ}} - J_{\text{врем}}.$$

6. Определить класс и интенсивность запаха холодной и горячей воды органолептическим методом, сравнивая результаты наблюдений с данными табл. 5 и 6.

Таблица 5

Определение класса запаха

| Класс | Характер запаха | Примерный род запаха |
|-------|-----------------|---|
| А | Ароматический | огуречный, цветочный и т.д. |
| Б | Болотный | илистый |
| Г | Гнилостный | фекальный, сточный |
| Д | Древесный | запах мокрой щепы, древесной коры |
| З | Землистый | запах прелый, свежевспаханной земли, глинистый |
| П | Плесневелый | затхлый запах |
| Р | Рыбный | запах рыбьего жира, рыбы |
| С | Сероводородный | запах тухлых яиц |
| Т | Травяной | запах скошенной травы |
| Н | Неопределенный | запах естественного происхождения, не подходящий под представленные определения |

Таблица 6

Определение интенсивности запаха

| Интенсивность запаха | Характер проявления запаха | Оценка интенсивности запаха в баллах |
|----------------------|--|--------------------------------------|
| Нет | запах не ощущается | 0 |
| Очень слабая | запах не ощущается потребителем, но обнаруживается при лабораторном исследовании | 1 |
| Слабая | запах замечается потребителем, если обратить на это его внимание | 2 |
| Заметная | запах легко замечается и вызывает неодобрительные отзывы о воде | 3 |
| Отчетливая | запах обращает на себя внимание и заставляет воздерживаться от питья | 4 |
| Очень сильная | запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению | 5 |

7. Определить рН исследуемого образца с помощью иономера И-130.

Лабораторная работа № 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ В ВОДЕ
ИОНОВ МЕТАЛЛОВ И НЕМЕТАЛЛОВ

Цель работы: ознакомление с методами определения содержания примесей в воде различного происхождения.

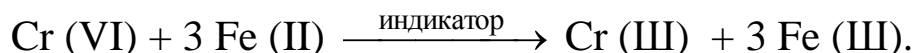
Содержание работы: оценка содержания ионов Cr^{+3} , Cr^{+6} , Fe^{+2} , Fe^{+3} , SO_4^{2-} , Cl^- в сточных водах и питьевой воде.

I. Определение содержания хрома (III) и (VI) в питьевой воде и неокрашенных сточных водах.

В ряде производств образуются сточные воды, содержащие ионы хрома (III) или хрома (VI): в гальванических цехах машиностроительных, станкостроительных, автомобильных, авиационных заводов и т.п., а также в красильных цехах текстильных предприятий и на кожевенных заводах, где проводится хромовое дубление, на химических заводах, выпускающих хромпик, хромовые квасцы и пр.

1. Определение хрома (III) и (VI) при совместном присутствии

Метод пригоден при определении хрома с концентрациями его в воде 0,5 - 1 г/л. Он основан на предварительном окислении в кислой среде ионов Cr (III) до Cr(VI) персульфатом аммония при нагревании с последующим количественным восстановлением всего хрома (VI) до хрома (III) титрованием раствором соли Мора в присутствии в качестве индикатора N-фенилантраниловой кислоты:



Ход выполнения работы

I. Определение общего содержания хрома. В коническую колбу помещают 5 – 50 мл анализируемой воды (в зависимости от содержания в ней хрома), пробу разбавляют дистиллированной водой до 300 мл, прибавляют 15 мл серной кислоты, 3 мл азотной кислоты, 0,2 мл раствора нитрата серебра, вносят 0,5 г персульфата аммония, нагревают смесь до кипения и кипятят 10 мин.

Весь трехвалентный хром, находящийся в анализируемой воде, переходит в шестивалентный, и раствор принимает желтую окраску. Раствор охлаждают до комнатной температуры, приливают к нему 10 капель N-фенилантраниловой кислоты и титруют раствором соли железа (II) до перехода окраски индикатора.

Содержание хрома (X) в мг/л вычисляют по формуле:

$$X = \frac{a \cdot 1,73 \cdot 1000}{V},$$

где а – объем 0,1 н раствора соли железа (II), израсходованного на титрование, мл;

V – объем анализируемой сточной воды, мл;

1,73 – число мг хрома, эквивалентное 1 мл 0,1н раствора соли железа (II).

2. Определение содержания Cr^{+6}

Определение проводят так же, как и определение общего содержания, но без предварительного окисления хрома персульфатом аммония.

По разности между результатами обоих определений вычисляют содержание трехвалентного хрома в исследуемой сточной воде.

II. Определение общего содержания железа в воде

Общее содержание железа определяют фотометрическим методом, основанным на образовании в слабощелочной среде окрашенных в желтый цвет комплексных соединений Fe(II) и Fe(III) с сульфосалицилатом натрия.

В колбу вместительностью 50 мл вносят 20 мл анализируемой воды, 10 мл насыщенного раствора сульфосалицилата натрия и 10 мл разбавленного (~10%-ного) раствора аммиака. После тщательного перемешивания смеси измеряют ее оптическую плотность с помощью фотоэлектроколориметра ФЭК-56 в кювете с толщиной слоя 50 мм при $\lambda = 420\text{--}430$ нм.

Содержание железа находят по калибровочному графику (рис.21), для построения которого используют стандартный раствор железоаммонийных квасцов $NH_4Fe(SO_4)_2$, подкисленный серной кислотой.

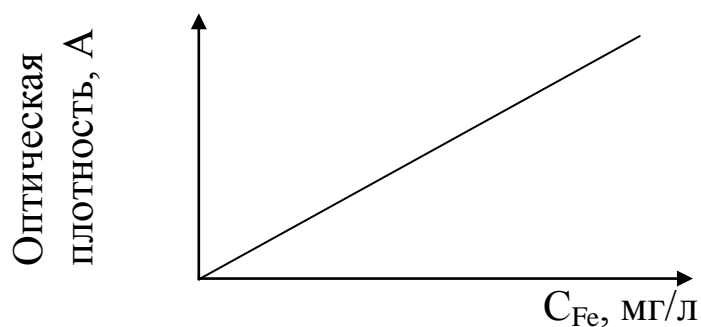


Рис.21. Калибровочный график

III. Определение содержания SO_4^{2-}

1. Полуколичественное определение

В чистую пробирку берут 2 мл анализируемой воды, прибавляют 8 мл дистиллированной воды, 2 капли HCl (1:1), перемешивают и после этого вносят 10 капель 10% раствора хлористого бария. Снова перемешивают и сравнивают осадок со шкалой, которую готовят следующим образом. Берут три чистые пробирки, в первую приливают 1 мл эталонного раствора с содержанием SO_4^{2-} 1 мг/мл (K_2SO_4 – 1,814 г/л), в другую 5 мл этого раствора и в третью – 10 мл, во все пробирки вносят по 2 капли HCl (1:1), перемешивают и приливают по 10 капель 10% раствора хлорида бария, снова перемешивают.

2. Количественное определение весовым методом (для УИРС)

В химический стакан отбирают 5-50 мл анализируемой воды, подкисляют ее HCl по метиловому красному до явно кислой реакции и нагревают до кипения.

При нагревании подкисленного раствора может выпадать небольшой хлопьевидный осадок коллоидов, который отфильтровывают через фильтр «синяя лента», промывают горячей дистиллированной водой, подкисленной HCl . Затем приступают к осаждению сульфат-ионов.

Для этого в горячий раствор прибавляют 3-5 капель 1% раствора пикриновой кислоты, после чего при постоянном помешивании приливают 5-10 мл нагретого до кипения 10% раствора хлористого бария. Кипятят раствор 3-5 мин, закрывают стеклом и оставляют стоять на горячей бане 30-60 минут. Пробуют полноту осаждения и отфильтровывают осадок через беззольный фильтр «синяя лента»,

предварительно промытый 2-3 раза кипящей дистиллированной водой.

Промывают осадок холодной дистиллированной водой, подкисленной соляной кислотой, подсушивают и прокаливают. Вычисляют процентное содержание сульфат-ионов в вытяжке по формуле:

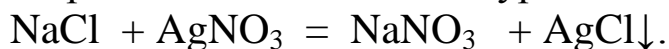
$$\%_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,411 \cdot a,$$

где a – вес прокаленного осадка, г;

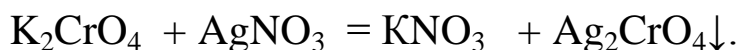
0,411 – коэффициент пересчета веса BaSO_4 на SO_4^{2-} – ион.

IV. Определение содержания хлорид-ионов в воде

Определение содержания хлоридов проводят аргентометрическим методом. К 25 мл воды прибавляют 1 мл 10%-ного раствора хромата калия и титруют 0,02 н раствором AgNO_3 до появления оранжево-красной окраски. Реакция идет по уравнению



Когда весь хлор связывается серебром, последнее вступает в реакцию с K_2CrO_4 :



Конец титрования определяют по образованию красноватого осадка Ag_2CrO_4 .

Содержание хлора (мг/л) определяют по формуле:

$$C_{\text{Cl}^-} = \frac{V_1 \cdot C_n \cdot 35,5 \cdot 1000}{V_2},$$

где V_1 – объем раствора AgNO_3 , затраченного на титрование;

C_n – нормальная концентрация раствора AgNO_3 ;

V_2 – объем воды, взятой для анализа.

Лабораторная работа № 3

АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы: ознакомление с методами анализа сточных вод отделочных предприятий текстильной промышленности.

Содержание работы: анализ сточных вод по следующим показателям:

- цвет (спектрофотометрическим методом);

- запах и степень разбавления (органолептическим исследованием);
- рН (на иономере И-130);
- концентрация взвешенных веществ (гравитационным методом).

Ход выполнения работы

1. Отфильтровать исследуемую сточную воду.
2. Определить цвет сточной воды с помощью фотоэлектроколориметра (рис.22). Описание прибора дано в конце работы. Цвет сточной воды определяется измерением ее оптической плотности на фотоколориметре при различных длинах волн проходящего света (различных светофильтрах). Измерения оптической плотности проводят для каждого из девяти светофильтров. Полученные данные записывают в таблицу, в соответствии с которой строят спектральную кривую в координатах $A - \lambda$.

| Номер светофильтра | Длина волны (нм), соответствующая максимуму поглощения | Оптическая плотность A (указать толщину кюветы) | Визуальная оценка цвета |
|--------------------|--|---|-------------------------|
| 1 | 315 | | |
| 2 | 364 | | |
| 3 | 400 | | |
| 4 | 434 | | |
| 5 | 490 | | |
| 6 | 540 | | |
| 7 | 582 | | |
| 8 | 597 | | |
| 9 | 630 | | |

Длина волны света, максимально поглощенного исследуемой водой, является характеристикой ее цвета. Величина оптической плотности при этой длине волны является мерой интенсивности ее окраски.

Вместе со спектрофотометрическим определением дается и визуальная характеристика цвета (например, светло-зеленый, темно-синий и т. д.).

3. Определить степень разбавления.

По правилам сброса сточных вод в водоемы необходимо, чтобы вода после сброса не имела видимой окраски при толщине слоя 10 см. Поэтому определяют степень разбавления сточной воды, при которой цвет ее при указанной толщине слоя перестает различаться.

Определение степени разбавления проводят следующим образом. На лист белой бумаги помещают три цилиндра. В первый наливают исследуемую сточную воду (высота слоя 10 см), в третий - такое же количество дистиллированной воды, во второй - разбавленную сточную воду. Разбавление проводят до тех пор (1:1, 1:2, 1:3 и т.д.), пока при просматривании сверху через воду во втором и третьем цилиндрах бумага не будет выглядеть одинаково белой.

4. Определить запах.

Запах определяют органолептическим методом. При этом указывают две его характеристики: класс и интенсивность, пользуясь табл. 5 и 6, приведенными в работе №1.

5. Определить содержание взвешенных веществ.

Промышленные сточные воды, как правило, содержат значительное количество малорастворимых и нерастворимых примесей (взвешенных веществ). Их содержание определяют методом фильтрования, например, через беззольные бумажные фильтры. Для этого фильтр средней плотности (белая лента) помещают предварительно в бюкс и высушивают с открытой крышкой в сушильном шкафу в течение 2 часов при температуре 105°C. Затем охлаждают в эксикаторе 0,5 часа и, закрыв крышкой, взвешивают на аналитических весах. Через подготовленный фильтр пропускают 100 мл анализируемой сточной воды. Фильтр снова помещают в бюкс и высушивают

2 часа при 105°C, охлаждают в эксикаторе 0,5 часа и, закрыв бюкс крышкой, снова взвешивают. Содержание взвешенных веществ вычисляют по формуле:

$$C = \frac{a - b}{V},$$

где C – концентрация взвешенных веществ, мг/л;

a – масса бюкса с фильтром и осадком, мг;

b – масса бюкса с фильтром без осадка, мг;

V – объем отфильтрованной анализируемой сточной воды, л.

6. Определить рН на иономере И-130.

Результаты анализа сточной воды сводят в табл. 7.

Таблица 7

| № | Показатели | Значение |
|----|--|----------|
| 1. | Цвет: длина волны, нм оптическая плотность визуальная характеристика | |
| 2. | Прозрачность, степень разбавления | |
| 3. | Запах: с указанием класса и интенсивности | |
| 4. | рН | |
| 5. | Взвешенные вещества, мг/л | |

***Методика определения оптической плотности
на фотоэлектроколориметре ФЭК-56м***

1. Включить прибор и блок питания.
2. Установить "Электрический нуль" прибора при закрытой шторке рукояткой "нуль" (рукоятка 1 на левой стороне прибора).
3. Установить нужный светофильтр (рукояткой 2). При смене светофильтра работу можно начинать не раньше, чем через одну минуту.
4. В правую часть поместить кювету с рабочим раствором и кювету с контрольным раствором. В левую часть на все время измерения поместить кювету с контрольным раствором*.
5. Поместить кювету с рабочим раствором (рукояткой 3 на правой стороне прибора) в правый световой пучок.
6. Установить начало отсчета по шкале. Для этого установить показания барабанов отсчетной диафрагмы (рукояткой 4 на левой стороне прибора и рукояткой 5 на правой стороне прибора) на отметку "0" (красная идентификация шкалы).
7. Открыть шторку (рукояткой 6 переместить её в положение "ОТКРЫТО"), при этом стрелка микроамперметра будет отклоняться от нулевого положения. Вращая барабан левой раздвижной диафрагмы, установить стрелку микроамперметра на "0".

* Контрольный раствор содержит те же компоненты, что и рабочий, за исключением определяемого вещества.

8. Кювету с рабочим раствором в правом плече заменить такой же кюветой, но с контрольным раствором (рукояткой 3), при этом происходит смещение стрелки микроамперметра, установленной на "0". Вращением правого измерительного барабана добиться первоначального нулевого положения стрелки.

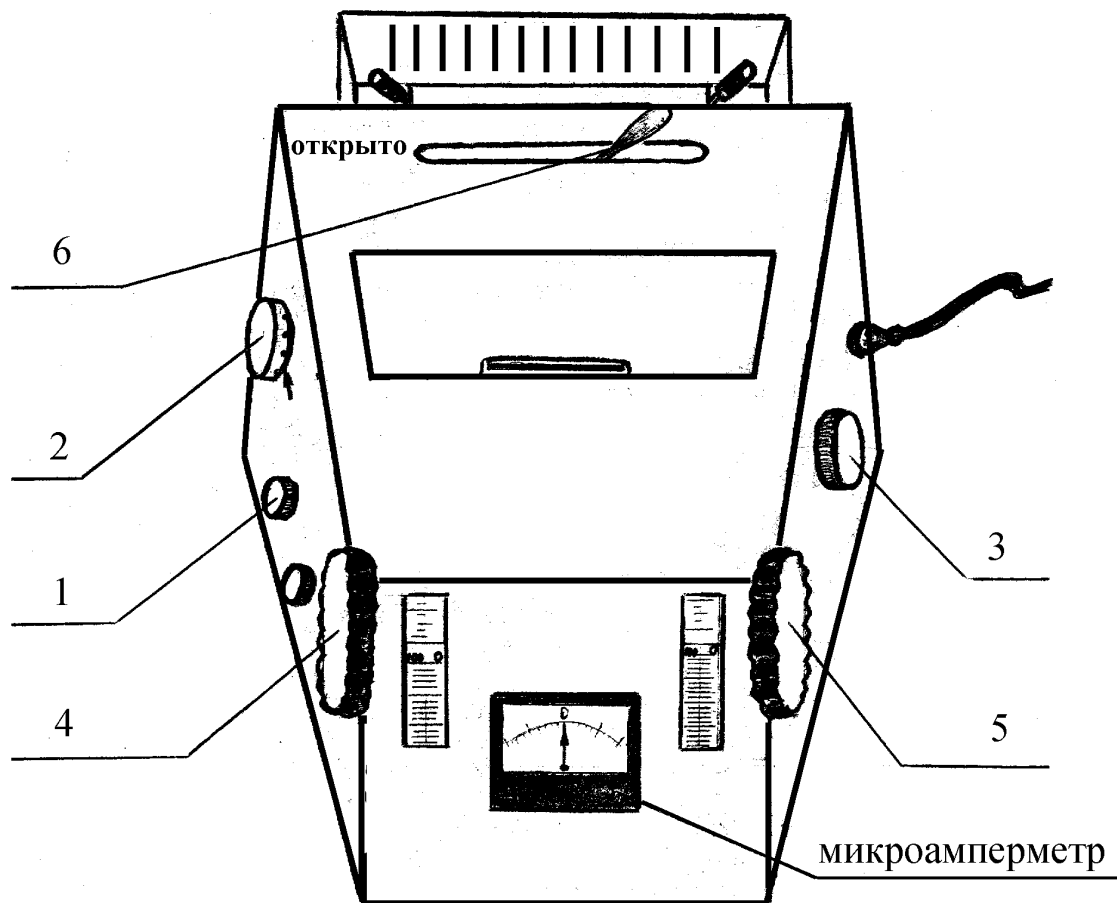


Рис. 22. Фотоэлектроколориметр ФЭК-56М

9. Отсчитать по шкале правого барабана величину оптической плотности раствора (красная идентификация шкалы). Для исключения случайных ошибок, иногда возникающих в процессе измерения, рекомендуется не ограничиваться одним измерением.

Лабораторная работа №4 **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ КРАСИТЕЛЕЙ**

Цель работы: ознакомление с возможностями электрохимического метода очистки сточных вод от красителей;
изучение эффективности очистки данным методом стоков от красителей различных классов.

Содержание работы: экспериментальное определение степени очистки сточных вод от красителя данного класса при заданных режимах обработки, определение содержания красителя в растворе фотометрическим способом.

Ход выполнения работы

1. Ознакомиться со схемой экспериментальной установки (рис.23) и правилами безопасности работы на ней. Ячейка с рабочими электродами должна размещаться в вытяжном шкафу, т. к. в процессе работы происходит выделение токсичных и пожароопасных газов: хлора, водорода и кислорода. Кислород способен образовывать взрывоопасные смеси с другими газами.

2. Ознакомиться с работой фотоэлектроколориметра ФЭК-56.

3. Залить исследуемый окрашенный раствор в анодное и катодное пространства таким образом, чтобы уровень жидкости в них был одинаков.

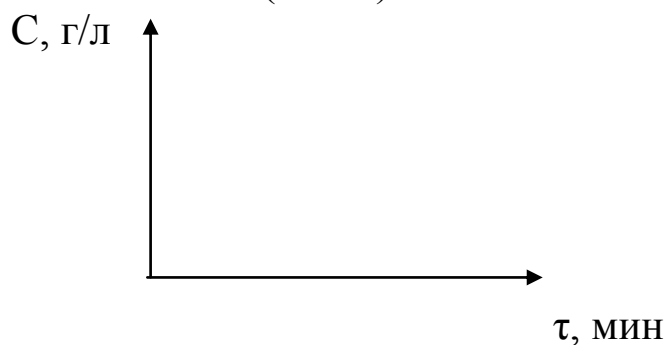
4. Установить по миллиамперметру заданную величину силы тока.

5. Следить визуально за изменением интенсивности окрашивания рабочего раствора красителя в анодном и катодном пространстве и за скоростью выделения газов (при бурном выделении газа уменьшить силу тока).

6. Для определения концентрации красителя в растворе с помощью фотоэлектроколориметра построить градуировочную (калибровочную) прямую. Для этого необходимо измерить оптические плотности A специально приготовленных растворов с известными концентрациями красителя. Полученные значения A откладывают по вертикальной оси, а значения соответствующих концентраций - по горизонтальной оси. По градуировочной прямой в дальнейшем

определяют концентрацию красителя в растворе в процессе его очистки.

7. В процессе очистки по истечении заданных интервалов времени проводить замеры оптической плотности раствора красителя на ФЭК-56, отбирая необходимые его количества и отфильтровывая их. Построить график зависимости концентрации красителя (C г/л) от времени очистки (τ мин).



8. Рассчитать достигнутую степень очистки:

$$\frac{C_n - C_k}{C_n} \cdot 100\%$$

где C_n – начальная концентрация красителя в растворе (до очистки),
 C_k – конечная концентрация красителя в растворе (после очистки).

Результат эксперимента представить в виде табл.8.

Таблица 8

| Название красителя с указанием добавок | Сила тока I, А | Продолжительность электролиза τ, мин. | Оптическая плотность А при толщине кюветы l= | C, г/л (определяется по калибровочному графику) | Степень очистки, % |
|--|----------------|---------------------------------------|--|---|--------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |

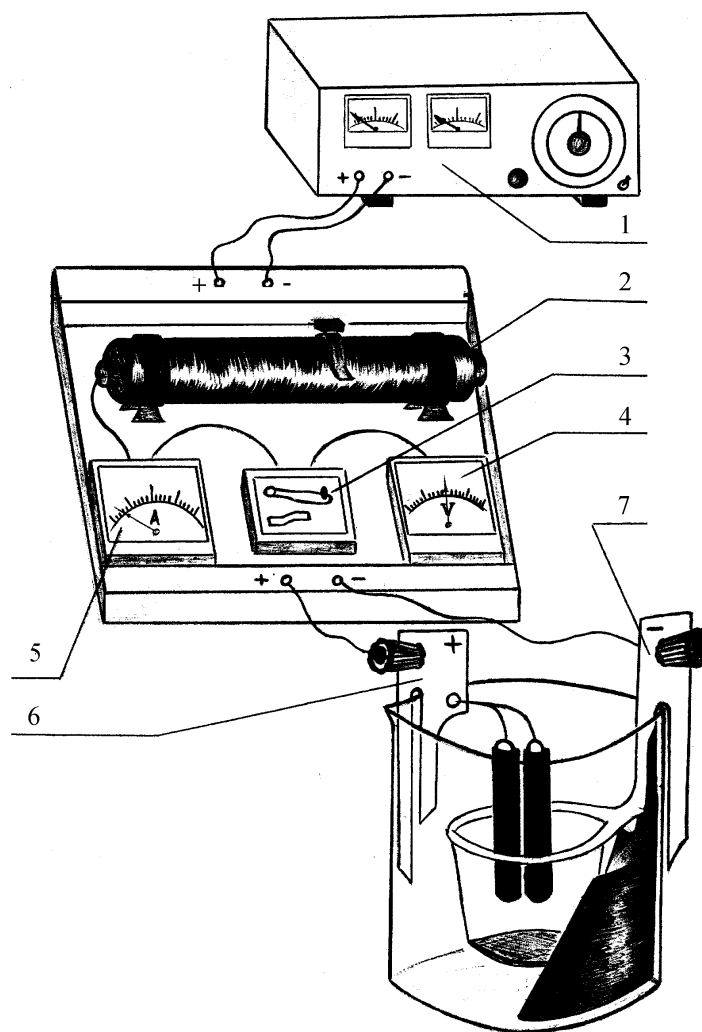


Рис. 23. Установка для электрохимической очистки сточных вод текстильных предприятий:
 1-источник тока; 2-реостат; 3-размыкающий цепь ключ;
 4-вольтметр; 5-амперметр; 6-анод; 7-катод

Лабораторная работа №5
ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ
ГРАВИТАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Цель работы: освоение метода очистки сточных вод от взвешенных веществ гравитационным методом; освоение методики определения эффективности этого метода очистки и использование полученных данных для расчета размеров отстойника.

Содержание работы: определение концентрации взвешенных веществ в сточной воде;

определение эффективности гравитационного метода очистки сточных вод;

определение параметров работы отстойника.

Ход выполнения работы

1. Полученный образец сточной воды тщательно перемешать и определить в нем концентрацию взвешенных веществ. Для этого 100 мл воды отфильтровать через специально подготовленный (высушенный и взвешенный) фильтр "белая лента". Затем фильтр поместить в бюкс, высушить при температуре 105°C в сушильном шкафу в течение 1 часа, охладить в течение 0,5 часа в эксикаторе и взвесить на аналитических весах. Концентрацию взвешенных веществ определить по формуле:

$$C = \frac{a - b}{V},$$

где C – концентрация взвешенных веществ, мг/л;

a – масса бюкса с фильтром и осадком, мг;

b – масса бюкса с фильтром без осадка, мг;

V – объем отфильтрованной анализируемой сточной воды, л.

2. Определить параметры процесса очистки воды от взвешенных веществ гравитационным методом.

Для этого образец сточной воды перемешать, разлить по цилиндрам (6 шт.) и отметить время начала опыта по секундомеру. Через 10 мин. из первого цилиндра осторожно (не перемешивая) отлить 60 мл в мерный стакан и определить в нем концентрацию взвешенных веществ по п.1.

Опыт повторить с оставшимися цилиндрами, отбирая пробы через каждые 10 мин.

3. По результатам опытов определить следующие параметры процесса:

3.1. Скорость оседания взвешенных веществ (V_n), мм/с:

$$V_n = \frac{h}{t_n},$$

где h – высота слоя воды в цилиндре, отобранной для пробы, мм;

t_n – время оседания взвешенных частиц, мин.

3.2. Уменьшение концентрации взвешенных частиц, %:

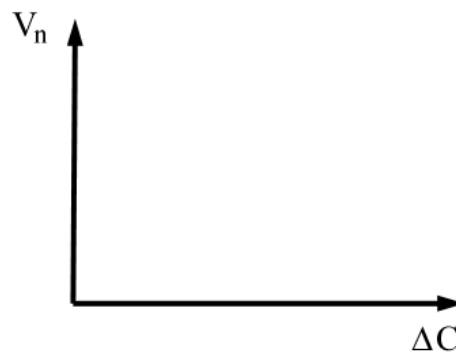
$$\Delta C = \frac{C_0 - C_n}{C_0} \cdot 100.$$

Полученные данные занести в табл.9.

Таблица 9

| № пробы | t_n , мин | C_n , мг/л | ΔC , % | V_n , мм/с |
|---------|-------------|--------------|----------------|--------------|
| | | | | |

Построить график зависимости ΔC от V_n .



4. Используя полученные данные, определить параметры отстойника: высоту и время отстаивания.

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ФАКУЛЬТЕТА

Вариант 1

1. Происхождение воды на Земле.
2. Состояние водных ресурсов Ивановской области.
3. Технологические схемы водоподготовки.
4. Очистка сточных вод от маслопродуктов в пенополиуретановом фильтре.
5. Методы очистки сточных вод от растворимых примесей. Нейтрализация.

Вариант 2

1. Роль воды в биосфере.
2. Загрязнение вод России.
3. Факторы самоочищения водоёмов.
4. Очистка сточных вод от маслопродуктов во флотационной пневматической установке.
5. Методы очистки сточных вод от растворимых примесей адсорбционным методом.

Вариант 3

1. Уникальные свойства воды.
2. Мировой океан – “сточная канава” мира. Загрязнение нефтепродуктами и радиоактивными отходами.
3. Нормирование качества воды в водоёмах.
4. Очистка сточных вод от маслопродуктов в напорном гидроциклоне.
5. Электрохимические методы очистки сточных вод от растворимых примесей.

Вариант 4

1. Источники воды на планете.
2. Последствия загрязнения водоёмов сельскохозяйственными стоками. Эвтрофикация.

3. Методы контроля качества воды в водоёмах.
4. Очистка сточных вод от твёрдых частиц. Зернистый многослойный каркасно-насыпной фильтр.
5. Электрокоагуляционная установка для очистки воды от шестивалентного хрома.

Вариант 5

1. Запасы пресной воды на Земле и распределение их по планете.
2. Источники загрязнения водных ресурсов. Классификация загрязнений с учётом их физико-химических и биологических свойств.
3. Нормирование состава сточных вод и методы их контроля.
4. Очистка сточных вод от твёрдых частиц. Отстаивание в радиальном отстойнике.
5. Ионообменные методы очистки сточных вод от растворимых примесей.

Вариант 6

1. Запасы и распределение пресной воды в России.
2. Последствия загрязнения водоёмов промышленными стоками.
3. Какие сточные воды запрещается сбрасывать предприятиям в водоёмы согласно санитарным правилам?
4. Очистка сточных вод от твёрдых частиц. Процеживание.
5. Принцип работы типичных городских очистных сооружений, в основе которых лежат биологические методы очистки.

Вариант 7

1. Использование пресной воды на планете. Основные причины её дефицита.
2. Тепловое загрязнение природных водоёмов.
3. Малоотходные технологии.
4. Очистка сточных вод от твёрдых частиц. Отстаивание в горизонтальной песколовке.
5. Методы ультрафильтрации и озонирования для очистки сточных вод от растворимых примесей.

Вариант 8

1. Возможные пути решения проблемы дефицита пресной воды в мире.
2. Атмосферные выпадения загрязнений на поверхность водоёмов.
3. Замкнутое водопотребление.
4. Очистка сточных вод от твёрдых частиц. Отстаивание в вертикальном отстойнике.
5. Принцип биологических методов очистки сточных вод от органических примесей.

Вариант 9

1. Характеристики природных вод.
2. Последствия загрязнения водоёмов бытовыми стоками.
3. Пути снижения расхода воды на текстильных предприятиях.
4. Очистка сточных вод от твёрдых частиц. Отстаивание в горизонтальной песколовке.
5. Аэротенки и окситенки для очистки сточных вод от органических примесей.

Вариант 10

1. Гидрологический цикл.
2. Сточные воды текстильной промышленности
3. Способы улучшения качества воды на стадии водоподготовки.
4. Очистка сточных вод от твёрдых частиц. Отстаивание в аэрируемой песколовке.
5. Принцип работы биологического фильтра для очистки сточных вод от органических примесей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белов, С.В. Охрана окружающей среды [Текст]/ С.В. Белов [и др.].–М.: Высшая школа, 1991.
2. Эколого-экономические проблемы России и её регионов [Текст].–М.: Московский лицей, 2003.
3. Гриневич, В.И. Охрана окружающей среды и рациональное природопользование [Текст]/ В.И. Гриневич.–Иваново:ИГХТУ, 1995.
4. Закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» // Ведомости Верховного Совета РФ. 1992.–№ 10.
5. Степановских, А.С. Охрана окружающей среды [Текст]/ А.С. Степановских.– М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.
6. Акимова, Т.А. Экология: Природа-Человек-Техника [Текст]/ Т.А. Акимова [и др.].–М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.
7. Новиков, Ю.В. Экология, окружающая среда и человек [Текст]/Ю.В. Новиков.–М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999.
8. Родионов, А.И. Оборудование, сооружения, основы проектирования химико-технологических процессов защиты биосферы от промышленных выбросов [Текст]/ А.И. Родионов [и др.].–М.: Высшая школа, 1991.
9. Петров, В.В. Экологическое право России [Текст]/В.В. Петров. М., 1995.
10. Окружающая среда: 1500 терминов [Текст]: энциклопедический словарь-справочник.–М.: Прогресс, 1999.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----------|
| Введение | 3 |
| Тема 1. Водные ресурсы | 3 |
| 1. Роль воды в биосфере | 3 |
| 2. Источники воды на планете | 5 |
| 3. Запасы пресной воды | 7 |
| 4. Характеристики природных вод | 10 |
| 5. Гидрологический цикл | 13 |
| 6. Использование воды | 16 |
| 7. Загрязнение водных ресурсов | 17 |
| 8. Водные ресурсы Ивановской области | 28 |
| Тема 2. Нормирование качества воды | 29 |
| 1. Нормирование качества воды в водоёмах и методы его контроля | 29 |
| 2. Нормирование состава сточных вод и методы их контроля | 34 |
| Тема 3. Очистка сточных вод | 35 |
| 1. Факторы самоочищения водоёмов | 35 |
| 2. Очистка сточных вод от твёрдых частиц | 36 |
| 3. Очистка сточных вод от маслопродуктов | 41 |
| 4. Очистка сточных вод от растворённых веществ | 45 |
| 5. Очистка сточных вод от органических примесей | 49 |
| 6. Ивановские городские очистные сооружения | 52 |
| Тема 4. Водоподготовка | 53 |
| 1. Способы улучшения качества воды | 53 |
| 2. Технологические схемы водоподготовки | 56 |
| 3. Городская водоподготовка в Иванове | 57 |
| Тема 5. Водосберегающие технологии | 58 |
| Лабораторные работы | 61 |
| <i>Лабораторная работа №1</i> Анализ водопроводной воды | 62 |
| <i>Лабораторная работа №2</i> Определение содержания в воде ионов металлов и неметаллов | 66 |
| <i>Лабораторная работа №3</i> Анализ промышленных сточных вод | 69 |
| <i>Лабораторная работа №4</i> Электрохимическая очистка сточных вод от красителей | 74 |

| | |
|--|----|
| <i>Лабораторная работа № 5</i> Очистка сточных вод от взвешенных веществ гравитационным методом | 76 |
| Варианты контрольных работ для студентов заочного факультета | 79 |
| Библиографический список | 82 |