

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

**Министерство образования Российской Федерации
Сибирское отделение академии наук Высшей школы
Алтайский государственный технический университет
имени И.И. Ползунова
УНЦ НИИ Вакуумных технологий
Инженерный центр «Витотех»**

О.Ю. Сартакова, О.М. Горелова

ЧИСТАЯ ВОДА: ТРАДИЦИИ и НОВАЦИИ

Барнаул

2002 г.

УДК [551.510.42+628.15/16]: (075.8)

Сартакова О.Ю., Горелова О.М.. Чистая вода: традиции и новации: Учебное пособие. – Барнаул: Изд-во Алт ГТУ, 2002. - 178 с.

В пособии отражены современные проблемы водопользования, состояние водных объектов, характер и источники загрязнений. Показано значение воды для человека в удовлетворении его физиологических и гигиенических нужд, а также роль воды в производственных процессах. Рассмотрены медико-экологические аспекты использования водных ресурсов, показатели качества воды и их гигиеническое нормирование. Представлены инженерные методы защиты гидросферы от загрязнителей техногенного характера. Рассмотрены физико-химические основы гидромеханических, химических, физико-химических, биохимических методов очистки воды и их современное аппаратное оформление. Приводится также анализ различных способов обеззараживания воды, ее кондиционирования. Изложены традиционные и современные технологии обработки осадков сточных вод. В пособии представлен широкий спектр современного оборудования ведущих отечественных и зарубежных производителей.

Предназначено для студентов технических университетов всех форм обучения, химико-технологического, энергетического и пищевого факультетов, изучающих дисциплины водоподготовки и водоочистки. Может быть рекомендовано специалистам в области водоснабжения и водоотведения, инженерам-экологам, руководителям природоохранных органов. Может быть полезным для менеджеров и консультантов фирм, реализующих водоочистное оборудование.

Учебное пособие разработано в Учебно-научном центре ресурсосбережения НИ-ИВТ совместно с кафедрой химической техники и инженерной экологии АлтГТУ, под руководством директора центра, член-корреспондента СО АН ВШ., профессора, доктора технических наук **М.В. Радченко**

Рецензент:

Л.Ф. Комарова, заслуженный эколог России, профессор, доктор технических наук,
зав. кафедрой химической техники и инженерной экологии Алт ГТУ.

ISBN 5-7568-0245-2

Алтайский государственный технический университет, 2002 г.

О.Ю. Сартакова
О.М. Горелова

СОДЕРЖАНИЕ		с.
ВВЕДЕНИЕ	-----	5
1. РЕСУРС ВОДЫ НА ПЛАНЕТЕ	-----	6
1.1. Запасы воды и распределение водных ресурсов в биосфере	-----	6
1.2. Потребление воды, проблема дефицита и истощения водных ресурсов	-----	7
2. ЗНАЧЕНИЕ ВОДЫ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА	-----	8
2.1. Потребление воды для удовлетворения физиологических, гигиенических и производственных нужд	-----	8
2.2. Влияние недоброкачественной воды на здоровье человека	-----	10
2.2.1. Роль воды в распространении инфекционных заболеваний	-----	10
2.2.2. Влияние химического состава воды на здоровье и условия жизни человека	-----	11
3. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ	-----	12
3.1. Водопотребление в Море	-----	12
3.2. Состояние водных ресурсов и проблемы водопотребления в России	-----	13
3.3. Ситуация в водоснабжении и в водоотведении в Алтайском крае	-----	16
3.4. Медико-экологические аспекты водных ресурсов Алтайского Края	-----	18
3.5. Причины сложившейся ситуации в водопотреблении России и анализ меро- приятий по защите водного бассейна	-----	20
3.6. Актуальность установок локальной очистки воды в России	-----	21
4. ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ, КОЛИЧЕСТВО И СОСТАВ ХОЗЯЙСТВЕН- НОБЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД	-----	22
4.1. Бытовые сточные воды	-----	22
4.2. Производственные сточные воды	-----	23
4.3. Требования к качеству очищенных вод и условия их сброса в водоем	-----	24
5. НОРМАТИВЫ КАЧЕСТВА ВОДЫ	-----	27
5.1. Лимитирующие показатели вредности	-----	27
5.2. Нормативно-технические документы водно-санитарного законодательства	-----	28
5.3. СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения	-----	28
5.4. СанПиН 2.1.5.980-00 « Гигиенические требования к охране поверхностных вод»	-----	29
6. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ, ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ	-----	30
6.1. Органолептические показатели	-----	30
6.1.1. Цветность	-----	31
6.1.2. Мутность	-----	31
6.1.3. Взвешенные вещества	-----	31
6.1.4. Прозрачность	-----	32
6.1.5. Запах	-----	32
6.1.6. Вкусы привкус	-----	33
6.1.7. Пенистость	-----	34
6.2. Химические показатели качества воды, их физиологическое значение и сани- тарно-токсикологическая характеристика	-----	34
6.2.1. Водородный показатель (рН)	-----	34
6.2.2. Щелочность и кислотность	-----	35
6.2.3. Минеральный состав	-----	36
6.2.4. Карбонаты и гидрокарбонаты	-----	37
6.2.5. Сульфаты	-----	38
6.2.6. Хлориды	-----	38
6.2.7. Сухой остаток	-----	39

6.2.8. Общая жесткость, кальций и магний-----	39
6.2.9. Растворенный кислород-----	41
6.2.10. Органические вещества, БПК и ХПК-----	42
6.2.11. Биогенные элементы-----	45
6.2.12. Фосфаты, общий фосфор-----	48
6.2.13. Сумма тяжелых металлов-----	48
6.2.14. Другие металлы-----	53
6.2.15. Токсичные неметаллы-----	57
6.2.16. Токсичные соединения-----	59
6.3. Интегральная и комплексная оценка качества воды-----	64
7. ОСОБЕННОСТИ ОТБОРА ПРОБ ВОДЫ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ -----	68
8. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД-----	71
9. СООРУЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ-----	72
9.1. Решетки-----	72
9.2. Сетки и микрофильтры-----	74
9.3. Песколовки-----	75
9.4. Отстойники-----	77
9.5. Фильтры-----	80
9.6. Гидроциклоны-----	83
10. ХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ-----	84
11. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ-----	85
11.1. Коагуляция-----	85
11.2. Обработка воды флокулянтами-----	87
11.3. Флотация-----	88
11.4. Адсорбция-----	90
11.5. Ионный обмен-----	94
11.6. Мембранные процессы-----	95
12. БИОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД -----	99
12.1. Сущность методов биохимической очистки в искусственных аэробных и анаэробных условиях-----	99
12.2. Нитрификация и денитрификация-----	105
13. ПРОЦЕССЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ-----	108
13.1. Хлорирование-----	110
13.2. Сооружения обеззараживания воды хлорированием-----	113
13.3. Озонирование-----	113
13.4. Облучение ультрафиолетом-----	115
13.5. Другие способы обеззараживания воды-----	118
14. МЕТОДЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОДЫ-----	122
14.1. Обезжелезивание воды-----	122
14.1.1. Проблемы потребления воды с высоким содержанием железа-----	122
14.1.2. Методы обезжелезивания воды-----	124
14.1.3. Установки обезжелезивания воды-----	126
14.2. Методы деманганации воды-----	127
14.3. Комплексная очистка воды от соединений железа и марганца-----	128
15. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКА-----	129
ЛИТЕРАТУРА-----	140
ПРИЛОЖЕНИЯ-----	143

*«Вода! У тебя нет ни вкуса,
ни цвета, ни запаха, тебя не опи-
шешь, тобой наслаждаешься, не
понимая, что ты такое. Ты не про-
сто необходима для жизни, ты и
есть сама жизнь»*

/Антуан де Сент-Экзюпери/

-эти слова написал французский
летчик, после того как его самолет
разбился в пустыне и он несколько
дней провел под палящим солнцем.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема обеспечения населения Алтайского края качественной питьевой водой в достаточном количестве, как и для России в целом, является весьма злободневной, поскольку напрямую связана с состоянием здоровья населения. Качество воды в поверхностных и подземных источниках в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой ежегодно ухудшается. Техническое состояние централизованной системы очистки воды при этом находится в кризисе: оборудование, сооружения и трубопроводы разрушаются, технологии водоподготовки морально устарели.

Так, водопроводные очистные сооружения г. Барнаула, построенные в 1965–66 гг., рассчитаны на очистку от загрязнений природного характера, а не антропогенного, поэтому в принципе не могут гарантированно обеспечить население и предприятия водой питьевого качества, тем более с учетом их физического состояния. Даже в тех случаях, когда головные сооружения водопровода обеспечивают надлежащую очистку воды, к потребителю она поступает с букетом вторичных загрязнений, появляющихся в процессе транспортирования по протяженным водопроводным сетям, техническое состояние которых весьма плачевно.

По данным главного государственного санитарного врача Алтайского края на территории края более половины сельских водопроводов эксплуатируются с крайне неудовлетворительным санитарно-техническим состоянием сетей и сооружений, без герметизации устьев скважин, профилактических ремонтов, промывки и дезинфекции.

Установлено, что основным фактором передачи эпидемиологического неблагополучия являются коллективные и индивидуальные источники водопользования. Это является одной из причин желудочно-кишечных и других инфекций населения края.

Хлорирование воды с целью ее обеззараживания приводит к появлению в ней ряда высокотоксичных соединений – тригалометанов, обладающих канцерогенными и мутагенными свойствами. Постоянное потребление такой воды приводит к хроническому отравлению организма и является угрозой для будущих поколений.

Использование подземных вод с высокой степенью минерализации для питья и приготовления продуктов питания на перерабатывающих предприятиях нарушает состояние желудочно-кишечного тракта, печени, мочевыделительной системы. Выявлено, что в 67 населенных пунктах и в 18 районах края солесодержание подземных вод превышает нормативные показатели. К числу наиболее распространенных в Алтайском крае относятся болезни печени и почек.

Установленные факты неблагоприятного влияния питьевой воды на функциональное состояние организма и здоровье населения Алтайского края требуют карди-

нального решения вопроса о снабжении населения питьевой водой, отвечающей требованиям СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода».

Не меньше проблем и в системе водоотведения, где из основных следует отметить: большой объем неорганизованных сбросов сточных вод; отсутствие, или недостаточная мощность систем локальной очистки воды на промышленных предприятиях; аварийное состояние городских очистных сооружений, уровень их физического износа достиг критической отметки. Это притом, что требования к стокам в реку Обь ужесточены и по многим показателям приближаются к требованиям по питьевой воде.

Очевидно, что в создавшейся ситуации актуальным и целесообразным является установка локальных систем очистки отработанной воды и систем доочистки потребляемой воды, размещенных непосредственно у потребителя. Сегодня на российском рынке появился широкий спектр отечественных и импортных установок и устройств, в том числе мини-станций локальной автоматической доочистки воды. Разнообразие высокоэффективных химических реагентов, фильтрующих материалов, ионообменных смол, полупроницаемых мембран и т.п. позволяет подобрать оптимальный вариант очистки и удовлетворить самые жесткие требования. Проблемы обессоливания воды, очистки от органических примесей и ее обеззараживания могут быть решены на современном техническом уровне. Однако, причинами, сдерживающими внедрение этих систем, зачастую являются следующие: отсутствие информации о технических возможностях, устройстве, принципе действия, режиме монтажа и эксплуатации нового оборудования, отсутствии информации о фирмах-производителях и продавцах; отсутствие специалистов, владеющих современными технологиями водоподготовки; финансовая ограниченность.

Наряду с этим в Алтайском крае с 1998 года существует программа «Обеспечение населения Алтайского края питьевой водой», в рамках которой необходимо решать конкретные задачи, как посредством повышения образовательного уровня, так и переснащения предприятий современным оборудованием водоочистки и водоподготовки.

В связи со сложившимся состоянием в системе водопотребления, в соответствии с задачами краевой программы, необходима соответствующая подготовка и переподготовка специалистов, их обучение современным технологиям водоочистки и приемам рационального водопользования.

1. РЕСУРС ВОДЫ НА ПЛАНЕТЕ

1.1. Запасы воды и распределение водных ресурсов в биосфере

Запасы воды на планете Земля огромны. Источник всех водных ресурсов Земли – ее гидросфера, объединяющая в одно целое все свободные воды планеты, т.е. воды не связанные химически или физически с минералами земной коры и способные двигаться под действием гравитационных сил либо под влиянием тепла. Большая часть всей воды сосредоточена в Мировом океане, который занимает почти 3/4 поверхности планеты.

Усилиями ученых многих стран водные ресурсы Земли в последние десятилетия достаточно полно изучены и поставлены под контроль. Согласно последним подсчетам, **общие запасы воды на Земле составляют около 1.5 млрд. км³, 98 % всего запаса приходится на соленые воды морей и океанов, соленых озер и только 2 % составляют пресные воды.** При этом основная масса пресных вод (85 %) находится в недоступных и малодоступных для человека районах – в ледниках и снежниках. Подземные воды составляют 14% от общего количества пресной воды. На воду участвующую в круговороте остается всего 1 %. Вода, участвующая в круговороте распределяется в

следующем соотношении: вода озер 52%; почвенная влага 38%; атмосферная влага 8%; вода рек 1%; биологические воды (воды в клетках живых организмов) 1%. Анализ этих цифр убеждает в том, что **доля воды, которая может быть использована человеком для удовлетворения его физиологических потребностей и производственных нужд, в общем объеме водных ресурсов чрезвычайно мала.**

Способность к постоянному возобновлению, присущая пресным водам поверхности суши, породила твердую убежденность человечества в их неисчерпаемости. Однако в процессе усиления деятельности человека по преобразованию природы эта убежденность была нарушена, что заставило людей к середине двадцатого века заняться не только строгим учетом всех водных запасов планеты, но и переосмыслить значение воды в нашей жизни как одного из важнейших природных ресурсов.

Проблему усугубляет **и крайне неравномерное географическое распределение воды на планете.** В Европе и Азии, где проживает 70% населения земного шара, сосредоточено 39% мировых запасов речных вод. На европейскую часть России, где проживает 60% населения, приходится лишь 30% речного стока.

1.2. Потребление воды, проблема дефицита и истощения водных ресурсов

Мировое потребление воды в 1900 году составило 400 км³.

В 2000 г водозабор из источника увеличился на порядок и составил 4000 км³.

Водопотребление в России в 1980 году составляло 340 км³, а в 2000 году оно превысило 800 км³, что составило 1/5 часть от мирового потребления.

Распределение потребленной воды на различные нужды человечества в среднем составляет: 10% - потребление на хозяйственно-питьевые нужды;

20% - промышленное потребление;

70% - на нужды сельского хозяйства.

От общего количества потребленной воды 50% возвращается в водоемы со сточными водами, а 50% безвозвратно теряется, т.е. не возвращается в источники. Это вода, перешедшая в продукт промышленного производства, заключенная в биомассе сельскохозяйственных растений и испарившаяся влага. Анализ 60-ти лет водопотребления показал, что ежегодный прирост безвозвратно-теряемой воды составляет 4-5%. Учитывая рост численности населения планеты и динамичный рост объема промышленного производства можно ожидать, что к 2100 году человечество истощит все запасы пресной воды. Этот пессимистический прогноз для многих регионов Мира уже сегодня стал реальностью. Потребность в воде в Море не удовлетворяется у 20% городского и 75% сельского населения.

Ситуация усугубляется еще и тем, что возвращающиеся в источники сточные воды несут в себе большое количество антропогенных загрязнителей. Установлено, что вода, прошедшая схему полной биохимической очистки содержит в себе практически все растворимые неорганические соединения и 10 % органических загрязнителей. Известно, что 1 км³ очищенной сточной воды требует для разбавления 10 км³ речной воды, а 1 км³ не очищенной сточной воды - 30 – 50 км³ речной воды.

Анализ представленных выше цифр позволяет сделать следующий вывод:

- происходит быстрое истощение водных ресурсов;
- качество речной воды резко падает, ввиду загрязнения сточными водами, и она становится непригодной для потребления.

Учитывая ежегодно возрастающий дефицит пресной воды, человечеству необходимо **изменить стратегию водопользования**, что предполагает: переход на замкнутое водоснабжение; переход на безотходные технологии; переход на «сухие» технологии. Реализация этих шагов позволит существенно сократить объем потребляемой

воды и ее загрязнение. Стратегия рационального и комплексного использования водных ресурсов, охрана их от загрязнения и истощения гарантируют человечеству обеспечение потребности в воде на отдаленную перспективу.

2. ЗНАЧЕНИЕ ВОДЫ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА

2.1. Потребление воды для удовлетворения физиологических, гигиенических и производственных нужд человека

Вода – это дар природы, важнейший элемент среды обитания человека, без которой само существование высокоорганизованных форм жизни невозможно. Когда ее мало - снижается плодоношение растений, продуктивность животных, при полном ее отсутствии прекращается жизнь. Она участвует в формировании климата планеты. Все живое состоит главным образом из воды.

Как известно, вода играет определяющую *роль в физиологии человека*. Сравнительно небольшой дефицит воды в организме приводит к сильнейшим нарушениям здоровья. Ведь процессы пищеварения, синтеза живого вещества в организме и все обменные реакции происходят только в водной среде.

Вода входит в ткани организма человека. Эмбрион человека состоит на 97% из воды. По мере роста эмбриона и подготовки его к новым условиям жизни, масса воды в нем уменьшается и при рождении составляет – 77% от массы тела. С возрастом количество воды в организме человека уменьшается: к 50 годам вода составляет 60% от массы тела. Вода не имеет питательной ценности, но при изменении количества потребления и ее солевого состава нарушаются процессы пищеварения, кроветворения, синтеза тканей и т.п. ***Вода играют средообразующую и транспортную функции, она участвует во многих биохимических реакциях протекающих в живой клетке. Она служит универсальным растворителем для органических и неорганических веществ***, необходимых для поддержания жизненных функций организма. Вода удаляет из организма вредные продукты- метаболиты, остающиеся после усвоения необходимых веществ. Без воды невозможны регуляция теплообмена организма с окружающей средой и поддержания постоянной температуры тела. Человек может прожить без воды всего несколько суток. При потере воды менее 2 % веса тела появляется жажда, при утрате 6-8% наступает обморочное состояние, при нехватке 10 % появляются галлюцинации, нарушается процесс глотания. При недостатке воды свыше 12 % наступает смерть.

Животные и растения, которые обеспечивают нас питанием, также ежедневно нуждаются в воде. Суточная потребность в воде одной молочной коровы составляет 50 литров. При производстве одного центнера пшеницы пашня расходует 25000 литров воды.

Учитывая такую сильную зависимость от воды, природа наделила все живые существа надежным регулятором - ***чувством жажды***. Сильнее, чем все другие инстинкты, жажда побуждает живые существа обязательно выпить после каждой потери воды, для того чтобы восстановить равновесие воды в своем организме. Мы можем жить несколько недель без пищи, но мы не сможем прожить трех дней без воды. Значение качества питьевой воды, которую мы прямо или в составе пищи потребляем в виде продукта питания, сложно переоценить.

При рассмотрении проблемы питьевого водоснабжения необходимо иметь в виду, что питьевая вода – это не только 2 –3 стакана, которые человек выпивает в день в условиях спокойной, будничной обстановки. Во время работы в горячих цехах, в условиях жаркого климата суточная норма питьевого рациона увеличивается до 10 – 11 л.

Однако гигиеническое значение воды не исчерпывается лишь ее физиологической ролью. **Большое количество воды необходимо для санитарных и хозяйственно бытовых целей.** Использование воды в достаточном количестве способствует развитию гигиенических навыков, в результате чего поддерживаются бактерицидные свойства кожи; и она служит барьером от внедрения возбудителей многих инфекций.

Санитарное состояние **лечебно-профилактических учреждений** также в большой степени зависит от количества и качества потребляемой воды. Рациональное централизованное водоснабжение – важное условие предупреждения внутрибольничных инфекций.

В широких масштабах воду используют для проведения **оздоровительных и физкультурных мероприятий (плавательные бассейны), а также в гидротерапии.** Человек заглатывает воду не только при питье, но и при приеме душа, умывании, чистке зубов и т.д. Довольно частые жалобы населения на зуд кожи, ее сухость и покраснение, а также развитие дерматитов связаны с использованием в гигиенических целях воды систем горячего водоснабжения. Это объясняется тем, что в процессе водоподготовки применяется большое количество химических реагентов для умягчения, стабилизации воды и антикоррозионной защиты систем водоснабжения. Необходим жесткий контроль качества и дозировки реагентов.

Доброкачественная (питьевая) вода в городском водопроводе – это санитарное благополучие **пищевой промышленности**, в которой питьевая вода расходуется не только в основных технологических процессах, но и в ряде вспомогательных. Так, удельный расход питьевой воды при производстве молочных продуктов составляет 1 т на 1 т сырого молока; на производство 1 банки овощных консервов расходуется до 40 л воды. Питьевая вода – это и основа различных напитков.

Безопасность продуктов питания – одна из актуальных задач общественно-го здравоохранения во всем мире. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), от заболеваний, распространяющихся через пищу, страдает не менее 5 – 10% населения.

В большинстве разнообразных **производственных процессов** вода является незаменимым помощником. Она используется, например, в **качестве теплоносителя, хладагента, для смазки, в качестве растворителя, наконец, как гидротранспорт.** В паротурбинных электростанциях **используется ее расширительная сила**, в атомных реакторах применяется ее свойство **как изолирующего агента от вредного излучения.** Почти везде эту работу может выполнять только вода и никакое другое вещество, благодаря ее уникальным физико-химическим свойствам. Она незаменима. В зависимости от воды растет или снижается наш жизненный уровень.

Важна роль воды и в поддержании **чистоты улиц, территории промышленных предприятий.** В большом количестве вода требуется для **поливки зеленых насаждений**, благоприятно влияющих на микроклимат города и имеющих немаловажное психогигиеническое значение для человека.

Мы воспринимаем как само собой разумеющееся тот факт, что вода является важнейшим компонентом нашей жизни. В нашем технократическом обществе благополучия эти «само собой разумеющиеся» истины должны быть хорошо осознаны каждым его членом. Современный человек должен ценить и бережно относиться к тем богатствам, которыми его одарила природа.

2.2. Влияние недоброкачественной воды на здоровье населения

2.2.1. Роль воды в распространении инфекционных заболеваний

Тот факт, что вода может стать причиной массовых болезней, был известен с древних времен. С развитием микробиологии было установлено, что в этих случаях вода выступала как фактор передачи среди людей **патогенных микроорганизмов – возбудителей кишечных инфекций**. Несмотря на несомненные успехи профилактической и лечебной медицины, эпидемиологическая роль воды в передаче кишечных инфекций остается актуальной и в наши дни. При этом со временем изменяется соотношение тех или иных болезней, но общее количество заболевших в результате потребления недоброкачественной воды остается высоким. Главным образом речь идет об инфекционных болезнях, **вызываемых сальмонеллами, кишечной палочкой, золотистым стафилококком**.

Кроме того, с водой передаются **холера, брюшной тиф, дизентерия**. Заболевания брюшным тифом в последние годы не регистрируются, а оставшаяся низкая заболеваемость связана не с водным, а с контактным путем передачи. Заболеваемость дизентерией водного происхождения остается высокой. Сравнительно «молодая» (первая эпидемия описана в 1943 г.) болезнь - **вирусный гепатит А** является самой грозной болезнью которая, как правило, переходит в хроническую форму или цирроз печени, также в большом количестве случаев передается водным путем.

Большой удельный вес среди эпидемических болезней, передающихся через воду, занимают так называемые **острые кишечные инфекции (ОКИ)** не установленной этиологии. Конечно, в каждом случае ОКИ имеется тот или иной этиологический агент, возбудитель, и его «неустановленность» – следствие недостатка или плохой работы диагностических лабораторий. Известно, что для кишечных инфекций характерен орально-фекальный путь передачи. Другими словами, кишечной инфекцией можно заразиться лишь в том случае, если в организм с тем или иным фактором передачи поступит какое-то пусть микроскопически малое, количество выделений больного или бактерионосителя. Основные факторы передачи кишечных инфекций – пищевые продукты и вода.

В последние годы во многих странах описаны вспышки заболеваний населения, вызванных паразитами – **лямблиями и криптоспоридиями**. Цисты лямблий и криптоспоридий обладают более выраженной по сравнению с вирусами и бактериями устойчивостью к действию веществ, применяемых для обеззараживания питьевой воды.

Нарушение санитарных правил и требований при организации водоснабжения, а также в процессе эксплуатации водопровода влекут за собой санитарное неблагополучие, и в первую очередь, рост инфекционной заболеваемости населения. Как показывают практические наблюдения, **наиболее частые причины распространения инфекций водным путем** – недостаточная обработка питьевой воды на водопроводах, изношенность водопроводной сети и нарушения правил ее эксплуатации, низкое исходное качество воды источника водоснабжения, бактериальное загрязнение воды в зонах санитарной охраны питьевых водопроводов. Низкое качество, подаваемой питьевой воды нередко связано со слабым контролем за системами водоснабжения, как со стороны ведомственной службы, так и со стороны органов государственного санитарно-эпидемиологического контроля. Кроме микробиологического немаловажное значение для здоровья человека имеет химический состав питьевой воды.

2.2.2. Влияние химического состава воды на здоровье и условия жизни человека

В связи с интенсивным загрязнением источников водоснабжения, особенно в индустриально развитых регионах, влияние химического состава потребляемой воды на здоровье человека возрастает. В отличие от микробного фактора, воздействие которого чаще всего проявляется в виде эпидемических вспышек заболеваний, неблагоприятное влияние химического фактора может быть обнаружено не сразу, а спустя некоторое, порой достаточно продолжительное время. Причина состоит как в воздействии низких концентраций, не способных вызвать острое отравление, так и в особенностях химической структуры вещества. Оба эти обстоятельства обуславливают хроническое развитие процесса интоксикации.

Токсическое воздействие химических веществ может проявляться не только при оральном поступлении их с водой, но и при всасывании воды через кожу в процессе гигиенических (душ, ванна) и оздоровительных (плавательный бассейн) процедур. Опасность неблагоприятного воздействия воды, содержащей некоторые химические соединения, в бытовых условиях порой выше, чем при контакте с ними в производственных условиях. Этому способствует высокая площадь контакта с водой кожных покровов (80–100%), повышенная потенциальная опасность интоксикации у детей (в особенности первого года жизни) в связи с лучшей способностью к всасыванию детской кожи и более высокой токсичностью веществ для детского организма.

Под действием химических веществ *изменяются органолептические показатели качества воды* – запах, привкус, окраска, мутность, способность к пенообразованию, пленкообразование. Нельзя не учитывать *и эстетическое воздействие неблагоприятных органолептических свойств воды.*

Таким образом, *взаимодействие химического агента, находящегося в питьевой воде, с организмом проявляется в двух направлениях – непосредственных токсических эффектах и изменении органолептических свойств воды.*

Предельно допустимая концентрация (ПДК) химического вещества в воде – это максимальная концентрация, при которой потребление воды человеком для питьевых и бытовых нужд в течение всей его жизни прямо или опосредованно (через изменение органолептических свойств воды) не вызывает отклонений в состоянии организма выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций и обнаруживаемых современными методами исследования сразу или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений, а также не ухудшаются гигиенические условия водопользования населением.

Кроме гигиенических существуют **рыбохозяйственные нормативы**, содержания химических веществ в воде. Последние предусматривают безвредные концентрации загрязняющих веществ для рыб.

Санитарно-эпидемиологической службой России утверждено в настоящее время более 2000 нормативов – предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде, которые применяют в практике государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Обладая свойствами универсального растворителя, вода постоянно несет большое количество ионов, состав и соотношение которых определяются условиями формирования воды источника, составом водовмещающих пород. Большое влияние на состав природных вод, как поверхностных, так и подземных (в том числе и дренажный) сток с сельскохозяйственных полей, эксфильтрация с территорий промышленных отвалов, накопителей промышленных стоков.

В природных водах, используемых в питьевом водоснабжении, обнаружено более 80 элементов периодической системы Д.И. Менделеева. Присутствие этих элементов в природных водах, не имеющих техногенного загрязнения, обусловлено естественными процессами формирования их состава при взаимодействии в системе вода – порода. Многие элементы могут достигать значительных концентраций.

В современной науке о воде принято считать, что “нет мигрирующих элементов”, а есть гидрогеохимические условия, неблагоприятные (или благоприятные) для водной миграции элементов. Например, при увеличении концентрации фтора в подземных водах формируются высокие концентрации бериллия и многих редкоземельных элементов-комплексобразователей. При значительной концентрации органических веществ и снижении окислительно-восстановительного потенциала формируются высокие концентрации железа и марганца. В соответствии с новыми нормами СанПиН 2.1.4.559-96 “Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества”, обязательному определению подлежат все элементы-комплексобразователи (бериллий, ртуть, кадмий, свинец, ртуть, никель, марганец, железо, алюминий, медь, цинк). Конечно, многие из них имеют высокую биологическую активность или значительно изменяют органолептические свойства воды, но в то же время, по их концентрациям специалисты – гидрохимики могут прогнозировать присутствие в воде других соединений и элементов.

3. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

3.1. Водопотребление в Мире

Вопросы обеспечения населения питьевой водой надлежащего качества, предотвращения загрязнения водных объектов, рационального использования водных ресурсов, в условиях все ухудшающегося экологического состояния поверхностных и подземных источников питьевого водоснабжения, являются сегодня как никогда актуальными. ***Проблема чистой воды – глобальная проблема современности.***

Неудовлетворительная ситуация по обеспечению населения доброкачественной водой в нужных количествах еще более усугубляется при стихийных бедствиях, крупных аварийных ситуациях на АЭС, производственных катастрофах, связанных с комплексным загрязнением водоисточников радионуклидами, тяжелыми металлами, нефтепродуктами, хлорорганическими соединениями, патогенными микроорганизмами и другими загрязнителями.

По оценкам ВОЗ, ***80% всех заболеваний – результат употребления экологически грязной воды:*** ежегодно от передающихся через воду болезней на Земле умирает около 5 млн. человек. Более 500 млн. человек (каждый десятый житель планеты) страдает от потребления некачественной воды и продуктов питания. 22% отбираемых в Мире проб питьевой воды не отвечает гигиеническим требованиям по санитарно-химическим и 12.3% по микробиологическим показателям.

Антропогенная деятельность стала важным фактором изменения водного баланса и загрязнения гидросферы. В результате интенсивного хозяйственного водопользования загрязнению подвержены практически все водоемы и реки планеты.

Наряду с проблемой качества потребляемой воды существует и проблема дефицита пресной воды. Человечество потребляет на свои нужды огромное количество пресной воды. Основными ее потребителями, как известно, являются сельское хозяйство, промышленность и жилищно-коммунальный сектор. В современных условиях возрастающего комфорта значительно увеличиваются потребности в воде на коммунально-бытовые нужды. ***Объем потребляемой воды для этих целей зависит от гео-***

графии региона и уровня жизни и варьируется от 3 до 700 л на одного человека в сутки. Среднеевропейский уровень водопотребления составляет 200 л. В Москве, например, на одного жителя приходится 650 л, что является одним из самых высоких показателей в мире и сопоставимым с удельной нормой водопотребления в Нью-Йорке. В отдельных регионах планеты высокие нормы водопотребления приводят к кризисной ситуации нехватки питьевой воды. Например, *в Испании*, где уровень водопотребления составляет 300 л в день, в летнее время максимального наплыва туристов, ситуация нехватки питьевой воды стала реальностью. Население побережья Коста Брера уже несколько лет во время курортного сезона вынуждено снабжать себя расфасованной *бутилированной водой*. Средиземноморское побережье Испании, застроенное отелями, виллами, бесконечными бунгало, каждый со своим бассейном, практически уже не располагает ресурсами чистой питьевой воды. Самая сложная ситуация – на Балеарских островах, где воду из под крана вообще пить не рекомендуется. За последние десять лет в Испании вдвое увеличилось потребление воды в бутылках по цене примерно 20 центов за литр – то есть не дешевле вина, пива и кока-колы. Для многих испанцев потребление бутылочной воды превратилось в символ материального благосостояния. В Валенсии работают своеобразные *банки питьевой воды*, со своими банкоматами. Жители могут брать до 5 литров в день. Жители миллионного города Севильи смирились с ситуацией, что в засушливые годы в ночное время воду отключают до самого утра. Нехватка пресной воды остается в Испании самой острой экологической проблемой. Выведены из эксплуатации и простаивают около тысячи очистных сооружений. По этой причине очистке подвергается лишь 40% сточных вод. Сегодня, никому и в голову не придет окунуться в реку Мансанарес, в том месте, которое по традиции еще носит название «Мадридский пляж».

Проблемы неудовлетворительного состояния водоисточников, дефицита воды питьевого качества, токсичного влияния антропогенных загрязнителей на состояние экосистем водоемов и здоровье населения являются сегодня для большинства стран Мира созвучными и требуют незамедлительного решения.

3.2. Состояние водных ресурсов и проблемы водопотребления в России

В последние годы проблема питьевого водоснабжения в России резко обострилась. Она приобрела кризисный характер в Приморском крае, в республиках Калмыкия, Бурятия, Архангельской, Калининградской, Ярославской и ряде других областях. В республике Мордовия, Астраханской, Волгоградской, Курской, Оренбургской и Ярославской областях имеет место дефицит доброкачественной питьевой воды.

По данным Минздрава России, почти половина населения страны вынуждена пользоваться недоброкачественной водой. *В России 70% поверхностных вод потеряли питьевое качество; опасно загрязнены 30% всех подземных вод.*

Причины такой ситуации заключаются в следующем:

– в несовершенстве существующих технологий, применяемых на водопроводных станциях и не обеспечивающих очистку природных вод, сильно загрязненных веществами антропогенного и природного происхождения (тяжелые металлы, нефтепродукты, биогенные элементы – соединения азота и фосфора, хлорорганические соединения, СПАВ, фенолы, пестициды и др.) до требуемых показателей;

– в аварийном состоянии 40% сетей водопровода, в результате чего питьевая вода в них подвергается вторичному микробному загрязнению;

– в недостаточной мощности, а в отдельных случаях – в отсутствии очистных сооружений в системах водоотведения городов и предприятий промышленности и сель-

ского хозяйства, что приводит к сбросу ненормативно очищенных сточных вод в поверхностные водоисточники и загрязнению последних;

- в отсутствии или недостаточной мощности, систем оборотного водоснабжения, что приводит к нерациональному использованию водных ресурсов, к завышенному забору природных вод для технологических целей и сбросу значительного количества сточных вод в водоисточники;

- в отсутствии высокотехнологичных хранилищ и полигонов твердых и жидких отходов и не утилизируемых органических осадков сточных вод, что, в свою очередь, является причиной загрязнения подземных вод.

Острота ситуации с питьевой водой вынуждает административные органы и специалистов прежде всего заниматься вопросами питьевого водоснабжения – повышать качество очистки питьевой воды. Государственной Думой был разработан и принят **Федерального закона «О питьевой воде и питьевом водоснабжении»**, в котором впервые в нашей стране предпринята попытка правового регулирования в сфере питьевого водоснабжения. В нем предусматриваются государственные гарантии обеспечения граждан и юридических лиц питьевой водой и условия реализации этих гарантий. **Создана Федеральная программа «Обеспечение населения России питьевой водой». 1 июля 1997 года введены в действие Санитарные правила и нормы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения» (СанПиН 2.1.4.559-96).** Санитарные нормы и правила (утвержденные Департаментом ГСЭН Минздрава России) к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения предъявляются повышенные гигиенические требования, более строгие, чем действовавший ранее стандарт на питьевую воду ГОСТ 2874-82 (утвержденный Государственным комитетом по стандартам). По стандарту качество питьевой воды оценивалось по 28 показателям, а по новым нормам – по 69. Кроме того, произошло не просто увеличение числа контролируемых показателей, а еще и их ужесточение. Причем по многим загрязнителям требование одно – отсутствие их в питьевой воде. При этом новых очистных сооружений в городах России способных обеспечить более жесткие требования к качеству воды по мановению волшебной палочки не появилось, а эксплуатируемые – зачастую требуют немедленной реконструкции. Соответственно, необходимы значительные финансовые вливания в развитие технологий обеспечивающих качество потребляемой воды. Однако таким образом решаются лишь гигиенические, но не экологические задачи. **Углубление очистки питьевой воды – это борьба со следствием загрязнения водоемов, а первопричина – продолжающееся загрязнение водоемов – остается неустраненной.**

Признавая приоритетность питьевого водоснабжения, важной следует считать и задачу предотвращения загрязнения водоемов, так как только ее решение позволит, наряду с улучшением качества питьевой воды, устранить продолжающееся разрушение природных экосистем, обеспечить их восстановление. Подавляющее большинство промышленных объектов снабжено простейшими очистными сооружениями для обезвреживания сточных вод, состоящими из отстойников, нефтеловушек и механических фильтров. В большинстве случаев они спроектированы и построены два – три десятилетия назад и зачастую представляют устаревшие физически и морально конструкции. Эффективность очистки сточных вод на этих сооружениях, как правило, низкая. Их эксплуатация находится обычно на неудовлетворительном уровне, в том числе и вследствие слабого и, в большинстве случаев, лишь формального контроля со стороны надзорных органов, общей низкой технической культуры, и, безусловно - из-за отсутствия финансовых средств. Кроме этого, эти системы изначально не предназначались для глубокой очистки сточных вод, соответствующей современным нормативам.

Почти все действующие на территории Российской Федерации подобные очистные сооружения на сегодняшний день не оснащены оборудованием для финишной глубокой очистки. В результате этого на многих предприятиях нормативы **предельно допустимых сбросов (ПДС)** на очистных сооружениях не соблюдаются. Такие объекты, как нефтебазы, автозаправки, автобазы и т.п., на которых образуются сильно загрязненные сточные воды, либо вообще не имеют очистных сооружений, либо они малоэффективны, но ввиду огромного числа таких предприятий они наносят ощутимый ущерб водоемщикам. **Промышленные стоки**, возвращаясь в водоемы, **несут в себе большое количество антропогенных загрязнителей. Объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты в 2000 г., составил 54,5 км³, в том числе загрязненных 19,8 км³. Из общего объема сточных вод, требующих очистки, лишь 2,5 км³ (11%) проходят нормативную очистку.** Необходимо отметить увеличение нагрузки на водные объекты по отдельным загрязняющим веществам в бассейнах рек: Урал – азот аммонийный, железо, фосфор общий, нитриты, марганец, алюминий; Амур и Нева – марганец, магний, алюминий; Печора и Терек – марганец, медь; Дон – фенолы; Кубань – железо, магний, медь, фенолы, таннин; Обь – марганец, магний, медь, цинк; Енисей – марганец, медь; Лена – органические вещества (БПК), железо, нитриты, магний, цинк, СПАВ. В 2000 г. по сравнению с предыдущими годами количество аварий и масштабы аварийного загрязнения водных объектов несколько уменьшилось. По-прежнему наиболее характерны аварии, связанные с загрязнением водных объектов нефтепродуктами.

Казалось бы, **кризис производства** должен был остановить рост и даже снизить объемы загрязнения рек. Улучшение ситуации действительно наблюдалось в Краснодарском крае, Новгородской области, Санкт-Петербурге, а также в Красноярском крае. Кроме того, практически полное прекращение использования ядохимикатов и резкое сокращение применения удобрений в сельском хозяйстве заметно улучшили состояние многих, особенно малых, водоемов. Глубокая депрессия золотодобычи облегчила ситуацию на многих реках Сибири и Дальнего Востока. Однако сложилась парадоксальная ситуация – в отдельных регионах России, например в Ростовской и Воронежской областях в 1991-1996 гг. действительно наблюдался спад производства, но масштаб загрязнения за эти пять лет в первой вырос на треть, а во второй – на две трети. Факт объясняют две причины. Во-первых, **выросла «грязность производства».** Оборудование устарело и не ремонтируется вовремя, сырье используется подешевле, поэтому часто оно содержит повышенное содержание вредных веществ, системы водоочистки находятся тоже в кризисе – те же проблемы с оборудованием, закупкой необходимых реактивов для очистки и т.д., и т.п. Во-вторых, в городах **возникла масса мелких часто «теневых» производств**, дающих обильные вредные сбросы (кожевенное и т.п.). Работая полукустарно, они сбрасывают воду без предварительной очистки либо прямо в водоемы, либо в городскую канализацию. Но городская канализация не приспособлена для очистки таких вод, что в свою очередь ведет к ухудшению работы ее систем очистки. **Резко ухудшилось состояние подземных вод**, 30 % которых сегодня опасно загрязнены. Отсутствие высокотехнологичных хранилищ и полигонов твердых и жидких отходов и не утилизируемых органических осадков сточных вод, является основной причиной загрязнения подземных вод. На территории страны в отвалах и хранилищах накоплено около 80 млрд. т твердых отходов. Особую тревогу вызывают токсичные отходы, общее количество которых в 1998 г. достигло 1.6 млрд. т.

В 2000 г. основными направлениями водохозяйственной деятельности Министерства природных ресурсов России были строительство, реконструкция и капитальный ремонт гидротехнических сооружений, регулирование режимов водохозяйственных систем, регулирование использования и охрана вод. В 2000 г. забор воды из ис-

точников составил 87,38 км³, из которых для нужд отраслей экономики использовано 67, 95 км³. Для обеспечения рационального использования ресурсов РФ в 2000 г. Министерством природных ресурсов России пересмотрены и утверждены лимиты водопользования (поверхностные, морские, подземные воды) для субъектов Российской Федерации по бассейнам рек в объеме 97,87 км³ или 99,47% к 1999 г.

3.3. Ситуация в водоснабжении и водоотведении Алтайского края

Аналогична и ситуация в Алтайском крае. *Одна из главных проблем края - загрязнение поверхностных и подземных вод в результате неорганизованных сбросов.* Согласно данным мониторинга наблюдается ухудшение качества поверхностных водных объектов по гидрохимическому состоянию в черте городов Барнаула и Рубцовска, что связано с *ростом объема сбрасываемых сточных вод и увеличением сброса количества загрязняющих веществ с 74072,04 т в 1999 году до 76227,54 т в 2000 г.*

Объем сброса загрязненных сточных вод (без очистки и недостаточно очищенных) в поверхностные водные объекты в 1999 г составил 31.9 млн. м³. Согласно отчетности по форме 2ТП-Водхоз за 2000 год, в поверхностные водные объекты было сброшено сточных вод – 267 млн. м³, в том числе загрязненной – 30,37 млн. м³.

На территории края находится 45 предприятий, имеющих собственные выпуски промышленных и ливневых сточных вод в поверхностные водные объекты, сброс загрязняющих веществ которых осуществляется на основании расчетов, представленных в Проектах нормативов ПДС. Основными источниками загрязнения водных объектов являются предприятия нефтехимической промышленности, машиностроения, теплоэнергетики, ЖКХ, переработки сельхозпродуктов.

Установлено, что через организованные источники в поверхностные водные объекты края ежегодно сбрасывается от 20 до 127 тыс. тонн загрязняющих веществ, с неорганизованными сбросами, по самым скромным подсчетам, загрязнений поступает никак не менее. Без очистки сбрасываются хозяйственно-бытовые воды до 200 м³/сут. в реки Пивоварку и Барнаулку в г. Барнауле, в реку Каменку в районном центре Алтайское, в промышленно-ливневые выпуски заводов «Трансмаш», «Шинный» (г.Барнаул), «Полиэкс» (г.Бийск). Около 40% ливневых сточных вод промышленных предприятий сбрасываются в водоемы без достаточной очистки и использования в системах оборотного водоснабжения: КХВ, БШЗ, Станкостроительный завод, Трансмаш, АТИ, РТИ, АМЗ, Сибэнергомаш, Бийский олеумный завод, «Полиэкс», «Сибприбормаш», «Барнаульская ТЭЦ-2», «Бийская ТЭЦ-1», Славгородский химзавод, «Кучук-сульфат», «Овчинниковский мясокомбинат», Алтайский маслосырзавод и др. Все это, безусловно, отражается на состоянии рек, населяющих водоемы гидробионтов, а также на здоровье населения Алтайского края.

Городские очистные сооружения, куда направляются стоки с промпредприятий, также не в состоянии до конца решить задачу полной очистки до требуемых нормативов. Разберем ситуацию на примере города Барнаула. *Вся система канализационных очистных сооружений КОС-1 и КОС-2 г. Барнаула на этапе проектирования рассчитывалась на прием и очистку сточных вод от населения.* Прием промышленных сточных вод в систему городской канализации возможен только *после локальных очистных сооружений*, когда они из категории «промышленных стоков» перейдут в категорию «условно чистых вод», чтобы специфическими загрязнениями не вывести из строя систему биологической очистки КОС. С этой целью для промышленных предприятий введены единые нормы допустимых концентраций загрязняющих веществ, разрешенных для сброса в городскую канализацию. В связи с изменением экономической ситуации многие предприятия города переквалифицировали свою производствен-

ную направленность, сократили объем производства, сдали не востребуемые площади предприятиям малого бизнеса. По мнению многих руководителей, эксплуатировать локальные очистные сооружения, содержать лабораторию контроля за стоками стало невыгодно, так как все затраты ложатся на себестоимость продукции. В результате, большинство локальных очистных сооружений выведены из технологического процесса ОАО «АЗА», ОАО «Синтволокло», ОАО «Геофизика», ОАО «Радиозавод», ЗАО «КХВ», ОАО «Завод мехпрессов», все автотранспортные предприятия города. В то же время на предприятиях появляются арендаторы, чья деятельность вносит дополнительные загрязнения - колбасные, пельменные, деревообрабатывающие цеха на таких предприятиях как: ОАО «Станкостроительный завод», ПО «Алмаз», ОАО «Синтволокло», ЗАО «Механизатор», ЗАО «Алтайспецтранс», ЗАО «Мебельная фабрика» и др. Имея свои основные и дополнительные производства, руководители предприятий не знают в полной мере о тех объемах загрязняющих веществ, которые без очистки попадают в систему городской канализации.

Содержание нефтепродуктов, фенолов, тяжелых металлов, формальдегида, СПАВ на выпусках сточных вод промышленных предприятий превышает ПДС в 10–15 раз, а вводе водоемов ниже городов Барнаула, Бийска и Рубцовска превышает в 2–5 раз. Чаще всего в воде водоемов регистрируются нефтепродукты от 2 до 4 ПДК, фенолы от 3 до 5 ПДК. Средняя БПК от 2 до 4 мг/л. ХПК от 15 до 35 мг/л.

Несмотря на то, что в июне 2001 года статус реки Обь в черте городов Барнаула, Бийска, Камня на Оби, Рубцовска изменен с водоема «рыбохозяйственного назначения высшей категории» на водоем «хозяйственно-питьевого назначения», показатели предельно допустимых сбросов по-прежнему, в отдельных случаях, остаются недостижимы, так как уровень физического износа сооружений КОС-1 достиг критической отметки, состояние очистных сооружений аварийное.

ЗАО «Водоканал-Барнаула» выход из создавшейся критической ситуации видит в следующем. На первом этапе одно из важных мероприятий – предъявление промышленным предприятиям требований к сточным водам, сбрасываемым в систему городской канализации. Для выполнения этих требований на промышленных предприятиях должны быть построены локальные очистные сооружения. **Второй этап** достижения ПДС предусматривает оптимизацию процесса осаждения с помощью флокулянтов, внедрения каталитического окисления на стадии биологической очистки, доочистку биологически очищенных стоков на фильтрах с песчаной загрузкой. Все это предполагает реконструкцию существующих канализационных очистных сооружений.

Качество воды коммунальных водопроводов значительно лучше ведомственных, но в 2000 году не отвечало требованиям СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода» по микробиологическим показателям – 3,7%; по санитарно-химическим показателям – 19,5%.

Основной объем воды для питьевых целей города Барнаула забирается из реки Обь. Благодаря тому, что географически город расположен в верхнем течении реки, качество воды в ней зимой довольно хорошее, однако с наступлением весны и таянием снега происходит интенсивное загрязнение реки разнообразными веществами. Кроме того, проблема водоподготовки обостряется ввиду критического технического состояния гидротехнических сооружений и возрастающей антропогенной нагрузки загрязняющих веществ.

Водопроводные очистные сооружения г. Барнаула, построенные в 1965 – 66 гг., рассчитаны на очистку от загрязнений природного характера, а не антропогенного, поэтому в принципе не могут гарантированно обеспечить население и предприятия водой питьевого качества, тем более с учетом их физического состояния. Даже в тех случаях, когда головные сооружения водопровода обеспечивают надлежащую

очистку воды, к потребителю последняя поступает с *букетом вторичных загрязнений*, появляющихся в процессе транспортирования ее по протяженным водопроводным сетям, техническое состояние которых весьма плачевно.

Износ сетей и оборудования водопроводно-канализационного хозяйства города в настоящий момент составляет свыше 70 %. Это одна из главных причин роста числа аварий на сетях и сооружениях водопровода и канализации. Тем более процесс осложняется во время паводка. Ежегодно работа очистных сооружений водопровода в паводковый период превращается в непрерывный аврал. Происходит резкое и значительное ухудшение качества исходной воды в реке Оби. Так, значительные отклонения от нормы имеются по взвешенным веществам (до 300 мг/л), максимальная мутность воды наблюдается в половодье и достигает 200 мг/л, с повышением мутности связано и повышение уровня бактериальных загрязнений – коли-индекс возрастает с 620 до 240 тысяч единиц, ухудшаются и другие показатели качества воды.

Большой положительный эффект в повышении качества воды был достигнут с началом освоения технологии применения флокулянта ВПК- 402 взамен коагулянта сульфата алюминия. Практически отсутствуют в питьевой воде вредные примеси – железо, марганец, алюминий, уменьшился объем осадка, повысилась культура производства, оборудование не подвергается столь значительному коррозионному воздействию, часть его вообще выведена из технологического процесса.

В соответствии с постановлением администрации края № 525 от 24 августа 1998 года, *разработана краевая программа «Обеспечение населения Алтайского края питьевой водой»*. Государственным заказчиком выступил Комитет природных ресурсов, основным исполнителем – ОАО «Алтайводпроект». Программа является составной частью федеральной программы и разработана на основе имеющихся материалов с учетом представленной в 1998 г. администрации городов и районов края информации о состоянии систем водоснабжения и предложений по их развитию. Концепция программы предусматривает полное решение проблемы обеспечения населения качественной питьевой водой до 2010 года.

3.4. Медико-экологические аспекты водных ресурсов Алтайского края

Алтайский край относится к региону, в котором сложилась группа предпосылок биогеохимических эндемий недостаточности и избыточности. Известно, что немаловажным для здоровья населения является *химический состав питьевой воды*.

К числу наиболее актуальных в Алтайском крае относятся *болезни печени и почек*. Согласно данным краевого Бюро медицинской статистики, в регионе сложились *стабильные очаги урокалькулеза*. Специалистами приводятся сведения по *зависимости мочекаменной болезни от качества питьевой воды в отдельных регионах Алтайского края (приложение 1)*. Воды с повышенным солесодержанием нарушают состояние желудочно-кишечного тракта, мочевыделительной системы. Выявлено что во многих районах края солесодержание превышает нормативные показатели. В районах Баевском, Благовещенском, Волчихинском, Завьяловском, Панкрушихинском, Поспелихинском, Родинском, Рубцовском, Егорьевском, Тюменцевском, Усть-Пристанском основные показатели составили:

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| - по жесткости | от 10,0 до 46,8 мг.экв/л; |
| - по общей минерализации | от 1000 до 3649 мг/л; |
| - по содержанию железа | от 1 до 11,5 мг/л; |
| - по содержанию хлоридов | от 350 до 1140 мг/л; |
| - по содержанию сульфатов | от 500 до 1763 мг/л. |

Показатели заболеваний почек и мочеточников за последние три года в названных районах превышают краевой уровень в 1,5 - 2 раза.

Наибольшее опасение вызывают районы, в которых сложилась устойчивая тенденция к росту числа заболевших: Баевский, Бурлинский, Заринский, Каменский, Крутихинский, Михайловский, Павловский, Ребрихинский, Смоленский, Тогульский, Хабаровский. Так показатель заболеваемости на 100 тыс. населения возрос в период 1996 по 1998 гг.: в Смоленском районе с 757,6 до 988,67 ; в Немецком районе – с 707 до 939,57 человек. В абсолютных цифрах число заболевших наиболее велико в возрастной группе 18 лет и старше. Вместе с тем, в Немецком районе число детей от 0 до 14 лет составило 2,5% от общего числа больных.

В Институте Водных и Экологических Проблем СО РАН составлены карты по медико-географической оценке условий возникновения желчекаменных болезней, урокалькулеза, патологии печени и почек, обусловленных уровнем минерализации поверхностных и подземных вод. Согласно существующим медицинским данным по заболеваемости населения Алтайского края почечнокаменной и желчекаменной болезнями максимальная степень риска характерна для бассейнов с высоким содержанием в поверхностных водах минеральных соединений. Высокая степень минерализации воды прослеживается для физико-географических районов Кулундинской и Южно-Приалейской провинции.

Результаты проведенного анализа позволяют считать, что жесткость питьевой воды является одним из многочисленных факторов, способствующих образованию мочевого камня у человека. Данная проблема диктует не только необходимость гигиенической оценки жесткости питьевой воды с учетом ее неблагоприятного влияния на функциональное состояние организма и здоровье населения указанных районов, но и кардинального решения вопроса о снабжении данного населения питьевой водой, отвечающей требованиям СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода».

Имеются также данные о **неблагоприятном влиянии мягких вод отличающихся дефицитом кальция и магния, на уровень сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности.**

Известно влияние **избытка фтора** в питьевой воде на развитие заболевания, признаком которого является пятнистость эмали, остающаяся на всю жизнь. Но это только внешнее проявление болезни. Одновременно оно вызывает общее поражение организма, при котором наблюдается нарушение окостенения скелета у детей, изменения в мышце сердца и в деятельности нервной системы. **Недостаток фтора** в рационе способствует развитию кариеса зубов, широко распространенного заболевания – основной причины потери зубов в юношеском и зрелом возрасте. Кариес зубов значительно учащается у населения, пользующегося водой с низкой концентрацией фтора.

В местностях, где для питьевых целей используется вода глубоких подземных горизонтов **с повышенным содержанием стронция**, при массовых медицинских обследованиях детей, выявлены нарушения развития костной ткани, проявляющиеся в задержке развития зубов, снижении процента детей с гармоничным физическим развитием. Отмеченная патология является отражением известного из биохимии факта конкурентных отношений стронция и кальция при распределении в организме.

Таким образом, связи между качеством питьевой воды и заболеваемостью населения представляются весьма сложными, порой неоднозначными. Однако проблема влияния состава питьевой воды на здоровье населения существует и нуждается как в дальнейшем изучении, так и в разработке и проявлении соответствующих профилактических мероприятий.

Существует еще одна проблема. Поверхностные воды с высоким содержанием органических веществ (гуминовые и фульвиновые кислоты) согласно требованиям во-

доподготовки подвергаются обеззараживанию с использованием **методов хлорирования**. В результате такого технологического процесса в водной массе образуются высокотоксичные хлорорганические соединения, отнесенные к группе **тригалометанов**. Конечным продуктом такого химического обеззараживания водных источников является четыреххлористый углерод. Он по соответствующей классификации отнесен к категории второго уровня токсикологической опасности, как и многие хлорированные пестициды. Постоянное потребление человеком обеззараженных хлорированием вод приводит к накоплению хлорированных органических соединений в организме, имеющих канцерогенные и мутагенные свойства, и поэтому должно рассматриваться как фактор хронического отравления организма.

В ряде районов Алтайского края сложилась неблагоприятная эпидемиологическая обстановка по **группе желудочно-кишечных инфекций**. Пик роста по этой группе болезней приходится на летне-осенний период года. Основным фактором передачи эпидемиологического неблагополучия считаются коллективные и индивидуальные источники водопользования. По данным главного государственного санитарного врача края, на территории Алтайского края из имеющихся 1086 сельских водопроводов более половины эксплуатируются с крайне неудовлетворительным санитарно-техническим состоянием сетей и сооружений, без герметизации устьев скважин, профилактических ремонтов, промывки и дезинфекции. Из 3305 подземных источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения 335 (10%) скважин не имеют ограждений зон санитарной охраны 1-ого пояса. Также причиной загрязнения водоносного горизонта могут быть не затампонируемые бездействующие скважины; их в крае около 200. В результате изложенного, процент нестандартных анализов по микробиологическим показателям воды водопроводов возрос с 7,56% в 1998 г. до 8,22% в 1999 г.. Большинство территорий с высокой нестандартностью воды относятся к территориям с показателями заболеваемости острыми кишечными инфекциями выше краевого: из 66 территорий в 23 районах и 2-х городах (Бийске и Рубцовске) уровень заболеваемости дизентерией превышает краевой (412 на 100 тыс. населения) в 1.3 – 2.4 раза. Показатель заболеваемости острыми кишечными инфекциями в 1999 г. возрос, по сравнению с 1998 г., в случаях на 100 тыс. населения с 274,1 до 412,6 в том числе по дизентерии с 66,1 до 153,2. В период летне-осеннего роста заболеваемости острыми кишечными инфекциями всего по Алтайскому краю пострадало 1100 человек, из них 897 – от инфекций с водным фактором передачи.

Перспективными в бальнеологическом отношении являются водоемы (солёные озера) в ложбинах древнего стока. Они обладают высоким потенциалом применения высокоминерализованных вод и грязево-сапропелевых озерных образований для лечебных и профилактических целей.

Особое место занимают районы, примыкающие к низкогорьям Алтай и Салаирского края. На этой территории получили распространение **природные источники радиации**, которые определяются проявлениями с высокой и аномальной концентрацией радона в водных источниках. На базе этих источников в районе г. Белокуриха функционирует известный российский курорт. Аналогичная радиационная обстановка характерна и для таких районов как Салаирский, Целинный, Солтонский и Красногорский.

3.5. Причины сложившейся ситуации в водопотреблении России и анализ мероприятий по защите водного бассейна

Основными причинами неудовлетворительного состояния питьевого водоснабжения являются следующие:

- отсутствие зон санитарной охраны источников водоснабжения или нарушение санитарного режима ЗСО (как правило, сброс неочищенных сточных вод в источник водоснабжения);

- дефицит мощностей сооружений по очистке и обеззараживанию воды, достигающий в некоторых регионах 30 %;

- плохая работа очистных сооружений, связанная с несвоевременным их ремонтом, нарушением технологических регламентов, перебоями в снабжении реагентами;

- недостаточная барьерная функция даже нормально работающих «традиционных» схем водоподготовки относительно современных техногенных загрязнений — как правило, органических соединений и тяжелых металлов;

- неудовлетворительное состояние распределительной сети, обусловленное использованием труб без антикоррозионной защиты, нарушением сроков замены износившихся труб, нарушением регламентов промывки сети.

Устранение перечисленных причин требует немалых капиталовложений, но их следует считать оправданными, поскольку качественная питьевая вода — один из ведущих факторов улучшения здоровья населения страны.

Анализ основных мероприятий предлагаемых учеными и специалистами по защите водного бассейна России позволяет **определить направления реконструкции действующих городских очистных сооружений и строительство локальных систем очистки промышленных предприятий как приоритетные**. В сфере решения проблем водоподготовки и очистки сточных вод необходимы наибольшая активность и естественно наибольшие финансовые вложения, которые должны составить примерно половину всех средств, предусмотренных на охрану окружающей среды.

3.6. Актуальность локальной очистки воды в России

Вода централизованного водоснабжения населенных пунктов, а также отдельных водозаборных источников (скважин, колодцев, поверхностных водоемов), как правило, нуждается в доочистке до питьевого качества, или до качества, задаваемого технологическими требованиями конкретных потребителей (производство напитков, пищевых продуктов, вода для бассейнов и т.п.). Поэтому **существует определенная потребность в локальных установках доочистки воды, позволяющих на месте потребления производить необходимое количество воды требуемого качества**.

Не менее актуальным является разработка и установка локальных очистных сооружений, предназначенных для предварительной очистки сточных вод промышленных предприятий, в том числе предприятий малого и среднего бизнеса. Водный кодекс РФ предусматривает осуществление сброса каждым водопользователем в соответствии с рассчитанными нормативами предельно допустимых сбросов (ПДС), исходя из условий недопустимости превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) в водных объектах. Сегодня требования таковы, что по отдельным показателям сбрасываемые сточные воды должны быть чище, чем вода в водоеме.

Ознакомление с каталогами ведущих зарубежных и отечественных фирм-производителей позволяет выбрать и обсудить наиболее перспективные на наш взгляд разработки.

Одним из **лидеров в производстве оборудования тонкой очистки воды в Европе является германская фирма «Best water technology» (BWT)**, в ее ассортименте широкий спектр механических, адсорбционных и ионнообменных фильтров, обратноосмотические установки мембранной очистки, а также УФ-установки обеззараживания воды. Производителем надежных комплексов обеззараживания воды является **герман-**

ская компания WEDECO, предлагающая на рынок установки озонирования и ультрафиолетовой обработки воды.

Одну из приоритетных позиций на российском рынке оборудования и технологии очистки питьевой воды, промышленной химводоподготовки, очистки сточных вод занимает **компания «Национальные водные ресурсы» (НВР)**.

Из российских комплексов УФ-обеззараживания питьевой и сточной воды следует отметить высокоэффективные **разработки НПО «Лаборатория Импульсной техники» (ЛИТ)**.

В настоящем учебном пособии в соответствующих его разделах представлены некоторые конструкции и технические характеристики разработок этих известных во всем Мирове производителей. Представленное оборудование отличается высоким качеством и надежностью в работе, минимальной энерго- и материалоемкостью, удобством в эксплуатации, компактностью, высоким уровнем автоматизации, современным дизайном. Наряду с отмеченным оборудованием в учебном пособии будут обсуждаться конструкции других известных производителей - **российской фирмы «Экомон», производственного предприятия «Тэко-фильтр», зарубежных фирм «Meva», «Leidlein», «Flottweg», «Diemme», «Outokumpu mintec», «Huber suhner», «Noron» и многие другие.**

4. ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ, КОЛИЧЕСТВО И СОСТАВ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Сточные воды населенных пунктов образуются в результате жизнедеятельности людей - **бытовые сточные воды** (фекальные отходы, остатки пищи, моющие вещества, частицы грунта, бытовой мусор и т.п.) и в производственной сфере - **производственные сточные воды** (технологические отходы, остатки сырья и т.п.).

4.1. Бытовые сточные воды

Бытовые сточные воды в каждом населенном пункте единообразны, а именно: сточные воды от туалета (содержащие фекальные массы, бумагу, моющие вещества), ванны, стирки белья (содержащие большое количество синтетических поверхностно-активных веществ), приготовления пищи, мытья посуды, уборки помещения и т.п.

Изучение типа и количества сточных вод показало, что в среднем 15-20% всех сточных вод образуется на кухне при приготовлении пищи, мытье посуды, на ванну и душ приходится 20-25%, на туалетный смыв - до 35%, на стирку белья - до 20%. Туалетный и кухонный сток являются источником до 75% загрязнения бытовых сточных вод. Для населения, проживающего в канализованных зданиях, при отсутствии газоснабжения и централизованного горячего водоснабжения **средняя норма водоотведения** не бывает ниже 100 л на 1 человека в сутки. В зданиях с централизованным горячим водоснабжением, эта норма превышает 250 л на 1 человека в сутки. Эти нормы включают все виды бытовых сточных вод (без расходов производственных сточных вод от промышленных предприятий).

Загрязнения в сточных водах находятся в виде взвесей, коллоидов и растворов. До 40% загрязнений составляют **минеральные вещества**: частицы грунта, пыли, минеральные соли, такие как фосфаты, азот аммонийный, хлориды, сульфаты и др.

Органические загрязнения очень разнообразны и образуются за счет поступлений отходов жизнедеятельности человека и животных, поступления в воду остатков продуктов питания, сырья. В состав органических загрязнений входят жиры, белки, углеводы, клетчатка, спирты, органические кислоты и т.д.

Количество загрязнений в бытовых сточных водах, приходящееся на одного человека, определяется в основном физиологическими показателями и составляет примерно (в граммах на 1 человека в сутки):

БПК _{полн}	75
Взвешенные вещества	65
Азот аммонийный	8
Фосфаты	3,3 (из них 1,6 г - за счет моющих веществ)
СПАВ	2,5
Хлориды	9

Таким образом, концентрация загрязнений зависит только от величины водоотведения, которая соответствует степени благоустройства жилья.

Особый вид загрязнения бытовых сточных вод - **бактериальный**. Сточные воды содержат большое количество бактерий, в том числе патогенных, и вирусов. **Патогенные бактерии приспособлены к существованию в организме человека, животных, птиц.** Попадая в сточные воды (или непосредственно в водоем), часть этих бактерий гибнет из-за отсутствия специфического субстрата или оптимальной температуры. Часть бактерий сохраняет свою болезнетворную активность в сточной воде или воде водоема. В сточной воде могут содержаться туберкулезные бактерии, лептоспиры, бруцеллы, бактерии туляремии, вибрион холеры и т.п. Все эти бактерии сохраняются в воде в течение разного периода времени. **В качестве индикаторного показателя фекального загрязнения воды выбрана кишечная палочка *Escherichia coli*.** Концентрация клеток бактерий группы кишечной палочки в воде определяет степень загрязнения воды бактериями и пригодность ее для использования в качестве питьевой или для культурно-бытовых целей. Кроме бактерий в сточной воде **присутствуют яйца гельминтов**: аскариды человеческой, власоглава и др. Яйца гельминтов обладают большой стойкостью и долго сохраняются в окружающей среде. **Активный хлор в обычных для дезинфекции сточных вод дозах на яйца гельминтов не действует.** Яйца гельминтов гибнут под действием прямых солнечных лучей (от высыхания), под действием высоких температур. Установлено, что яйца аскарид гибнут при 50-55 °С через 5-10 минут, при 60 °С - через 5 минут, при 70° С - через 10 секунд.

4.2. Производственные сточные воды

В отличие от бытовых сточных вод состав производственных стоков более разнообразен и зависит от вида производства и используемых технологических процессов. Так, например, сточные воды заводов черной и цветной металлургии загрязнены большим количеством взвешенных минеральных веществ, содержат цветные металлы и железо, сульфаты, хлориды, смолы и масла, серную кислоту, железный купорос. Нефтеперерабатывающие заводы и нефтепромыслы сбрасывают нефть и нефтепродукты, хлориды, взвешенные вещества, соединения железа и сероводорода. Большую опасность представляют сточные воды коксохимических предприятий, так как кроме взвешенных веществ содержат смолы, масла, фенолы, аммиак, цианиды, роданиды, большое количество солей неорганических кислот. Одним из видов сильно загрязненных сточных вод, трудно поддающихся очистке, являются сточные воды целлюлозно-бумажных комбинатов, которые содержат растворенные органические вещества, волокно, каолин и др. Машиностроительные и автомобильные заводы сбрасывают цианиды, хром, масла и нефтепродукты, окалину. Основные загрязнители текстильных предприятий - красители, синтетические поверхностно-активные вещества.

Объем сточных вод, сброшенных промышленными предприятиями России в поверхностные водные объекты в 1996 году, составил 19,4 км³. Ниже представлено распределение этого объема (%) по отраслям:

деревообработка	19,4
химическая промышленность	18,3
электроэнергетика	14,4
черная металлургия	9,5
угольная промышленность	8,8
машиностроение	8,6
цветная металлургия	6,5
нефтепереработка	3,1
оборонная промышленность	2,3
легкая промышленность	2,0
пищевая промышленность	1,7
промышленность стройматериалов	1,7
нефтедобыча	0,3
газовая промышленность	0,1

Сточные воды промышленного предприятия содержат **специфические загрязнения, которые должны удаляться до смешения со стоками другого предприятия или населенного пункта.** Действительно, увеличение объема воды, в котором содержится отдельный ингредиент, существенно затруднит его удаление и потребует гораздо больших затрат, чем при очистке на месте образования стоков.

По этой **причине сточные воды промышленных предприятий должны подвергаться локальной очистке, основной целью которой является:**

- максимальное снижение потерь сырья со сточными водами;
- снижение потребления чистой воды;
- сокращение сброса сточных вод по объему и количеству загрязняющих веществ в водоемы;
- снижение объема вне заводских очистных сооружений и капитальных вложений в их строительство.

Многие из компонентов сточных вод промышленных предприятий содержатся в таком количестве, что из-за высокой токсичности их совместная очистка с бытовыми сточными водами невозможна.

В связи с этим разработаны **"Правила приема производственных сточных вод в системы канализации населенных мест"**, направленные на предотвращение сбоев и нарушений в работе очистных сооружений. **"Правила приема" разработаны на основе "Правил охраны поверхностных вод"** и необходимы для расчета допустимых концентраций загрязняющих веществ в производственных сточных водах, с учетом требований к качеству очищенных вод в конкретных местных условиях.

"Правила приема" содержат требования к количеству и составу производственных сточных вод, принимаемых системами канализации города для совместного отведения и очистки с бытовыми сточными водами.

При определении концентрации загрязняющих веществ, сбрасываемых в централизованную систему канализации, необходимо учитывать условия сброса очищенных вод в водоемы, эффективность удаления этих веществ на очистных сооружениях, соотношение количества бытовых и производственных сточных вод.

4.3. Требования к качеству очищенных вод и условия их сброса в водоемы

Требования к эффективности очистки сточных вод определяются общим состоянием природной среды и, в частности, качеством воды в водоемах и водотоках.

Самоочищение водоемов возможно в условиях незначительного загрязнения легкоразлагаемым органическим веществом, при рассредоточенных выпусках сточных вод. Для оценки самоочищающей способности достаточно знать санитарно-

гигиенические показатели, определить разбавление сточных вод, изучить кислородный режим водоема. Однако, при современных масштабах загрязнения водной среды, высокой плотности распределения его источников, увеличении количества и номенклатуры загрязняющих веществ проблемы самоочищения водоемов существенно обострились. **Понятие "самоочищение" подразумевает совокупность физических, химических, биологических и других процессов, приводящих к восстановлению качества воды до уровня, соответствующего водоемам и водотокам, не подвергающимся загрязнению.** В конечном счете, самоочищение - часть общеприродного процесса трансформации вещества и энергии, при котором происходит распад загрязняющих веществ до соединений, включаемых в круговорот вещества и энергии в биосфере. Если происходит снижение концентрации загрязнений в результате простого разбавления, переноса в другие районы акватории и т.п., то это нельзя считать самоочищением.

Полвека назад перед сбросом в водоем достаточно было понизить концентрацию взвешенных органических веществ при отстаивании и провести обеззараживание сточных вод. В период активного развития промышленного производства возросла антропогенная нагрузка на водные объекты, соответственно ужесточились требования к сбросу токсикантов. **В настоящее время перечень веществ, имеющих ограничение концентрации при сбросе в водоем, насчитывает более 1300 наименований. Предъявляются требования к удалению биогенных элементов, главным образом азота и фосфора. Основными документами, определяющими требования к качественному и количественному составу очищенных вод, являются:**

- СанПиН 4630-88 "Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений";
- СанПиН 2.1.5.980-00 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод";
- "Правила приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов", ГОСТы "Охрана природы. Гидросфера".

"Санитарные правила и нормы" служат для предупреждения загрязнения водных объектов, устанавливают гигиенические требования и нормативы качества поверхностных вод, регламентируют различные виды хозяйственной деятельности, которые могут оказать неблагоприятное воздействие на качество воды в водоемах.

Водоемы и водотоки, предназначенные для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения, считаются загрязненными, если показатели состава и свойств воды в пунктах водопользования изменились под прямым или косвенным влиянием хозяйственной и бытовой деятельности человека и стали частично или полностью непригодными для пользования населением. Пригодность поверхностных вод для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования определяется их соответствием требованиям и нормативам, изложенным в "Санитарных правилах и нормах".

"Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов" включает более 900 наименований веществ. Требования, предъявляемые к воде рыбохозяйственных водоемов значительно жестче, чем для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования. Так, например, ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого использования по азоту аммонийному составляет 2 мг/л, а для воды рыбохозяйственных водоемов - 0,4 мг/л; по хлоридам - 350 и 300 мг/л, соответственно и т.д.

К первой категории водоемов рыбохозяйственного использования относятся водные объекты, предназначенные для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, особо чувствительных к концентрации кислорода. Ко второй категории - использование водных объектов для других рыбохозяйственных целей.

Требования к условиям отведения сточных вод в поверхностные водоемы распространяются на:

- существующие выпуски производственных, хозяйственно-бытовых сточных вод;
- воды поверхностного стока с территорий населенных мест и производственных объектов;
- сточные воды отдельно стоящих жилых домов и производственных зданий и т.п.;
- все проектируемые выпуски сточных вод.

Учитывая, что большинство водоемов в Российской Федерации в настоящее время отнесено к рыбохозяйственным, то при разработке технологий очистки сточных вод, приходится ориентироваться на более жесткие требования, предъявляемые к этой категории водоемов. Следует отметить, что в *России по сравнению с другими странами к качеству очищенных сточных вод предъявляются наиболее высокие, часто чрезмерные требования*. Для сравнения можно привести требования и нормы на сброс городских сточных вод в некоторых странах по БПК (табл.1).

Таблица 1. Требования к качеству сбрасываемой воды в разных странах

Показатель	РФ	США	ФРГ	Великобритания	Франция	Швейцария	Бельгия
БПК ₅ , мг/л	3*	20	25	20	20-40	20	15-50

Примечание

* БПК полное

В условиях высокой загрязненности большинства водоемов России, согласно требованиям нормативов на сброс, очищенная сточная вода должна быть зачистой для питьевой.

Вместе с тем реальность такова, что в реки и другие водные объекты ежедневно продолжают поступать значительные объемы поллютантов.

Мало вероятно, что ситуация в области водопотребления кардинально изменится в ближайшие годы. Решение насущных задач требует серьезных финансовых вливаний, которые, к сожалению, не выделяются в нужном объеме.

Выбор метода очистки воды всегда является сложной оптимизационной задачей и базируется на удовлетворении не только технологических, но и экономических критериев. **Требования к качеству очищенных сточных вод должны базироваться на соответствии экологической необходимости, экономической целесообразности и технологических возможностей.**

Как известно, для осуществления полной биологической очистки сточных вод при удалении основных загрязнителей на 95% необходимы практически такие же затраты, как для глубокой очистки с удалением еще 10-12% загрязнений, то есть эффективность инвестиций в строительство сооружений глубокой очистки на порядок ниже, чем в строительство сооружений полной биологической очистки.

При разработке и проектировании очистных сооружений, важно правильно направить и без того ограниченный поток финансовых средств. Все решения должны быть обоснованы предварительными технико-экономическими расчетами.

5. НОРМАТИВЫ КАЧЕСТВА ВОДЫ

В различных аналитических лабораториях нашей страны специалисты ежегодно выполняют не менее 100 млн. анализов качества воды, причем 23 % определений заключается в оценке их органолептических свойств, 21 % — мутности и концентрации взвешенных веществ, 21 % составляет определение общих показателей — жесткости, солесодержания, ХПК, БПК, 29 % — определение неорганических веществ, 4 % — определение отдельных органических веществ. Значительное количество анализов выполняют санитарно-эпидемиологические службы.

Необходимо отметить также, что стоимость комплексного анализа качества питьевой воды за рубежом составляет около 1100 долларов.

По нормативам качества, определяющим наличие и допустимые концентрации примесей, воды подразделяют на **питьевую, природные воды (водоемов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения) и сточные воды (нормативно-очищенные, стоки неизвестного происхождения, ливневые).**

Иногда выделяют также различные виды источников водопотребления, например, водопровод, колодцы, артезианские скважины, подземные источники и поверхностные источники и др. Подобное выделение проводится в тех случаях, когда необходимо учесть специфику источника, либо когда можно ожидать какие-либо характерные способы загрязнения воды, а также пути распространения загрязнений.

Нормативы качества воды различных источников — предельно-допустимые концентрации (ПДК), ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) и ориентировочно-безопасные уровни воздействия (ОБУВ), которые содержатся в нормативно-технической литературе, составляющей водно-санитарное законодательство. К ним, в частности, относятся Государственные стандарты, различные перечни, санитарные правила и нормы СанПиН и др.

5.1. Лимитирующие показатели вредности

Лимитирующий показатель вредности — это признак, характеризующийся наименьшей безвредной концентрацией вещества в воде.

Среди нормативов качества воды устанавливаются ***лимитирующие показатели вредности — органолептические, санитарно-токсикологические или общесанитарные.***

К органолептическим лимитирующим показателям относятся нормативы для тех веществ, которые вызывают неудовлетворительную органолептическую оценку (по вкусу, запаху, цвету, пенности) при концентрациях, находящихся в пределах допустимых значений. Так, ПДК для фенола, устанавливаемая по наличию запаха, составляет 0,001 мг/л при условии хлорирования воды, и 0,1 мг/л — в отсутствие хлорирования. К органолептическим лимитирующим показателям относят также ПДК для имеющих окраску соединений хрома (VI) и хрома (III), имеющих запах и характерный привкус керосина и хлорофоса, образующего пену сульфолана и т.п.

Лимитирующие общесанитарные показатели устанавливаются в виде нормативов для относительно малотоксичных и нетоксичных соединений — например, уксусной кислоты, ацетона, дибутилфталата и т.п. Для остальных (основной массы) вредных веществ установлены ***лимитирующие санитарно-токсикологические*** показатели вредности.

5.2. Основные нормативно-технические документы водно-санитарного законодательства

ГОСТ 25151-82 «Водоснабжение. Термины и определения»;
ГОСТ 27065-85 «Качество вод. Термины и определения»;
СанПиН № 4630-88 «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений»;
СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»;
СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»;
СанПиН 2.1.4.0.27-95 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения»;
ГН 2.1.5.690-98 «Ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»
ГН 2.4.5.689-98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»;
СП 2.1.5.761-99 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» (Дополнение №1 к ГН 2.1.5.689-98 и ГН 2.1.5.690-98);
ГН 2.1.5.963а-00 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» (Дополнение №2 к ГН 2.1.5.689-98);
ГН 2.1.5.963б-00 «Ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» (Дополнение №2 к ГН 2.1.5.690-98);
«Правила пользования системами коммунального водоснабжения и канализации в Российской Федерации». - № 167 от 12 02 99.

5.3. СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения»

В основу структуры СанПиН 2.1.4.559-96 положены следующие принципы.

Первый принцип - принцип гигиенических критериев качества питьевой воды выражен в триаде требований, а именно: питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом отношении, безвредна по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства.

Второй принцип – невозможность создания эталона состава питьевой воды.

Третий принцип – региональный подход к регламентации состава питьевой воды.

Четвертый принцип – равная правовая основа всех гигиенических нормативов химических веществ при контроле качества воды.

Пятый принцип – приоритетность микробиологических критериев безопасности перед химическими.

Шестой принцип – регламентация органолептических показателей качества питьевой воды.

По структуре документ состоит из 5 разделов и 3 приложений.

Первый раздел «Область применения» распространяется лишь на питьевую воду, производимую и подаваемую централизованными системами питьевого водоснабжения населенных мест.

Во втором разделе «Нормативные ссылки» указаны законодательные акты, на основании которых разработаны санитарные правила, и нормативные документы, использованные при их подготовке.

В третьем разделе «Общие положения» Сформулирован принцип регионального подхода к регламентации качества питьевой воды, учитывающий природные особенности состава воды источника водоснабжения и спектр антропогенных воздействий, характерных для конкретной системы водоснабжения, на основе единых государственных нормативов качества воды и единой методики ее контроля.

Четвертый раздел «Гигиенические требования и нормативы качества питьевой воды» по своему содержанию существенно отличаются от аналогичного раздела ранее действовавшего ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая», как в части гигиенических требований, так и в части нормативов по качественному составу питьевой воды.

В пятом разделе «Контроль качества питьевой воды» определен порядок производственного контроля и государственного санитарно-эпидемиологического надзора за качеством питьевой воды.

Безопасность питьевой воды **в эпидемическом отношении** определяется ее соответствием нормативам по **микробиологическим и паразитологическим показателям (приложение 2)**. Безвредность питьевой воды **по химическому составу** определяется ее соответствием химическим показателям (приложение 2).

Химические показатели подразделяются на следующие группы:

- обобщенные показатели и содержание вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах РФ;
- вещества антропогенного происхождения, получившие глобальное распространение;
- вредные вещества, поступающие и образующиеся в процессе обработки воды в системе водоснабжения;
- благоприятные органолептические свойства воды.

5.4. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»

СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» содержат **семь разделов и два приложения**.

Нормы устанавливают гигиенические требования:

- к качеству водных объектов в пунктах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования;
- к условиям отведения сточных вод в водные объекты;
- к размещению, проектированию, строительству, реконструкции и эксплуатации хозяйственных и других объектов, способных оказать влияние на состояние поверхностных вод.

Нормы содержат требования к организации контроля над качеством воды водных объектов.

В СанПиН 2.1.5.980-00 излагаются требования к санитарной охране водных объектов, нормативы качества воды водных объектов двух категорий водопользования:

- для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий;

- для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест.

В приложении изложены критерии выбора приоритетных региональных показателей для контроля качества воды водных объектов. В основе выбора приоритетных региональных показателей лежит принцип ориентации на вещества, в наибольшей степени опасные для здоровья населения, и наиболее характерные для, сбрасываемых в водные объекты региона, сточные воды.

Нормативы качества воды водных объектов для двух категорий водопользования представлены в приложении 3.

6. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ, ИХ ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

В настоящее время в Российской Федерации стоит вопрос не столько количества, сколько качества воды. Проникновение токсичных веществ в организм человека возможно не только при непосредственном использовании воды для питья, при приеме ванн и других гигиенических процедур, но также и при купании в воде, содержащей загрязнения. Очевидно, что когда вода отвечает по своему составу гигиеническим нормативам, она - наш друг, если же не соответствует – наш враг.

В клетках организма человека, кроме воды, содержится большая группа минеральных веществ. К ним, прежде всего, относятся различные химические элементы и соли, которые, находясь в растворенном состоянии, присутствуют в виде ионов. Отдельные минеральные компоненты входят в состав сложных органических веществ, например металлобелков. К примеру, железо включено в состав важнейшего белка - гемоглобина крови, а такие металлы как магний, марганец, медь, кобальт и другие – в состав особых белков - ферментов, которые в организме выполняют функцию биологических катализаторов, ускоряющие процессы обмена веществ. Эти жизненно необходимые элементы должны ежедневно поступать в рацион человека, в том числе и с водой. В то же время, многие другие элементы, содержащиеся в воде, оказывают отрицательное воздействие на функционирование организма.

Лет 20 –25 тому назад из неорганических веществ считались вредными соли только тяжелых металлов (ртуть, цинк, свинец, кадмий и др.), а сегодня медики-гигиенисты обращают особое внимание технологов водоподготовки и водоочистки и на другие, легкие металлы, к примеру, на алюминий, считая их в определенных дозах более токсичными для человека.

Перечень вредных веществ, которые могут содержаться в питьевой воде, их источники и характер воздействия на организм человека представлены в приложении 4.

Остановимся на основных показателях качества воды более подробно.

6.1. Органолептические показатели

Любое знакомство со свойствами воды, сознаем мы это или нет, начинается с определения органолептических показателей, т.е. таких, ***для определения которых мы пользуемся нашими органами чувств (зрением, обонянием, вкусом).*** Органолептическая оценка приносит много прямой и косвенной информации о составе воды и может быть проведена быстро и без каких-либо приборов. К органолептическим характеристикам относятся цветность, мутность (прозрачность), запах, вкус и привкус, пенистость.

6.1.1. Цветность

Цветность — естественное свойство природной воды, обусловленное присутствием гуминовых веществ и комплексных соединений железа. Цветность воды может объясняться свойствами и структурой дна водоема, характером водной растительности, прилегающих к водоему почв, наличием в водосборном бассейне болот и торфяников и др. Цветность воды определяется *визуально* или *фотометрически*. При этом, сравнивается окраска пробы с окраской условной 100-градусной шкалы цветности воды, приготавливаемой из смеси бихромата калия $K_2Cr_2O_7$ и сульфата кобальта $CoSO_4$. *Для питьевой воды этот показатель допускается не более 20 градусов по шкале цветности.*

6.1.2. Мутность

Мутность воды обусловлена содержанием взвешенных в воде мелкодисперсных примесей — нерастворимых или коллоидных частиц различного происхождения.

По мутности вода подразделяется на шесть групп:

- мутность не заметна (отсутствует);
- слабо опалесцирующая;
- опалесцирующая;
- слабо мутная;
- мутная;
- очень мутная.

Мутность питьевой воды не должна превышать 1.5 мг/л по каолину или 2.6 ЕМФ (единицы мутности по формазину).

Мутность воды обуславливает и некоторые другие характеристики воды, такие как:

- **осадок**, который может отсутствовать, быть незначительным, заметным, большим, очень большим, измеряясь в миллиметрах;
- **взвешенные вещества**, или грубодисперсные примеси. Определяются гравиметрически после фильтрования пробы, по привесу высушенного фильтра. Этот показатель имеет значение, главным образом, для сточных вод;
- **прозрачность**, измеряется как высота столба воды, при взгляде сквозь который на белой бумаге можно отчетливо различить стандартный шрифт или крест.

6.1.3. Взвешенные вещества

Под взвешенными веществами понимается количество загрязнений, которое задерживается на бумажном фильтре при фильтрации пробы. Для фильтрования загрязненных вод используется самый пористый фильтр типа «Белая лента», а при исследовании воды с загрязнением не более 25 мг/л — тонкие мембранные фильтры.

Гигиеническое значение взвешенных веществ в питьевой воде не ограничивается их влиянием на органолептические свойства (мутность). Присутствующие в исходной воде вирусы весьма малого размера (диаметр около 10^{-9} м) под влиянием электростатических сил сорбируются на мелких глинистых частицах (диаметр около 10^{-5} м) и вместе с ними переносятся с током воды. Кроме того, глинистые частицы сорбируют ионы растворенных веществ, вступая в ряде случаев с ними в ионообменные реакции.

При поступлении в организм со взвешенными частицами вирусы начинают играть роль инфекционного агента. Также, посредством взвешенных частиц, десорбируются и вступают во взаимодействие с внутренней средой организма и ионы растворенных ве-

ществ. Таким образом, питьевая вода, не удовлетворяющая гигиеническому нормативу по показателю мутности, не может считаться эпидемиологически безопасной и химически безвредной. Сказанным объясняются высокие гигиенические требования к содержанию взвешенных веществ в питьевой воде.

Из взвешенных веществ, присутствующих в воде, гигиенисты особенно выделяют частицы асбеста. Источниками поступления асбеста в воду являются месторождения асбеста, сточные воды различных предприятий, где его используют в технологическом процессе, асбестоцементные водопроводные трубы. В природной воде асбест может встречаться в концентрациях 1—10 млн. волокон в 1 л и более, мнения специалистов о токсической роли этих волокон неоднозначны, поэтому ведутся исследования по изучению влияния воды содержащей асбест на живые организмы.

6.1.4. Прозрачность

Прозрачность, или светопропускание, воды обусловлено ее цветом и мутностью, то есть содержанием в ней различных окрашенных и минеральных веществ. Прозрачность воды часто определяют наряду с мутностью, особенно в тех случаях, когда вода имеет незначительные окраску и мутность, которые затруднительно обнаружить.

6.1.5. Запах

Запах воды обусловлен наличием в ней летучих пахнущих веществ, которые попадают в воду естественным путем либо со сточными водами. Практически все органические вещества (в особенности жидкие) имеют запах и передают его воде. Обычно запах определяют при нормальной (20 °C) и при повышенной (60 °C) температуре воды.

Запах по характеру подразделяют на две группы, описывая его субъективно по своим ощущениям (табл. 2):

1) *естественного происхождения* (от живущих и отмерших организмов, от влияния почв, водной растительности и т.п.);

2) *искусственного происхождения* (вызван загрязнителями искусственного происхождения). Такие запахи обычно значительно изменяются при обработке воды.

Таблица 2. Характер запаха

Естественного происхождения	Искусственного происхождения
землистый, гнилостный, плесневый торфяной, травянистый, рыбный и др.	нефтепродуктов (бензиновый и др.) хлорный, уксусный, фенольный и др.

Интенсивность запаха оценивают по 5-балльной шкале, приведенной в таблице 3. Для питьевой воды допускается запах не более 2 баллов.

Можно количественно определить интенсивность запаха как степень разбавления анализируемой воды водой, лишенной запаха. При этом определяют «пороговое число» запаха.

Таблица 3. Определение характера и интенсивности запаха

Интенсивность запаха	Характер проявления запаха	Оценка интенсивности запаха
Нет	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Запах сразу не ощущается, но обнаруживается при тщательном исследовании (при нагревании воды)	1
Слабая	Запах замечается, если обратить на это внимание	2
Заметная	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению	5

6.1.6. Вкус и привкус

Оценку вкуса питьевой и природной воды проводят при отсутствии подозрений на ее загрязненность. *Различают 4 вкуса: соленый, кислый, горький, сладкий. Остальные вкусовые ощущения считаются привкусами (солонватый, горьковатый, металлический, хлорный и т.п.).* Интенсивность вкуса и привкуса оценивают по 5-балльной шкале, приведенной в **таблице 4**. При определении вкуса и привкуса воду не проглатывают. *Для питьевой воды допускаются значения показателей вкуса и привкуса не более 2 баллов.*

Таблица 4. Определение характера и интенсивности вкуса и привкуса

Интенсивность вкуса и привкуса	Характер проявления вкуса и привкуса	Оценка интенсивности вкуса и привкуса
Нет	Вкус и привкус не ощущаются	0
Очень слабая	Вкус и привкус сразу не ощущаются потребителем, но обнаруживаются при тщательном тестировании	1
Слабая	Вкус и привкус замечаются, если обратить на это внимание	2
Заметная	Вкус и привкус легко замечаются и вызывают неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	Вкус и привкус обращают на себя внимание и заставляют воздержаться от питья	4
Очень сильная	Вкус и привкус настолько сильные, что делают воду непригодной к употреблению	5

6.1.7. Пенистость

Пенистостью считается способность воды сохранять искусственно созданную пену. Данный показатель может быть использован для качественной оценки присутствия таких веществ, как детергенты (поверхностно-активные вещества ПАВ) природного и искусственного происхождения и др. Пенистость определяют, в основном, при анализе сточных и загрязненных природных вод.

6.2. Химические показатели качества воды, их физиологическое значение и санитарно-токсикологическая характеристика

Разберем основные химические показатели, которые наиболее часто определяются при проведении анализов воды

6.2.1. Водородный показатель (pH)

Водородный показатель (pH) представляет собой отрицательный логарифм концентрации водородных ионов в растворе: $pH = -\lg [H^+]$.

Для всего живого в воде (за исключением некоторых кислотоустойчивых бактерий) минимально возможная величина $pH=5$. Дождь, имеющий $pH < 5,5$, считается кислотным дождем.

В питьевой воде допускается pH 6,0-9,0; в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования — 6,5 - 8,5.

Величина pH природной воды определяется, как правило, соотношением концентраций гидрокарбонат-анионов и свободного CO_2 . Пониженное значение pH характерно для болотных вод за счет повышенного содержания *гуминовых и других природных кислот*.

Измерение pH при контроле качества природной и питьевой воды проводится практически повсеместно.

Колебания pH воды сами по себе даже за пределами диапазона требований стандарта не могут причинить вреда здоровью в силу наличия буферного резерва воды и соответствующих механизмов гомеостаза в организме. Основанием для регламентации pH являются зависимость растворимости «главных ионов» воды от pH.

Известно, что от pH воды и содержания солей в макроконцентрациях зависит форма нахождения в воде микроэлементов и связанные с формой физические свойства, в частности, растворимость. Это обстоятельство, в конечном счете, отражается на биологической активности микроэлементов.

Ниже будет дана гигиеническая характеристика неорганических веществ техногенного происхождения, ставших, к сожалению, «универсальными» загрязняющими компонентами природных вод. Речь пойдет об элементах (кадмий, никель, ртуть, хром, и др.), соединениях, которые способны вызывать токсические эффекты. Растворимость этих соединений определяется величиной pH.

Кроме того, смещение pH за пределы, свойственные конкретному источнику водоснабжения или предусмотренные технологической картой водообработки, является сигналом либо поступления в источник воды другого состава, либо нарушения технологического режима водоподготовки.

6.2.1. Щелочность и кислотность

Щелочность обусловлена присутствием в воде веществ, содержащих гидроксо-анион, а также веществ, реагирующих с сильными кислотами (соляной, серной). К таким соединениям относятся:

- сильные щелочи (KOH, NaOH) и летучие основания (например, $\text{NH}_3 \times \text{H}_2\text{O}$), а также анионы, обуславливающие высокую щелочность в результате гидролиза в водном растворе при $\text{pH} > 8,4$ (S^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} и др.);
- слабые основания и анионы летучих и нелетучих слабых кислот (HCO_3^- ; CO_3^{2-} ; H_2PO_4^- ; HPO_4^{2-} ; CH_3COO^- , HS^- , анионы гуминовых кислот и др.).

Щелочность пробы воды измеряется в г-экв/л или мг-экв/л и определяется количеством сильной кислоты (обычно используют соляную кислоту с концентрацией 0,05 или 0,1 г-экв/л), израсходованной на нейтрализацию раствора.

При нейтрализации сильных щелочей до значений **pH 8,0-8,2** в качестве индикатора используют **фенолфталеин**. Определяемая таким образом величина называется **свободной щелочностью**.

При нейтрализации слабых оснований и анионов летучих и нелетучих слабых кислот до значений **pH 4,2-4,5** в качестве индикатора используют **метиловый оранжевый**. Определяемая таким образом величина называется **общей щелочностью**. При pH 4,5 проба воды имеет нулевую щелочность.

Щелочность природных вод в силу их контакта с атмосферным воздухом и известняками, обусловлена, главным образом, содержанием в них **гидрокарбонатов и карбонатов**, которые вносят значительный вклад в минерализацию воды. Мы уделим этим компонентам достаточно внимания, рассмотрев подробно в разделе «Карбонаты и гидрокарбонаты». Соединения первой группы могут содержаться также в сточных и загрязненных поверхностных водах. Аналогично щелочности, иногда, главным образом при анализе сточных и технологических вод, определяют кислотность воды.

Кислотность воды обусловлена содержанием в воде веществ, реагирующих с гидроксо-анионами. К таким соединениям относятся:

- сильные кислоты: соляная (HCl), азотная (HNO_3), серная (H_2SO_4);
- слабые кислоты: уксусная (CH_3COOH); сернистая (H_2SO_3); угольная (H_2CO_3); сероводородная (H_2S) и т.п.;
- катионы слабых оснований: аммоний (NH_4^+) катионы органических аммонийных соединений.

Кислотность пробы воды измеряется в г-экв/л или мг-экв/л и определяется количеством сильной щелочи (обычно используют растворы KOH или NaOH с концентрацией 0,05 или 0,1 г-экв/л), израсходованной на нейтрализацию раствора. Аналогично показателю щелочности, различают свободную и общую кислотность.

Свободная кислотность определяется при титровании сильных кислот до значений pH 4,3-4,5 в присутствии в качестве индикатора метилового оранжевого. В этом диапазоне оттитровываются HCl, HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4 .

Естественная кислотность обусловлена содержанием слабых органических кислот природного происхождения (например, гуминовых кислот). Загрязнения, придающие воде повышенную кислотность, возникают при кислотных дождях, при попадании в водоемы не прошедших нейтрализацию сточных вод промышленных предприятий и др.

Общая кислотность обусловлена содержанием катионов слабых оснований, определяется при титровании до значений pH 8,2-8,4 в присутствии фенолфталеина в качестве индикатора. В этом диапазоне оттитровываются слабые кислоты — органические, угольная, сероводородная, катионы слабых оснований.

6.2.3. Минеральный состав

Минеральный состав воды интересен тем, что отражает результат взаимодействия воды, как физической фазы и среды жизни, с другими фазами (средами): твердой - береговыми и подстилающими, а также почвообразующими минералами и породами; газообразной - воздушной средой и содержащейся в ней влагой и минеральными компонентами. Кроме того, минеральный состав воды обусловлен целым рядом протекающих в разных средах физико-химических и физических процессов: растворения и кристаллизации; испарения и конденсации; седиментации и всплывания. Большое влияние на минеральный состав воды поверхностных водоемов оказывают, протекающие в атмосфере и в других средах, химические реакции с участием соединений азота, углерода, кислорода, серы и др.

Ряд показателей качества воды, так или иначе, связан с определением концентрации растворенных в воде различных минеральных веществ. Содержащиеся в воде минеральные соли вносят разный вклад в общее солесодержание, которое может быть рассчитано суммированием концентраций каждой из солей.

Пресной считается вода, имеющая общее солесодержание не более 1 г/л.

Можно выделить две группы минеральных солей, обычно встречающихся в природных водах. Как видно из **таблицы 5**, основной вклад в минеральный состав вносят соли 1-й группы, и образуют так называемые «главные ионы», которые определяют в первую очередь. К ним относятся хлориды, карбонаты, гидрокарбонаты, сульфаты.

Таблица 5. Основные компоненты минерального состава воды

Компонент минерального состава воды	Предельно-допустимая концентрация (ПДК) ¹⁵
ГРУППА 1	
1. Катионы:	
Кальций (Ca^{2+})	200 мг/л
Натрий (Na^{+})	200 мг/л
Магний (Mg^{2+})	100 мг/л
2. Анионы:	
Гидрокарбонат (HCO_3^-)	1000 мг/л
Сульфат (SO_4^{2-})	500 мг/л
Хлорид (Cl^-)	350 мг/л
Карбонат (CO_3^{2-})	100 мг/л
ГРУППА 2	
1. Катионы:	
Аммоний (NH_4^+)	2,5 мг/л
Тяжелые металлы (сумма)	0,001 ммоль/л
Железо общее (сумма Fe^{2+} и Fe^{3+})	0,3 мг/л
2. Анионы:	
Нитрат (NO_3^-)	45 мг/л
Ортофосфат (PO_4^{3-})	3,5 мг/л
Нитрит (NO_2^-)	0,1 мг/л

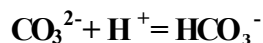
Соответствующими катионами для названных анионов являются калий, натрий, кальций, магний. Соли 2-й группы также необходимо учитывать при оценке качества воды, т.к. на каждую из них установлено значение ПДК, хотя они вносят незначительный вклад в со-лесодержание природных вод.

6.2.4. Карбонаты и гидрокарбонаты

Как отмечалось выше (в пункте «Щелочность и кислотность»), карбонаты и гидрокарбонаты представляют собой компоненты, определяющие природную щелочность воды. Их содержание в воде обусловлено процессами растворения атмосферной углекислоты, взаимодействия воды с находящимися в прилегающих грунтах известняками и, конечно, протекающими в воде жизненными процессами дыхания всех водных организмов.

Определение карбонат - и гидрокарбонат-анионов является титриметрическим и основано на их реакции с водородными ионами в присутствии фенолфталеина (при определении карбонат-анионов) или метилового оранжевого (при определении гидрокарбонат-анионов) в качестве индикаторов. Используя эти два индикатора, удается наблюдать две точки эквивалентности: в первой точке (рН 8,0-8,2) в присутствии фенолфталеина полностью завершается титрование карбонат-анионов; во второй точке (рН 4,1-4,5) в присутствии метилового оранжевого — гидрокарбонат-анионов. По результатам титрования пробы можно определить концентрации основных ионных форм, обуславливающих потребление кислоты (гидроксо-, карбонат- и гидрокарбонат-анионов), а также величины свободной и общей щелочности воды, т.к. они находятся в стехиометрической зависимости от содержания гидроксо-, карбонат- и гидрокарбонат-анионов.

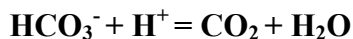
Определение *карбонат-анионов* основано на реакции:



Присутствие карбонат-аниона в концентрациях, определяемых аналитически, возможно лишь в водах, рН которых более 8,0-8,2. При определении карбонатов, в случае присутствия в анализируемой воде *гидроксо-анионов*, протекает также реакция нейтрализации:



Определение *гидрокарбонат-анионов* основано на реакции:



Таким образом, при титровании по фенолфталеину в реакции с кислотой участвуют анионы OH^- и CO_3^{2-} , а при титровании по метиловому оранжевому — OH^- , CO_3^{2-} и HCO_3^- .

Величина карбонатной жесткости рассчитывается с учетом эквивалентных масс участвующих в реакциях карбонат - и гидрокарбонат-анионов.

В результате титрования карбоната и гидрокарбоната, которое может выполняться как параллельно в разных пробах, так и последовательно в одной и той же пробе, для расчета значений концентраций необходимо определить общее количество кислоты (V_0) в миллилитрах, израсходованной на титрование карбоната (V_K) и гидрокарбоната ($V_{гк}$).

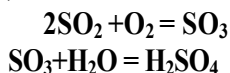
Результаты титрования по фенолфталеину и метилоранжу позволяют считать показатель щелочности воды, который численно равен количеству эквивалентов кислоты, израсходованной на титрование пробы объемом 1 л.

При этом потребление кислоты при титровании по фенолфталеину характеризует свободную щелочность, а по метилоранжу — общую щелочность, которая измеряется в мг-экв/л. Показатель щелочности используется в России, как правило, при исследовании сточных вод. В некоторых других странах (США, Канаде, Швеции и др.) щелочность определяется при оценке качества природных вод и выражается массовой концентрацией в эквиваленте CaCO_3 .

Следует иметь в виду, что, при анализе сточных и загрязненных природных вод, получаемые результаты не всегда корректно отражают величины свободной и общей щелочности, т.к. в воде, кроме карбонатов и гидрокарбонатов, могут присутствовать соединения некоторых других групп.

6.2.5. Сульфаты

Сульфаты — распространенные компоненты природных вод. Их присутствие в воде обусловлено растворением некоторых минералов — природных сульфатов (гипс), а также переносом с дождями содержащихся в воздухе сульфатов. Последние образуются при реакциях окисления в атмосфере оксида серы (IV) до оксида серы (VI), образования серной кислоты и ее нейтрализации (полной или частичной):



Наличие сульфатов в промышленных сточных водах обычно обусловлено технологическими процессами, протекающими с использованием серной кислоты (производство минеральных удобрений, производства химических веществ). Сульфаты в питьевой воде не оказывают токсического эффекта для человека, однако ухудшают вкус воды: ощущение вкуса сульфатов возникает при их концентрации 250-400 мг/л. Сульфаты могут вызывать отложение осадков в трубопроводах при смешении двух вод с разным минеральным составом, например, сульфатных и кальциевых (в осадок выпадает CaSO_4).

ПДК сульфатов в питьевой воде и в воде водоемов хозяйственно-питьевого назначения составляет 500 мг/л, лимитирующий показатель вредности — органолептический.

6.2.6. Хлориды

Хлориды присутствуют практически во всех пресных поверхностных и грунтовых водах, а также в питьевой воде, в виде солей металлов. Если в воде присутствует хлорид натрия, то уже при концентрациях свыше 250 мг/л она имеет соленый вкус. В случае присутствия в воде хлоридов кальция и магния соленость возникает при концентрациях свыше 1000 мг/л. Именно по органолептическому показателю — вкусу установлена *ПДК для питьевой воды по хлоридам (350 мг/л). Лимитирующий показатель вредности — органолептический.*

Большие количества хлоридов могут образовываться в промышленных процессах концентрирования растворов, ионного обмена, высаливания и т.д., образуя сточные воды с высоким содержанием хлорид-аниона.

Высокие концентрации хлоридов в питьевой воде не оказывают токсических эффектов на людей, хотя соленые воды очень коррозионно активны по отношению к металлам, пагубно влияют на рост растений, вызывают засоление почв.

6.2.7. Сухой остаток

Большое и разностороннее влияние на здоровье оказывает степень минерализации питьевой воды. *Минерализация характеризуется двумя аналитически определяемыми показателями: сухим остатком (мг/л) и жесткостью (ммоль/л).*

Сухой остаток характеризует содержание в воде нелетучих растворенных веществ, главным образом минеральных, и органических веществ, температура кипения которых превышает 105-110 °С.

Сухой остаток определяют весовым методом, выпаривая пробу воды на водяной бане и высушивая чашку при 105 °С. В процессе обработки из пробы удаляются летучие компоненты и вещества, разлагающиеся с образованием летучих компонентов. Для гигиенистов сухой остаток служит ориентиром содержания в воде неорганических солей.

Величину сухого остатка можно также оценить *расчетным* методом. При этом надо суммировать полученные в результате анализов концентрации растворенных в воде минеральных солей, а также органических веществ (гидрокарбонат суммируется в количестве 50%). Для питьевой и природной воды величина сухого остатка практически равна сумме массовых концентраций анионов (карбоната, гидрокарбоната, хлорида, сульфата) и катионов (кальция и магния, а также, определяемых расчетным методом, натрия и калия).

Величина сухого остатка для поверхностных вод водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования не должна превышать 1000 мг/л (в отдельных случаях допускается до 1500 мг/л).

С древности до настоящего времени одним из гигиенических критериев предельного содержания солей в воде является изменение органолептических свойств воды (вкуса). Во второй половине XX века было предпринято много попыток найти причинно-следственные связи между уровнем содержания сухого остатка питьевой воды и теми или иными расстройствами здоровья населения, длительно потреблявшего эту воду (заболевания сердечно-сосудистой системы, нарушения солевого обмена). Однако такую связь найти не удалось. Причина, очевидно, в том, что при одном уровне сухого остатка перечень составляющих его солей разнообразен.

Большое значение имеет уровень сухого остатка для вкусового восприятия питьевой воды. Для условий центра европейской части России вода хорошего качества (по вкусу) характеризуется величиной сухого остатка от 300 до 900 мг/л. На территориях с высокоминерализованными природными водами население благоприятно воспринимает воду с верхним пределом сухого остатка выше 1000 мг/л. Вода с низким уровнем сухого остатка также может быть неприемлемой из-за ее безвкусности.

Содержание сухого остатка в питьевой воде нормируется величиной не более 1000 мг/л. Предел 1000 мг/л принят и в различных классификациях как порог деления вод на *пресные (менее 1000 мг/л) и солоноватые (более 1000 мг/л)*. Указанный норматив входил во все издания отечественных стандартов качества питьевой воды, остался он и в действующем с 1 января 1998 г. СанПиН 2.1.4.559—96. Значения сухого остатка в водах некоторых водоемов России представлены в **таблице 6**.

Что касается норматива уровня сухого остатка в воде, используемой для технологических целей в пищевой промышленности, то оценку следует давать по технологическим, а не гигиеническим критериям.

6.2.8. Общая жесткость, кальций и магний

Жесткость воды — одно из важнейших свойств, имеющее большое значение при водопользовании. Если в воде находятся ионы металлов, образующие с мылом нерастворимые

соли жирных кислот, то в такой воде затрудняется образование пены при стирке белья или мытье рук, в результате чего возникает ощущение жесткости. Жесткость воды пагубно сказывается на трубопроводах тепловых сетей, приводя к образованию накипи. По этой причине в воду приходится добавлять специальные «смягчающие» химикаты.

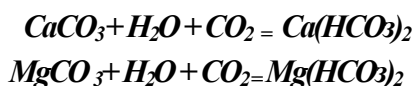
Жесткость воды обусловлена присутствием растворимых и малорастворимых солей-минералов, главным образом кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}). Кроме указанных, к солям жесткости относят также соли стронция (Sr^{2+}), цинка (Zn^{2+}) и др., однако в поверхностных и грунтовых природных водах из перечисленных катионов в заметных концентрациях присутствуют только кальций и магний.

Величина жесткости воды может варьироваться в широких пределах в зависимости от типа пород и почв, слагающих бассейн водосбора, а также от сезона года, погодных условий. Общая жесткость воды в озерах и реках тундры, например, составляет 0,1-0,2 мг-экв/л, а в морях, океанах, подземных водах достигает 80-100 мг-экв/л и даже больше (Мертвое море). В **таблице 6** приведены значения общей жесткости воды некоторых рек и водоемов России.

Таблица 6. Сухой остаток и общая жесткость воды некоторых рек и водоемов России

Море, озеро	Сухой остаток, мг/л	Общая жесткость, мг-экв/л	Река	Сухой остаток, мг/л	Общая жесткость, мг-экв/л
Каспийское	13500	74	Дон	476	7,0
Черное море	16000	46	Волга	453	5.4
Балтийское	7500	13.9	Москва	345	14.6
Белое море	1800	7,0	Иртыш	250	2,5
Оз. Балхаш	8.8	8.8	Ангара	132	2.0
Оз. Байкал	220	2,6	Нева	80	0,7
Оз. Ладожское	73	0.6	Днепр	300	5.7

Из всех солей, относящихся к солям жесткости, **выделяют гидрокарбонаты, сульфаты и хлориды**. Содержание других растворимых солей кальция и магния в природных водах **обычно очень мало**. Жесткость, придаваемая воде гидрокарбонатами, называется гидрокарбонатной, или временной, т.к. гидрокарбонаты при кипячении воды (точнее, при температуре более 60 °С) разлагаются с образованием малорастворимых карбонатов. $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ в природных водах встречается реже, чем $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, т.к. магнезитовые породы мало распространены. Поэтому в пресных водах преобладает, так называемая, кальциевая жесткость. В природе протекают следующие обратимые химические реакции:



Эти уравнения имеют важное значение в природе и технике.

Прямая реакция характеризует растворимость карбонатных пород, следовательно, формирование химического состава воды и эрозию земной поверхности. В присутствии растворенного в воде углекислого газа происходит растворение, или вымывание, карбонатных пород в природе. В технике это обуславливает коррозию строительных материалов.

Обратная реакция – выпадение нерастворимых карбонатов кальция и магния, т.е. образование осадочных пород, имеет огромное значение в геохимии. При выходе на по-

верхность подземных (грунтовых) вод, обладающих значительной временной жесткостью, равновесие сдвигается в сторону образования CO_2 , который удаляется в атмосферу. Этот процесс приводит к разложению гидрокарбонатов и выпадению в осадок CaCO_3 и MgCO_3 . Таким путем образуются разновидности карбонатных пород, называемые известковыми туфами. В технике протекание данной реакции приводит к выпадению карбонатной накипи на теплопередающей поверхности теплообменников, что обуславливает множество проблем.

Жесткость, обусловленная хлоридами или сульфатами, называется постоянной, так как эти соли устойчивы при нагревании и кипячении воды.

Суммарная жесткость воды, то есть общее содержание растворимых солей кальция и магния, получила название «общей жесткости».

Ввиду того, что солями жесткости являются соли разных катионов, имеющие разную молекулярную массу, концентрация солей жесткости, или жесткость воды, измеряется в единицах эквивалентной концентрации — количеством г-экв/л или мг-экв/л.

При жесткости до 4 мг-экв/л вода считается мягкой; от 4 до 8 мг-экв/л — средней жесткости; от 8 до 12 мг-экв/л — жесткой; более 12 мг-экв/л — очень жесткой (встречается и другая классификация воды по степеням жесткости).

Допустимая величина общей жесткости для питьевой воды и источников централизованного водоснабжения составляет не более 7 мг-экв/л (в отдельных случаях до 10 мг-экв/л). Лимитирующий показатель вредности — органолептический.

Поиск причинно-следственных связей между ***жесткостью воды и сердечно-сосудистой патологией*** был результативным. В ряде исследований установлена статистически достоверная, хотя и не тесная, ***обратная корреляционная связь между жесткостью воды и частотой инфаркта миокарда***. Поскольку в других, не менее тщательно выполненных исследованиях, такой связи не было установлено, считается, что патогенетическим агентом могли быть не сами соли жесткости, а коррелирующие с ними какие-либо другие микроэлементы. Что касается других проявлений вредного влияния жестких вод, то статистическими исследованиями установлено и экспериментально подтверждено их влияние на частоту возникновения мочекаменной болезни. В этом случае не идет речи о прямой детерминированности степени жесткости воды ***и заболеваний мочекаменной болезнью***. Решающую роль играют другие сопутствующие факторы, в частности состояние минерального обмена конкретного человека, потребляющего жесткую воду. Высокое содержание в питьевой воде солей кальция и магния является фактором риска мочекаменной болезни.

6.2.9. Растворенный кислород

Кислород постоянно присутствует в растворенном виде в поверхностных водах. ***Содержание растворенного кислорода (РК)*** в воде характеризует кислородный режим водоема и имеет важнейшее значение для оценки экологического и санитарного состояния водоема. Кислород должен содержаться в воде в достаточном количестве, обеспечивая ***условия для дыхания гидробионтов***. Он также необходим ***для самоочищения водоемов***, так как участвует в процессах окисления органических и других примесей, разложения отмерших организмов. Снижение концентрации РК свидетельствует об изменении биологических процессов в водоеме, о загрязнении водоема биохимически интенсивно окисляющимися веществами (в первую очередь органическими). Потребление кислорода обусловлено также химическими процессами окисления содержащихся в воде примесей, а также дыханием водных организмов.

Поступление кислорода в водоем происходит путем растворения его при контакте с воздухом (абсорбции), а также в результате фотосинтеза водными растениями, т.е. в результате физико-химических и биохимических процессов. Кислород также поступает в

водные объекты с дождевыми и снеговыми водами. Поэтому существует много причин, вызывающих повышение или снижение концентрации в воде растворенного кислорода.

Растворенный в воде кислород находится в виде гидратированных молекул O_2 . Содержание РК зависит от температуры, атмосферного давления, степени турбулентности воды, количества осадков, минерализации воды и др. При каждом значении температуры существует равновесная концентрация кислорода, которую можно определить по специальным справочным таблицам, составленным для нормального атмосферного давления. Степень насыщения воды кислородом, соответствующая равновесной концентрации, принимается равной 100 %. Растворимость кислорода возрастает с уменьшением температуры и минерализации, и с увеличением атмосферного давления.

В поверхностных водах содержание растворенного кислорода может наблюдаться от 0 до 14 мг/л и подвержено значительным сезонным и суточным колебаниям. В эвтрофированных и сильно загрязненных органическими соединениями водных объектах может иметь место значительный дефицит кислорода. Уменьшение концентрации РК до 2 мг/л вызывает массовую гибель рыб и других гидробионтов.

В воде водоемов в любой период года до 12 часов дня концентрация РК должна быть не менее 4 мг/л. ПДК растворенного в воде кислорода для рыбохозяйственных водоемов установлена 6 мг/л (для ценных пород рыбы), либо 4 мг/л (для остальных пород).

Растворенный кислород является весьма неустойчивым компонентом химического состава вод. При его определении особо тщательно следует проводить отбор проб: необходимо избегать контакта воды с воздухом до фиксации кислорода (связывания его в нерастворимое соединение).

В ходе анализа воды определяют концентрацию РК (в мг/л) и степень насыщения им воды (в %) по отношению к равновесному содержанию при данных температуре и атмосферном давлении.

Контроль содержания кислорода в воде — чрезвычайно важная задача, в решении которой заинтересованы практически все отрасли народного хозяйства, включая черную и цветную металлургию, химическую промышленность, сельское хозяйство, медицину, биологию, рыбную и пищевую промышленность, службы охраны окружающей среды. Содержание РК определяют как в незагрязненных природных водах, так и в сточных водах после очистки. Процессы очистки сточных вод всегда сопровождаются контролем содержания кислорода. Определение РК является частью анализа при определении другого важнейшего показателя качества воды — биохимического потребления кислорода (БПК).

6. 10. Органические вещества, БПК и ХПК

Органические вещества. В воде источников водоснабжения обнаружено несколько тысяч органических веществ разных химических классов и групп. Органические соединения природного происхождения — гуминовые вещества, различные амины и др. — способны изменять органолептические свойства воды, и по этой причине мала вероятность проявления их токсических свойств в питьевой воде централизованных систем питьевого водоснабжения, так как они должны быть удалены в процессе водоподготовки.

Несомненно, что органические вещества техногенного происхождения при поступлении их с питьевой водой могут неблагоприятно действовать на организм. Аналитический контроль их содержания в питьевой воде затруднен не только ввиду громадного их числа, но и вследствие того, что многие из них весьма неустойчивы и в воде происходит их непрерывная трансформация. Поэтому при аналитическом контроле невозможно идентифицировать все органические соединения, присутствующие в питьевой

воде. Однако многие органические вещества обладают выраженными органолептическими свойствами (запахом, вкусом, цветом, способностью к пенообразованию), что позволяет их выявить и ограничить их содержание в питьевой воде. Примерами таких веществ являются: синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), в незначительных (нетоксических) концентрациях образующие пену; фенолы, придающие воде специфический запах; многие фосфорорганические соединения.

В природной воде водоемов всегда присутствуют органические вещества. Их концентрации могут быть иногда очень малы (например, в родниковых и талых водах). Природными источниками органических веществ являются разрушающиеся останки организмов растительного и животного происхождения, как живших в воде, так и попавших в водоем с листвы, по воздуху, с берегов и т.п. Кроме природных, существуют также техногенные источники органических веществ: транспортные предприятия (нефтепродукты), целлюлозно-бумажные и лесоперерабатывающие комбинаты (лигнины), мясокомбинаты (белковые соединения), сельскохозяйственные и фекальные стоки и т.д. Органические загрязнения попадают в водоем разными путями, главным образом со сточными водами и дождевыми поверхностными смывами с почвы.

Содержание органических веществ оценивается показателям БПК и ХПК.

Биохимическое и химическое потребление кислорода — БПК и ХПК — принятые в гигиене, гидрохимии и экологии, **интегральные показатели, характеризующие содержание в воде нестабильных (неконсервативных) органических веществ, трансформирующихся в воде путем гидролиза, окисления и других процессов.** Содержание таких веществ выражается через количество кислорода, необходимое для их окисления в резко кислой среде перманганатом (БПК) или бихроматом (ХПК). К таким веществам относят алифатические кислоты, некоторые эфиры, амины, спирты.

Таким образом, аналитический контроль питьевой воды должен быть направлен на определение достаточно стабильных (консервативных) веществ, не обладающих выраженными органолептическими свойствами, но представляющих высокую опасность для здоровья в силу выраженной токсичности, кумулятивности или способности вызывать отдаленные эффекты, неблагоприятные для здоровья индивидуума или последующих поколений (мутагенные — изменяющие наследственные структуры, канцерогенные, эмбриотоксические, гонадотоксические). Среди таких соединений большое гигиеническое значение имеют следующие группы: сельскохозяйственные пестициды, полиароматические углеводороды, тригалометаны. Последнее время в литературе широко обсуждается гигиеническое значение диоксинов, дибензофуранов и бифенилов — техногенных продуктов.

В естественных условиях находящиеся в воде органические вещества разрушаются бактериями, претерпевая **аэробное** биохимическое окисление с образованием двуокиси углерода. При этом на окисление потребляется растворенный в воде кислород. В водоемах с большим содержанием органических веществ большая часть **РК** потребляется на биохимическое окисление, лишая, таким образом, кислорода другие организмы. Поэтому увеличивается количество организмов, более устойчивых к низкому содержанию РК, исчезают кислородолюбивые виды и появляются виды, терпимые к дефициту кислорода. Таким образом, в процессе биохимического окисления органических веществ в воде происходит уменьшение концентрации РК, и эта убыль косвенно является мерой содержания в воде органических веществ. **Соответствующий показатель качества воды, характеризующий суммарное содержание в воде органических веществ, называется биохимическим потреблением кислорода (БПК).**

БПК - это количество кислорода в (мг), требуемое для окисления находящихся в 1 л воды органических вещества в аэробных условиях, без доступа света, при 20 °С, за определенный период в результате протекающих в воде биохимических процессов.

Определение БПК основано на измерении концентрации РК в пробе воды непосредственно после отбора, а также после инкубации пробы. Инкубацию пробы проводят без доступа воздуха в кислородной склянке (т.е. в той же посуде, где определяется значение РК) в течение времени, необходимого для протекания реакции биохимического окисления. Так как скорость биохимической реакции зависит от температуры, инкубацию проводят в режиме постоянной температуры (20 ± 1) °С, причем от точности поддержания значения температуры зависит точность выполнения анализа на БПК. Обычно определяют **БПК за 5 суток инкубации (БПК₅)**. **Может определяться также БПК₁₀ за 10 суток и БПК_{полн} за 20 суток (при этом окисляется около 90 и 99 % органических веществ соответственно)**. Ориентировочно принимают, что БПК₅ составляет около 70 % БПК_{полн}, но может составлять от 10 до 90 % в зависимости от окисляющегося вещества. Погрешность в определении БПК может внести также освещение пробы, влияющее на жизнедеятельность микроорганизмов и способное в некоторых случаях вызывать фотохимическое окисление. Поэтому инкубацию пробы проводят без доступа света (в темном месте).

Величина БПК увеличивается со временем, достигая некоторого максимального значения — БПК_{полн}; причем загрязнители различной природы могут повышать (понижать) значение БПК. Динамика биохимического потребления кислорода при окислении органических веществ в воде приведена на **рисунке 1**.

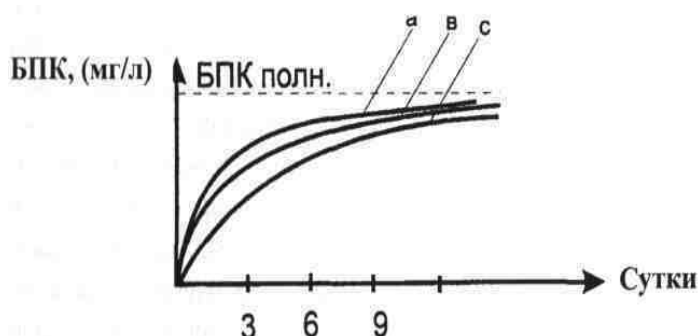


Рис 1. Динамика биохимического потребления кислорода

*а — легкоокисляющиеся вещества — сахара, формальдегид, спирты, фенолы и т.п. ;
в — нормально окисляющиеся вещества — нафтолы, крезолы, анионогенные ПАВ, сульфанола и т.п.;
с — тяжело окисляющиеся («биологически жесткие») вещества — неионогенные ПАВ, гидрохинон и т.п.*

Особенностью биохимического окисления органических веществ в воде является сопутствующий ему **процесс нитрификации**, искажающий характер потребления РК (**рис. 2**). В то время как, и природные, и хозяйственно-бытовые сточные воды содержат большое количество микроорганизмов, способных развиваться за счет содержащихся в воде органических веществ, многие виды промышленных сточных вод стерильны, или содержат микроорганизмы, которые не способны к аэробной переработке органических веществ. Однако микробы можно адаптировать (приспособить) к присутствию различных соединений, в том числе токсичных. Поэтому при анализе таких сточных вод (для них характерно, как правило, повышенное содержание органических веществ) обычно применяют разбавление водой, насыщенной кислородом и содержащей добавки адаптированных микроорганизмов. При определении БПК_{полн} промышленных сточных вод предварительная адаптация микрофлоры имеет решающее значение для получения правильных результатов анализа, т.к. в состав таких вод часто входят вещества, которые сильно замедляют процесс биохимического окисления, а иногда оказывают токсическое действие на бактериальную микрофлору.

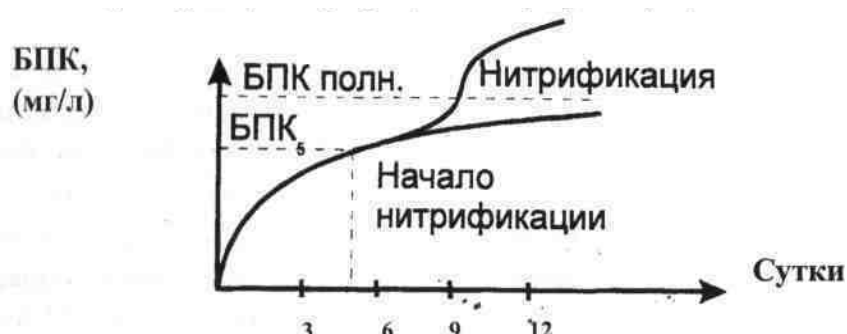
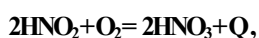


Рис.2. Изменение характера потребления кислорода при нитрификации



где Q — энергия, высвобождающаяся при реакциях.

Для исследования различных промышленных сточных вод, которые трудно подвергаются биохимическому окислению, используемый метод может применяться в варианте определения «полного» БПК (БПК_{полн.}).

Если в пробе очень много органических веществ, к ней добавляют разбавляющую воду. Для достижения максимальной точности анализа БПК анализируемая проба, или смесь пробы с разбавляющей водой должна содержать такое количество кислорода, чтобы во время инкубационного периода произошло снижение его концентрации на 2 мг/л и более, причем остающаяся концентрация кислорода спустя 5 суток инкубации должна составлять не менее 3 мг/л. Если же содержание РК в воде недостаточно, то пробу воды **предварительно аэрируют** для насыщения кислородом воздуха. Наиболее правильным (точным) считается результат такого определения, при котором израсходовано около 50 % первоначально присутствующего в пробе кислорода.

В поверхностных водах величина БПК₅ колеблется в пределах от 0,5 до 5,0 мг/л; она подвержена сезонным и суточным изменениям, которые, в основном, зависят от изменения температуры и от физиологической и биохимической активности микроорганизмов. Весьма значительны изменения БПК₅ природных водоемов при загрязнении сточными водами.

Норматив на БПК_{полн.} не должен превышать: для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования - 3 мг/л для водоемов культурно-бытового водопользования - 6 мг/л. Соответственно можно оценить предельно-допустимые значения БПК₅ для тех же водоемов, равные 2 мг/л и 4 мг/л.

6.2.11. Биогенные элементы

Биогенными элементами (биогенами) традиционно считаются элементы, входящие, в значительных количествах, в состав живых организмов. Круг элементов, относимых к биогенным, достаточно широк. **Это - азот, фосфор, сера, железо, кальций, магний, калий и др.**

Вопросы контроля качества воды и экологической оценки водоемов внесли в понятие биогенных элементов более широкий смысл: к ним относят соединения (точнее, компоненты воды), которые, во-первых, являются продуктами жизнедеятельности различных организмов, и, во-вторых, являются «строительным материалом» для живых организмов. В первую очередь к ним относятся соединения азота (нитраты, нитриты, органические и неорганические

аммонийные соединения), а также фосфора (ортофосфаты, полифосфаты, органические эфиры фосфорной кислоты и др.). Соединения серы интересуют в этой связи, в меньшей степени, так как сульфаты мы рассматривали в аспекте компонента минерального состава воды, а сульфиды и гидросульфиты, если присутствуют в природных водах, то в очень малых концентрациях, и могут быть обнаружены по запаху.

Нитраты являются солями азотной кислоты и обычно присутствуют в воде. Нитрат-анион содержит атом азота в максимальной степени окисления «+5». Нитратобразующие (нитратфиксирующие) бактерии превращают нитриты (соли азотистой кислоты) в нитраты (соли азотной кислоты) в аэробных условиях. Под влиянием солнечного излучения атмосферный азот (N_2) превращается также преимущественно в нитраты посредством образования оксидов азота. Многие минеральные удобрения содержат нитраты, которые при избыточном или нерациональном внесении в почву приводят к загрязнению водоемов. Источниками загрязнения нитратами являются также поверхностные стоки с пастбищ, скотных дворов, молочных ферм и т.п.

Повышенное содержание нитратов в воде может служить индикатором загрязнения водоема в результате распространения фекальных либо химических загрязнений (сельскохозяйственных, промышленных). Богатые нитратными водами сточные каналы ухудшают качество воды в водоеме, стимулируя массовое развитие водной растительности (в первую очередь — сине-зеленых водорослей) и ускоряя *эвтрофикацию* водоемов. ***Концентрация нитрат иона в питьевой воде не должна превышать 45 мг/л.***

Нитритами называются соли азотистой кислоты. Нитрит-анионы являются промежуточными продуктами биологического разложения азотсодержащих, органических соединений и содержат атомы азота в промежуточной степени окисления «+3». Нитрифицирующие бактерии превращают аммонийные соединения в нитриты в аэробных условиях. Некоторые виды бактерий в процессе своей жизнедеятельности также могут восстанавливать нитраты до нитритов, однако это происходит уже в *анаэробных* условиях. ***Нитриты часто используются в промышленности как ингибиторы коррозии, в пищевой промышленности - как консерванты.*** Благодаря способности превращаться в нитраты, нитриты, как правило, отсутствуют в поверхностных водах. Поэтому наличие в анализируемой воде повышенного содержания нитритов свидетельствует о загрязнении воды, причем с учетом частично прошедшей трансформации азотистых соединений из одних форм в другие.

Содержание нитрит-иона в питьевой воде не должно превышать 3 мг/л, лимитирующий показатель вредности - санитарно-токсикологический.

Нитраты и нитриты в воде могут быть природного и антропогенного происхождения. Соединения природного происхождения не достигают, как правило, опасных для здоровья концентраций. Они являются санитарными показателями, отражающими динамику процессов естественного самоочищения водных объектов от органического природного загрязнения. Основным источником нитратов антропогенного происхождения являются минеральные азотные удобрения на всех этапах их жизненного цикла - от производства до применения. Второй по важности источник - жидкие отходы промышленных животноводческих комплексов. В процессе образования жидких отходов азот находится в составе органических комплексов, но при вынужденном длительном хранении он минерализуется до нитратов, концентрации которых могут быть очень высокими.

Питьевая вода и продукты питания, содержащие повышенное количество нитратов могут вызывать заболевания, и в первую очередь у младенцев (так называемая *метгемоглобинемия*). Вследствие этого расстройства ухудшается транспортировка кислорода с клетками крови и возникает *синдром «голубого младенца» (гипоксия)*.

В середине текущего столетия в США были описаны два смертельных случая токсического цианоза среди детей раннего возраста в результате использования для

разведения молочных смесей колодезной воды, содержащей высокие концентрации нитратов. Причиной смерти было накопление в крови метгемоглобина, неспособного к переносу кислорода из крови в ткани. В дальнейшем это заболевание получило название воднонитратной метгемоглобинемии. Название болезни не совсем точно отражает патогенетический механизм метгемоглобинообразования. Метгемоглобин образуется в результате связывания оксигемоглобина не с нитратами, а с нитритами, образующимися за счет восстановления нитратов в кишечнике человека. Восстановительные процессы в кишечнике наблюдаются у людей, страдающих дисбактериозом, нарушениями ферментной активности кишечника.

Считается, что основным источником поступления нитратов в организм человека являются растительные продукты питания. Однако следует учитывать, что нитраты воды в 1,5 раза токсичнее нитратов, содержащихся в овощах. При повышенном содержании нитратов в воде ее роль в нагрузке организма нитратами является ведущей.

В последние два десятилетия большое внимание привлекает проблема канцерогенной опасности, связанной с присутствием в воде нитратов и нитритов. Сами эти соединения канцерогенным действием, по-видимому, не обладают, но в 1967 г. впервые экспериментально доказана возможность образования канцерогенных N-нитрозосоединений из нитрита натрия и вторичных легконитрозируемых аминов в желудочном соке человека. Многочисленные работы, опубликованные в последующем, не только подтвердили способность нитритов и нитратов участвовать в синтезе N-нитрозаминов, но и выявили их способность снижать резистентность организма к воздействию других бластоогенных и мутагенных агентов.

Канцерогенно-опасный уровень нитратов в воде пока не установлен, но специалисты ВОЗ считают, что признанный в мире норматив содержания нитратов в воде, безопасный в отношении метгемоглобинемии (10 мг/л по азоту или 45 мг/л по NO_3^-), не опасен и по признаку канцерогенности.

Соединения аммония содержат атом азота в минимальной степени окисления «+3». Катионы аммония являются продуктом микробиологического разложения белков животного и растительного происхождения. Образовавшийся таким образом аммоний вновь вовлекается в процесс синтеза белков, участвуя тем самым в биологическом круговороте веществ (цикле азота). По этой причине аммоний и его соединения в небольших концентрациях обычно присутствуют в природных водах.

Существуют два основных источника загрязнения окружающей среды аммонийными соединениями. Аммонийные соединения в больших количествах входят в состав минеральных и органических удобрений, избыточное и неправильное применение которых приводит к соответствующему загрязнению водоемов. Кроме того, аммонийные соединения в значительных количествах присутствуют в нечистотах (фекалиях). Не утилизированные должным образом нечистоты могут проникать в грунтовые воды или смываться поверхностными стоками в водоемы. Стоки с пастбищ и мест скопления скота, сточные воды от животноводческих комплексов, а также бытовые и хозяйственно-фекальные стоки всегда содержат большие количества аммонийных соединений. Опасное загрязнение грунтовых вод хозяйственно-фекальными и бытовыми сточными водами происходит при разгерметизации системы канализации. По этим причинам повышенное содержание аммонийного азота в поверхностных водах обычно является признаком хозяйственно-фекальных загрязнений.

ПДК аммиака и ионов аммония в воде водоемов хозяйственно-бытового назначения составляет 2,6 мг/л (или 2,0 мг/л по аммонийному азоту). Лимитирующий показатель вредности - общесанитарный.

6.2.12. Фосфаты и общий фосфор

В природных и сточных водах фосфор может присутствовать в разных видах. В растворенном состоянии (иногда говорят - в жидкой фазе анализируемой воды) он может находиться в виде *ортофосфорной кислоты (H_3PO_4) и ее анионов $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} в виде мета-, пиро- и полифосфатов. Последние используют для предупреждения образования накипи, они входят также в состав моющих средств*. Кроме того, существуют разнообразные фосфорорганические соединения — нуклеиновые кислоты, нуклеопротеиды, фосфолипиды и др., которые также могут присутствовать в воде, являясь продуктами жизнедеятельности или разложения животных и растительных организмов. К фосфорорганическим соединениям относятся также некоторые пестициды.

Фосфор может содержаться и в нерастворенном состоянии, в виде взвешенных в воде труднорастворимых фосфатов, включая природные минералы, белковые, органические фосфорсодержащие соединения, остатки умерших организмов и др. Фосфор в твердой фазе в природных водоемах обычно находится в донных отложениях, однако иногда, может встречаться в сточных и загрязненных природных водах.

Фосфор является необходимым элементом для жизни, однако его избыток приводит к ускоренной эвтрофикации водоемов. Большие количества фосфора могут попадать в водоемы в результате естественных и антропогенных процессов - поверхностной эрозии почв, неправильного или избыточного применения минеральных удобрений и др.

ПДК полифосфатов (триполифосфат и гексаметафосфат) в питьевой воде составляет 3,5 мг/л в пересчете на ортофосфат-анион PO_4^{3-} , лимитирующий показатель вредности - органолептический.

6.2.13. Сумма тяжелых металлов

Говоря о повышенной концентрации в воде металлов, как правило, подразумевают ее загрязнение *тяжелыми металлами (Cd , Pb , Zn , Cr , Ni , Co , Hg и др.)*. Тяжелые металлы, попадая в воду, могут существовать в виде растворимых токсичных солей и комплексных соединений (иногда очень устойчивых), коллоидных частиц, осадков (свободных металлов, оксидов, гидроксидов и др.). Главными источниками загрязнения воды тяжелыми металлами являются гальванические производства, предприятия горнорудной, черной и цветной металлургии, машиностроительные заводы и др. Тяжелые металлы в водоеме вызывают целый ряд негативных последствий: попадая в пищевые цепи и нарушая элементный состав биологических тканей, они оказывают тем самым прямое или косвенное токсическое воздействие на водные организмы. Тяжелые металлы с водой и по пищевым цепям попадают в организм человека.

Тяжелые металлы по характеру биологического воздействия можно подразделить на ***токсиканты и микроэлементы***, имеющие принципиально различный характер влияния на живые организмы. Характер зависимости эффекта, оказываемого элементом на организмы, в зависимости от его концентрации в воде (и, следовательно, как правило, в тканях организма), приведен на **рисунке 3**.

Как видно из **рисунка 3**, токсиканты оказывают отрицательное воздействие на организмы при любой концентрации, в то время как микроэлементы имеют область недостаточности, вызывающей отрицательный эффект (менее C_1), и область необходимых для жизни концентраций, при превышении которых снова возникает отрицательный эффект (более C_2). Типичными токсикантами являются кадмий, свинец, ртуть; микроэлементами — марганец, медь, кобальт.

Эффект

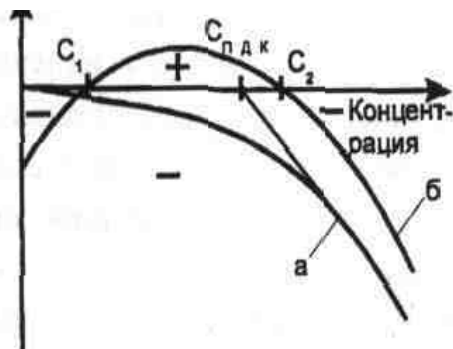


Рис. 3. Характер эффекта, оказываемого элементом на организмы, в зависимости от его концентрации в воде
а — токсиканты; б — микроэлементы.

Ниже будут представлены краткие сведения о физиологической функции некоторых металлов, их токсикологические характеристики, источники поступления в организм человека и водоемы, гигиенические нормативы и показатели вредности

Цинк. Уровни цинка в поверхностных и грунтовых водах обычно не превышают 0,01 и 0,05 мг/л соответственно, однако концентрация в водопроводной воде может достигать 2 мг/л за счет вымывания цинка из водопроводных труб. **ПДК цинка Zn^{2+} в питьевой воде 5 мг/л, показатель вредности органолептический.**

Цинк является незаменимым микроэлементом, поскольку входит в состав жизненно необходимых ферментов и витаминов. Цинк содержится в крови (0,5-0,6), мягких тканях (0,7-5,4), костях (10-18), волосах (16-22 мг %), (единица измерения малых концентраций, 1 мг % = 10^{-3}) т.е., в основном, в костях и волосах. Цинк находится в организме в динамическом равновесии, которое сдвигается в условиях повышенных концентраций его в окружающей среде. Отрицательное воздействие соединений цинка может выражаться в ослаблении организма, повышенной заболеваемости, астмоподобных явлениях и др. При нормировании цинка в питьевой воде, учтена его способность изменять органолептические свойства воды — металлический привкус не ощущается при концентрации цинка 5,0 мг/л и ниже. Для специалистов пищевой промышленности проблема содержания цинка в питьевой воде мало актуальна, поскольку важнее проблема миграции цинка из технологического оборудования в резко кислую среду (маринады, напитки и пр.).

Кадмий. Соединения кадмия очень ядовиты. Действуют на многие системы организма — органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, центральную и периферическую нервную системы. Механизм действия соединений кадмия заключается в угнетении активности ряда ферментов, нарушении фосфорно-кальциевого обмена, нарушении метаболизма микроэлементов (Zn, Cu, Mn, Se).

ПДК кадмия в воде водоемов составляет 0,001 мг/л, лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический. В природных средах он встречается, как правило, в невысоких концентрациях, не вызывающих биологических эффектов. В нормальных геохимических условиях содержание кадмия в природных водах не превышает 0,05 - 1 мкг/л, однако в кадмиевых геохимических провинциях достигает 10 мкг/л. Источником более высоких концентраций (несколько десятков микрограммов на 1 л) кадмия в воде водоемов служат неочищенные стоки промышленных предприятий. За рубежом применение металлических труб и резервуаров с гальваническим покрытием и некачественных пластмассовых труб для подачи и хранения воды в ряде случаев сопровождалось повышением уровня кадмия в воде до 0,2 - 4 мг/л (**ПДК кадмия в питьевой воде — 0,001 мг/л, показатель вредности санитарно-токсикологический**).

В водоемах кадмий сорбируется взвешенными частицами и с ними оседает на дно. При повышении pH воды кадмий снова переходит в воду.

Опасность загрязнения окружающей среды и пищевых продуктов кадмием возникла лишь с конца XIX в., когда начался техногенный процесс концентрации кадмия в окружающей среде, особенно проявившийся во второй половине XX в. в связи с развитием электронной промышленности и производства люминофоров. Кадмий используется в атомной и ракетной технике, производстве щелочных аккумуляторов, входит в состав полимеров (в качестве стабилизатора), специальных сплавов и антикоррозионных покрытий, применяемых в пищевой промышленности и водопроводной практике. В Японии, в бассейне р. Джинцу, в начале 80-х годов наблюдались массовые поражения населения кадмием (болезнь итай-итай), связанные с использованием сточных вод, содержащих кадмий, для полива рисовых чеков. Содержание кадмия в рисе, потреблявшемся заболевшими, достигало 600—1000 мкг/кг.

Токсичность низких доз кадмия, поступающих с водой (порядка десятков микрограммов на 1 л), проявляется в тяжелом поражении почек и связанной с этим гипертонической болезнью. Имеются указания о гонадотоксическом действии кадмия.

Никель. В природных водах никель содержится в концентрациях порядка сотых и тысячных долей миллиграмма на 1 л. Его концентрация повышается в районах месторождения никелевых руд и достигает единиц миллиграмма на 1 л. Возможно поступление никеля со сточными водами металлургической, металлообрабатывающей и химической промышленности, концентрация никеля в которых составляет 0,01-74 мг/л. Сульфат, хлорид и нитрат никеля хорошо растворяются в воде. В программе Глобального экологического мониторинга, принятой ООН в 1980 г., никель упомянут как один из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. В последнюю четверть XX в. резко возрос выброс никеля в атмосферу, связанный в основном с сжиганием каменного угля. На протяжении года в биологическую миграцию вовлекаются сотни тысяч тонн никеля. Это приводит к повышению его концентрации в воде источников водоснабжения, что влечет за собой необходимость контроля его содержания в питьевой воде. *ПДК Ni в питьевой воде составляет 0.1 мг/л, показатель вредности санитарно-токсикологический.*

Жизненная необходимость (*эссенциальность*) никеля была показана в 70-х годах, однако никельдефицитные патологические состояния у человека не описаны. При избыточном поступлении никеля в организм человека, нарушаются тонкие биохимические процессы на клеточном и субклеточном уровнях. При длительном контакте с аэрозолями никеля у рабочих развивается рак легкого и желудка; при поступлении никеля через желудочно-кишечный тракт канцерогенный эффект не описан.

Загрязнения пищевых продуктов никелем в результате миграции из никелированного оборудования или посуды практически не наблюдается. Поэтому повышенная концентрация никеля возможна лишь в пищевых продуктах, загрязненных богатой никелем питьевой или оросительной водой.

Ртуть. Ртуть относится к ультрамикроэлементам и постоянно присутствует в организме, поступая с пищей и водой. Ртуть не выполняет никакой физиологической функции в организме человека. Она высокотоксична и кумулятивна.

Ртуть широко распространена во всех элементах окружающей среды в силу высокой летучести паров металла, но гигиеническое значение имеют локальные очаги антропогенного загрязнения, к сожалению, встречающиеся часто как на городских территориях, так и в сельской местности.

Источники антропогенного загрязнения окружающей среды ртутью — ТЭЦ, заводы цветных металлов, целлюлозобумажные, цементные. Имеет значение поступление ртути, связанное с применением ртутьсодержащих сельскохозяйственных фунгицидов.

Из атмосферного воздуха пары и аэрозоли соединений ртути попадают в водные объекты в результате седиментации и с осадками. Например, дождевая вода в Швеции содержит ртути примерно 300 мг/л.

В незагрязненных водных объектах концентрация ртути колеблется от 0,01 до 0,5 мкг/л, в реках, загрязненных сточными водами, она может составлять сотни и тысячи микрограммов на 1 л. ***ПДК ртути в питьевой воде составляет 0,0005 мг/л, лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический.***

В обычных условиях с питьевой водой поступает не более 15 % поглощенной организмом ртути. В основе патогенеза хронической ртутной интоксикации малыми дозами лежит высокое сродство ртути с сульфгидрильными группами многих ферментов. **Неорганические соединения ртути**, в первую очередь катионы Hg реагируют с SH-группами белков («тиоловые яды»), а также с карбоксильными и аминными группами тканевых белков, образуя прочные комплексные соединения — металлопротеиды. В результате возникают глубокие нарушения функций центральной нервной системы, особенно вышших ее отделов. Для неорганических соединений ртути характерны поражения почек и печени.

Из органических соединений ртути наибольшее значение играет метилртуть, которая хорошо растворима в липидных тканях и быстро проникает в жизненно важные органы, и в том числе в мозг. В результате возникают изменения в вегетативной нервной системе, периферических нервных образованиях, в сердце, сосудах, кроветворных органах, печени и др., нарушения в иммунобиологическом состоянии организма. Соединения ртути обладают также эмбриотоксическим действием (приводят к поражению плода у беременных).

Неорганическая ртуть в природных водах способна к метилированию. Необходимо отметить, что патогенез и клинические проявления интоксикации органическими соединениями ртути принципиально отличаются от интоксикации неорганической ртутью. В силу этого гигиенические нормативы для неорганической ртути и ее алкилпроизводных различны, что необходимо учитывать при организации лабораторного контроля качества воды. Считается, что в источнике водоснабжения, загрязненном неорганическими соединениями ртути, метилированная в результате естественных процессов (более токсичная) ртуть составляет 0,1 % общего загрязнения. Из этого следует, что вода, содержащая неорганическую ртуть на уровне гигиенического норматива, будет безопасна и в отношении алкилртути.

Неорганические соединения ртути задерживаются при коагуляции и отстаивании на сооружениях водопровода.

Хром. Хром широко распространен в окружающей среде, однако в силу малой растворимости его природные концентрации в воде не достигают гигиенически значимых величин.

В результате загрязнения промышленными выбросами (сточные воды, твердые отходы) часто обнаруживают локальные очаги повышенных концентраций хрома в почве и водных объектах. Последние, как поверхностные, так и подземные, могут загрязняться непосредственно (поступление сточных вод) и в результате миграции из мест захоронения твердых отходов. Основные источники загрязнения окружающей среды хромом — гальваническое производство, текстильная промышленность и производство специальных сплавов.

В природных соединениях хром, как правило, представлен трехвалентной формой, отходы промышленности содержат шестивалентный хром. Соединения трехвалентного хрома малорастворимы и плохо всасываются в желудочно-кишечном тракте. Возможно, поэтому считается, что токсические свойства присущи шестивалентному

хрому. Установлено, что хром необходим для животного организма, однако механизм физиологического действия не раскрыт. Неблагоприятные последствия попадания хрома в организм заключаются в поражении почек и печени. Хром способствует возникновению язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Известен аллергизирующий эффект хрома, связанный с высокой его способностью к комплексообразованию. Для хрома доказаны канцерогенный и мутагенный эффекты.

Незаконченная в литературе дискуссия о различиях в токсических свойствах и об опасности для организма хрома трех- и шестивалентного представляет сугубо научный интерес и не влияет на мероприятия по защите питьевой воды от загрязнения хромом.

Уровни хрома в воде, подготовленной на станции водоподготовки, не отличаются от таковых в воде источника водоснабжения. ***ПДК Gr^{6+} в питьевой воде составляет 0,05 мг/л, лимитирующий показатель вредности – санитарно-токсикологический.***

Свинец. Соединения свинца — яды, действующие на все живое, вызывающие изменения в нервной системе, крови и сосудах, подавляющие многие ферментативные процессы. Дети более восприимчивы к воздействию соединений свинца, чем взрослые. Соединения свинца обладают эмбриотоксическим и тератогенным действием, приводят к энцефалопатии и поражениям печени, угнетают иммунитет. Органические соединения свинца (тетраметилсвинец, тетраэтилсвинец) — сильные нервные яды, летучие жидкости. Являются активными ингибиторами обменных процессов. Для всех соединений свинца характерно кумулятивное действие. ***ПДК свинца в воде водоемов и в питьевой воде оставляет 0,03 мг/л, лимитирующий показатель — санитарно-токсикологический.***

Известны случаи тяжелых отравлений свинцом при употреблении водопроводной воды в странах Западной Европы. Высокие концентрации свинца в воде (0,6—2,0 мг/л) были обусловлены применением свинцовых труб и резервуаров в системах водопровода. В нашей стране использование свинца в водопроводной практике запрещено.

В настоящее время, ни в производственных, ни в бытовых условиях не наблюдается тяжелых свинцовых отравлений, сопровождающихся кишечной коликой и истощением. Однако, обладая крайне высокой способностью к кумуляции в костях, свинец способен вызывать нарушения эритропоэза, поражать нервную систему, почки, приводить к раннему атеросклерозу. При концентрации в питьевой воде 0,1 мг/л организмом кумулируется 50 % поглощенного свинца и его содержание в крови составляет 0,025 мг/л. Такое содержание свинца в крови считается предельным, так как при его небольшом превышении нарушается процесс образования эритроцитов. Результаты этих и других исследований явились основанием для установления ПДК свинца в воде на уровне 0,03 мг/л. Особенно важен контроль за содержанием свинца в пищевом сырье и воде, используемых в индустрии детского питания. Дело в том, что детским организмом свинец усваивается в 3—4 раза интенсивнее, чем взрослым.

Содержание свинца в подземных водах, как правило, не превышает современного норматива, однако в районах залежей полиметаллических руд, особенно в мягких водах и водах с низким значением рН, могут создаваться опасные концентрации свинца.

В незагрязненных озерных и речных водах природное содержание свинца не превышает 0,01 мг/л, однако может повышаться при поступлении промышленных сточных вод. Значительное количество свинца (от 50 до 90 %) задерживается на сооружениях водопровода при использовании обычных методов водоподготовки.

6.2.14. Другие металлы

Медь. Медь является микроэлементом, содержится в организме человека, главным образом, в виде комплексных органических соединений и играет важную роль в процессах кроветворения. В организме человека медь участвует в образовании эритроцитов, высвобождении тканевого железа и развитии скелета, центральной нервной системы и соединительной ткани. Как недостаток, так и избыток меди в организме вызывает его заболевание.

Во вредном воздействии избытка меди решающую роль играет реакция катионов Cu^{2+} с SH-группами ферментов. Изменения содержания меди в сыворотке и коже обуславливают явления депигментации кожи (витилиго). Отравление соединениями меди могут приводить к расстройствам нервной системы, нарушению функций печени и почек и др. Известны случаи группового отравления водой, содержащей от 4 до 60 мг/л меди. Это могло быть связано с эксплуатацией медных водопроводных труб при повышении щелочности воды.

ПДК меди в питьевой воде составляет 1,0 мг/л, лимитирующий показатель вредности - органолептический.

Медь и ее соединения широко распространены в окружающей среде, и поэтому их часто обнаруживают в природных водах. Концентрации меди в природных водах обычно составляют десятые доли мг/л, в питьевой воде могут увеличиваться за счет вымывания из материалов труб и арматуры. Свойства меди в воде зависят от значения pH воды, концентрации в ней карбонатов, хлоридов и сульфатов.

Медь придает воде неприятный вяжущий привкус в низких концентрациях, что и лимитирует ее содержание в питьевой воде. Это обстоятельство необходимо учитывать в технологии приготовления напитков, а также при выборе источника водоснабжения для производства бутилированной питьевой воды.

Железо. Железо входит в состав важнейших в биологическом отношении органических соединений – гемоглобина крови и ряда ферментов. Около 70% железа, содержащегося в организме человека, входит в состав гемоглобина. Основным физиологическим назначением железа является участие в процессе кроветворения.

В природных водах железо встречается, как правило, в регионах месторождений. В малых концентрациях железо встречается практически во всех природных водах в поверхностных и подземных источниках. В болотной воде железа много, десятки миллиграммов на литр, вот почему она имеет коричневый «ржавый» оттенок. В сточные воды железо может попадать из травильных и гальванических цехов, участков подготовки металлических поверхностей, цехов крашения тканей и других производств. Концентрация железа в воде тесно связана с содержанием уголекислоты - в кислой среде растворимость соединений железа увеличивается, а в щелочной уменьшается. В водной среде оно присутствует чаще всего в форме бикарбоната, закиси, сульфида. В силу гидрохимических закономерностей в подземных водах железо встречается в различных соотношениях с марганцем.

Вода подземных источников, соприкасаясь с железосодержащими горными породами, насыщается солями двухвалентного железа. Данные соединения железа являются самыми «коварными», поскольку они отличаются хорошей растворимостью и не задерживаются на фильтрах. Чистая, прозрачная вода, изливающаяся из скважины, постояв некоторое время на воздухе, буквально на глазах начинает мутнеть, приобретая характерную рыжевато-бурую окраску. Это происходит потому, что соединения двухвалентного железа, вступив в контакт с кислородом воздуха, окисляются и переходят в **нерастворимую форму трехвалентного железа - осадок, называемый обычно ржавчиной.**

Похожая история происходит и с **водопроводной водой**. Пройдя очистку на муниципальных водопроводных очистных сооружениях, вода обычно содержит неболь-

шое количество железа, укладываемые в медицинские нормы, но проходя до конечного потребителя через многие километры труб распределительной водопроводной сети, она подвергается вторичному загрязнению, растворяя продукты коррозии стальных труб. В результате на выходе мы вновь имеем «железистую» воду с желтоватым оттенком. Насыщенная соединениями железа вода имеет не только неприятный вид. Она портит запорную арматуру, оставляет ржавые подтеки не керамических поверхностях сантехники. Кроме того, медиками доказано, что вода с повышенным содержанием железа (свыше 0,3 мг/л) приводит к заболеваниям печени, увеличивает риск инфарктов, негативно влияет на репродуктивную функцию организма, а также служит причиной появления аллергических реакций.

Повышенное содержание железа в воде создает благоприятные условия для развития *железобактерий*, особенно в подогретой воде. Эти микроорганизмы образуют ветвящиеся колонии, которые осложняют работу гидротехнических сооружений. Продукты жизнедеятельности железобактерий являются канцерогенами. Железообрастания внутри труб – идеальная среда для развития кишечной палочки, гнилостных бактерий, различных других микроорганизмов. Все это ухудшает химические и бактериологические показатели воды.

Анализ воды на содержание железа ведут по показателю «Железо общее». Железо образует два рода растворимых солей, образующих катионы Fe^{2+} и Fe^{3+} , однако в растворе железо может находиться и во многих других формах, в частности:

- в виде истинных растворов (аквакомплексов) $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$, содержащих железо (II). На воздухе железо (II) быстро окисляется до железа (III), растворы которого имеют бурю окраску из-за быстрого образования гидроксосоединений (сами растворы Fe^{2+} и Fe^{3+} практически бесцветны);

- в виде коллоидных растворов из-за пептизации (распада агрегированных частиц) гидроксида железа под воздействием органических соединений;

- в виде комплексных соединений с органическими и неорганическими лигандами. К ним относятся карбонилы, ареновые комплексы (с нефтепродуктами и др. углеводородами), гексацианоферраты $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ и др.

В нерастворимой форме железо может быть представлено в виде различных взвешенных в воде твердых минеральных частиц различного состава.

Таким образом, поскольку соединения железа в воде могут существовать в различных формах, как в растворе, так и во взвешенных частицах, точные результаты могут быть получены только при определении суммарного железа во всех его формах, так называемого **«общего железа»**.

Раздельное определение железа (II) и (III), их нерастворимых и растворимых форм, дает менее достоверные результаты относительно загрязнения воды соединениями железа, хотя иногда возникает необходимость определить железо в его индивидуальных формах.

Перевод железа в растворимую форму, пригодную для анализа, проводят, добавляя к пробе определенное количество сильной кислоты (азотной, соляной, серной) до pH 1-2.

Диапазон определяемых концентраций железа в воде — от 0,1 до 1,5 мг/л. Определение возможно и при концентрации железа более 1,5 мг/л после соответствующего разбавления пробы чистой водой.

ПДК общего железа в питьевой воде составляет 0,3 мг/л, лимитирующий показатель вредности - органолептический.

Марганец. Содержание марганца в подземных водах, не связанных с месторождениями, достигает 0,7 мг/л, связанных с месторождениями, — до 300 мг/л и выше. В

поверхностных водах наблюдаются концентрации марганца до 8 мг/л, чаще всего за счет экзогенного поступления.

Биологи относят марганец *к эссенциальным* микроэлементам, поскольку он входит в состав многих ферментов, гормонов и витаминов, влияющих на процессы роста, размножения, кроветворения и формирование иммунитета. Всасывание марганца, поступающего в организм с питьевой водой, незначительно вследствие гидролиза катионов марганца и образования малорастворимых солей. По данным ВОЗ, содержание марганца в питьевой воде до 0,5 мг/л не приводит к нарушению здоровья человека. Однако присутствие марганца в таких концентрациях может быть неприятным для водопотребителей, поскольку вода имеет металлический привкус и окрашивает ткани при стирке. **Отечественный норматив содержания марганца в питьевой воде - 0,1 мг/л, показатель вредности - органолептический**

Алюминий — один из самых распространенных элементов (8 % массы земной коры). Несмотря на множество источников поступления алюминия в организм (запыленный воздух, дезодоранты, пищевые продукты, лекарственные препараты, питьевая вода), токсическое действие его в течение длительного времени недооценивалось. С середины 60-х годов взгляды на патогенность алюминия для человека коренным образом изменились. Многие клинические и экспериментальные исследования свидетельствуют о нейротоксичности алюминия, его способности накапливаться в нервной ткани. Однако это наблюдается при определенных условиях. Дело в том, что избыточному накоплению алюминия в организме препятствует механизм его выведения. В обычных условиях с мочой может выделяться 10—15 мг элемента в сутки. При избыточном поступлении алюминия у людей, не имеющих патологии почек, выделение может достигать 200—500 мг в сутки. При нарушении выделительной функции почек в результате различных заболеваний алюминий может накапливаться в печени и, что особенно важно, в жизненно важных областях головного мозга, приводя к тяжелым расстройствам функции центральной нервной системы (*болезнь Альцгеймера – слабоумие, и болезнь Панкертсона*). Все перечисленные выше показатели заставили Госкомсанэпиднадзор России отнести алюминий, содержащийся в питьевой воде к высокоопасным веществам (класс опасности 2).

Высокие концентрации алюминия в природной воде встречаются нечасто и зависят от многих факторов (рН, наличие и концентрация комплексообразователей, окислительно-восстановительный потенциал системы, загрязнение промышленными сточными водами). Его концентрации в подземных водах колеблются от 0 до 242,2 мг/л, в поверхностных водах - от 0 до 10 мг/л. В значительной части источников водоснабжения алюминий содержится в концентрациях от десятых долей миллиграмма до нескольких миллиграммов в 1 л. Гигиеническое нормирование алюминия в питьевой воде связано с *применением его соединений в качестве коагулянта при водоподготовке*.

ПДК Al^{3+} в питьевой воде 0,5 мг/л, показатель вредности - санитарно-токсикологический.

Вместе с тем следует отметить, что алюминий в организме человека крайне необходим в качестве минерального вещества, влияющего на активность некоторых ферментов.

Барий. В природных водах содержание бария составляет 0,001—0,01 мг/л, редко — 0,1 мг/л. Геотермальные соленые воды могут содержать до 10 мг/л бария. Барий может поступать в источники водоснабжения со сточными водами металлургической, машиностроительной, фармацевтической промышленности, от производства бумаги и пластических материалов. В воде хорошо растворимы хлорид, нитрат и сульфат бария, а также его гидроксид.

Растворимые соединения бария хорошо всасываются и способны к кумуляции (накоплению) в организме. Барий — высокотоксичное вещество, способное вызывать даже в низких дозах отдаленные неблагоприятные последствия — гонадотоксический, эмбрио-токсический и мутагенный эффекты. При поступлении в организм барий может кумулироваться в костной ткани, что усугубляет его опасность для здоровья.

ПДК Ba^{2+} в питьевой воде 01 мг/л, показатель вредности – санитарно-токсикологический.

Бериллий. Бериллий известен как высокотоксичный и кумулятивный клеточный яд. Доказаны его цитотоксический, сенсибилизирующий, эмбриотоксический и канцерогенный эффекты. Указанные нарушения выявлены в основном при ингаляционном поступлении вещества. Бериллий плохо всасывается при поступлении с водой, так как в кислом содержимом желудка образуются его нерастворимые соединения. Поскольку бериллий обладает способностью проникать во все органы, клетки и органеллы, повреждая клеточные мембраны, он способен вызывать широкий спектр отдаленных эффектов неблагоприятного действия. Эти обстоятельства делают проблему гигиенического нормирования бериллия достаточно актуальной. Тем более что концентрации бериллия в подземных водах горно-складчатых областей (Урал) в десятки и сотни раз превышают предельно допустимые, а поверхностные воды загрязняются бериллием при поступлении в них сточных вод авиационной промышленности и предприятий по созданию космических летательных аппаратов, от производства люминесцентных ламп и кинескопов. ***ПДК Be^{2+} в питьевой воде 0,0002 мг/л показатель вредности – санитарно-токсикологический***

Стронций. В местностях, где для питьевых целей используют воду глубоких подземных горизонтов с повышенным содержанием стронция, при массовых медицинских обследованиях детей были выявлены нарушения развития костной ткани, проявляющиеся в задержке развития зубов, позднем зарастании родничка и т. п. Такая патология является отражением конкурентных отношений стронция и кальция при распределении их в организме.

Аналогичные данные были получены в санитарно-токсикологическом эксперименте. По результатам натурных и экспериментальных данных медицинских обследований детских коллективов был обоснован норматив содержания стабильного стронция в питьевой воде. Необходимость норматива по стронцию в нашей стране обусловлена тем, что подземные воды, обогащенные стронцием, распространены на территории ряда областей европейской части России, в Прикаспии и в Якутии. Особенно высокие концентрации, выше 7 мг/л, обнаружены в подземных водах Смоленской, Тверской, Астраханской и Московской областей, Среднем Поволжье. Содержание стронция в речной воде, как правило, составляет десятые доли миллиграмма в 1 л и лишь на некоторых территориях возрастает до нескольких единиц. ***ПДК Sr^{2+} в питьевой воде 7,0 мг/л, показатель вредности – санитарно-токсикологический***

Молибден. Молибден — необходимый для организма элемент, но расстройства здоровья при его недостатке в рационе описаны только у домашних животных. Избыток же молибдена в организме человека может вызывать нарушения обмена пуриновых оснований, которые выражаются в артрозах (молибденовая подагра).

Содержание молибдена в подземных и поверхностных водах достигает уровня тысячных и сотых долей миллиграмма на 1 л. Однако известны геохимические провинции (например, в Томской области), где концентрации молибдена в воде достигают десятых долей миллиграмма в 1 л. В районах с промышленной добычей молибдена, в загрязненных сточными водами поверхностных водоемах концентрации молибдена составляли 1 мг/л. Следует отметить, что биологическая активность молибдена в водах с высоким содержанием сульфатов ниже, так как сульфаты способствуют выведению

молибдена с мочой. *ПДК молибдена в питьевой воде 0,25 мг/л, показатель вредности – санитарно-токсикологический*

Ориентировочное предельно-допустимое значение содержания в водах суммы металлов составляет 0,001 ммоль/л).

6.2.15. Токсичные неметаллы

Мышьяк. В середине XIX века среди населения одного из городов Силезии появилось массовое заболевание, получившее название «**копытная болезнь**» из-за характерных наростов-мозолей на коже стоп. В дальнейшем было установлено, что это явилось следствием хронического отравления колодезной водой, содержащей высокие концентрации мышьяка. Кроме того, у людей, потреблявших такую питьевую воду, могут *поражаться кровеносные сосуды*. Известны случаи интоксикации мышьяком в результате потребления для питьевых целей воды из законсервированной шахты по добыче мышьяковистой руды. Международным агентством по изучению рака (МАИР) считается доказанной роль мышьяка, содержащегося в воде, *в возникновении опухолевых заболеваний человека*. По оценкам экспертов ВОЗ, воздействие в течение всей жизни мышьяка, поступающего с водой в концентрации 0,2 мг/л, дает 5%-ный риск развития рака кожи. *ПДК As в питьевой воде 0,05 мг/л, показатель вредности – санитарно-токсикологический*

Содержание мышьяка в пресных поверхностных и подземных водах, как правило, невысоко. Но на территориях биогеохимических провинций, связанных с залеганием полиметаллических руд, концентрация его может превышать 1 мг/л. Формы, в которых мышьяк находится в водах с реакцией близкой к нейтральной, различны: это могут быть мышьяковистая кислота в молекулярной форме, анионы мышьяковой кислоты, комплексные соединения с органическим веществом. Специальными исследованиями показана одинаковая степень опасности для здоровья воды, содержащей указанные формы мышьяка.

В отходах промышленности (гидрохимические процессы цветной металлургии, зола ТЭЦ, работающих на угле), идущих в отвалы, могут быть высокие концентрации мышьяка, представляющие реальную опасность загрязнения грунтовых и межпластовых вод.

Селен. Селен - необходимый микроэлемент для организма человека. Он участвует во многих биохимических процессах, в том числе в синтезе специфических белков. Однако при высоком содержании селена в питьевой воде в организме человека нарушаются формирование эмали зубов и кальциевый обмен, страдают функции печени.

Селен часто присутствует в подземных водах, но фоновые концентрации его, как правило, не превышают допустимых (*ПДК селена в питьевой воде - 0,01 мг/л, показатель вредности – санитарно-токсикологический*). Известны геохимические провинции (Тува, Южный Урал), где в воде обнаруживали концентрации селена до 0,4 мг/л.

Бор. В высоких концентрациях бор обнаруживают в сильно минерализованных подземных водах и морской воде. Известны биогеохимические провинции, для которых характерны повышенное содержание бора в почве, растениях, воде поверхностных источников водоснабжения (степные районы Омской, Новосибирской областей, Алтайского края). На этих территориях питьевая вода является основным источником поступления бора в организм человека. *ПДК бора в питьевой воде 0,5 мг/л, показатель вредности – санитарно-токсикологический*

В экспериментальных и в природных условиях при поступлении в организм высоких концентраций бора с питьевой водой наблюдались серьезные расстройства

функций половой сферы у представителей обоих полов, а также выраженный эмбриотоксический эффект. Бор хорошо всасывается в желудочно-кишечном тракте, но выводится медленно. С учетом высокой опасности присутствия биологически эффективных концентраций бора в питьевой воде, он включен в программу анализа питьевой воды.

Фтор (фториды). Фтор в виде фторидов может содержаться в природных и грунтовых водах, что обусловлено его присутствием в составе некоторых почвообразующих (материнских) пород и минералов.

Известно влияние **избытка фтора** в питьевой воде на развитие заболевания **флюороза**, одним из признаков которого является пятнистость эмали зубов. Появляясь в период формирования постоянных зубов, пятнистость эмали остается на всю жизнь. Кроме того, избыток фтора в организме осаждает кальций, что приводит к нарушениям кальциевого и фосфорного обмена. Избыточное поступление фтора вызывает нарушения окостенения скелета у детей, изменения в мышце сердца и в деятельности нервной системы.

Недостаток фтора в рационе способствует **развитию кариеса зубов** — основной причины потери зубов в юношеском и зрелом возрасте. Причин кариеса зубов много — недостаток кальция в рационе, ослабление иммунного статуса организма, плохой уход за зубами и пр. Однако отмечено, что кариес зубов распространен в регионах, где пользуются водой с низкой концентрацией фтора.

Кроме влияния на развитие и функцию зубочелюстной системы очень важна роль фтора в регуляции минерального обмена скелета; при этом в раннем возрасте он способствует процессу минерализации костей, а в пожилом возрасте уменьшает степень возрастной деминерализации костной ткани.

Несмотря на присутствие фтора в составе некоторых продуктов питания (чай, морепродукты), основное его количество, необходимое для жизнедеятельности организма, поступает с питьевой водой. В этом отличие фтора от остальных (порядка двух десятков) эссенциальных (необходимых) для организма человека микроэлементов. Большая пораженность населения кариесом зубов наблюдается при содержании фтор-иона в питьевой воде ниже 0,5 мг/л. Частота кариеса уменьшается при увеличении концентрации до 1 мг/л. Возрастание концентрации до 1,5—2,0 мг/л вызывает крапчатость эмали зубов (первый признак флюороза) у 15—20 % населения. У людей, потребляющих воду с концентрацией фтора более 3—6 мг/л, отмечается не только поражение зубов, но и деформирующие формы флюороза скелета. Принято, что содержание фтора в питьевой воде на уровне 1 мг/л является безопасным (оптимальная концентрация). Таким образом, характерным для фтора является узкий диапазон его биологических доз, что учитывается при гигиеническом нормировании его содержания в питьевой воде.

Степень биологической активности фтора зависит не только от его концентрации, но и от формы существования в воде. Наибольшей активностью обладает фтор-ион, фтор же комплексных соединений малодоступен для организма. Это обстоятельство учитывается при гигиенической оценке питьевой воды и должно приниматься во внимание при организации лабораторного контроля за качеством питьевой воды. Вопрос необходимости фторирования питьевой воды должен решаться в каждом случае с учетом содержания фтора в атмосферном воздухе, пищевом рационе населения и обязательно с учетом пораженности детей кариесом зубов.

С 70-х годов на страницах специальных журналов ведется дискуссия о возможном влиянии фтора питьевой воды на онкологическую заболеваемость населения. Поводом для дискуссии послужили данные о повышенной онкологической заболеваемости у рабочих, имеющих производственный контакт с фтором (горнодобывающая промышленность, производство алюминия), а также экспериментальные данные о канцерогенной активности фторида и сульфата бериллия, наблюдавшейся в опытах на крысах. Во всех

случаях поступление фтора в организм осуществлялось ингаляционным путем. Прямые исследования влияния фтора воды на онкологическую заболеваемость населения не дали положительного ответа. Это позволило экспертам Международного агентства по изучению рака (МАИР) сделать вывод о том, что данные, на основании которых предполагается канцерогенная активность фтора воды, недостаточны для категорического заключения и необходимы дополнительные исследования по этому вопросу. По этим причинам определение фтора в питьевой воде, а также грунтовых водах (например, воде колодцев и артезианских скважин) и воде водоемов хозяйственно-питьевого назначения, является очень важным.

ПДК фтора в питьевой воде для разных климатических районов составляет от 1,2 до 1,5 мг/л, лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсический.

Массовое обследование источников водоснабжения России, проведенное в 50 - 60-х годах, позволяет сделать вывод, что в 97 % поверхностных и 68 % подземных источников природное содержание фтор-иона не превышает 0,5 мг/л, а содержание фтор-иона свыше 1,5 мг/л наблюдается в 13 % подземных источников. В настоящее время в связи с резко возросшим применением минеральных удобрений (суперфосфат), содержащих значительные примеси фторидов, концентрации фтор-иона в поверхностных источниках возросли. Следует учитывать также возможность локального повышения концентрации фтор-иона в источниках, загрязненных сточными водами алюминиевых, суперфосфатных и криолитовых заводов. Большое количество фтора поступает в организм людей, проживающих в зоне влияния этих предприятий, и с атмосферным воздухом. При оценке обеспеченности организма фтором следует учитывать дополнительное поступление его с фторсодержащими зубными пастами.

6.2.16. Токсичные соединения

Цианиды. Под цианидами понимают неорганические соединения с ионом CN^- ; ***органические соединения с циан-ионом носят название нитрилов.*** Цианиды являются промежуточными продуктами метаболизма организма животных и человека.

Техногенными источниками поступления цианидов в окружающую среду служат производство полимеров, кокса, извлечение благородных металлов, гальванопластика, некоторые технологии органического синтеза.

Циан-ион обладает выраженной реакционной способностью, в результате чего его высокие токсичные концентрации в воде источников водоснабжения крайне редки и связаны с аварийными ситуациями на промышленных предприятиях. При хлорировании питьевой воды в условиях нейтральной реакции и при наличии свободного хлора концентрации цианидов снижаются до очень низких значений.

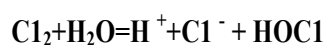
Впервые норматив содержания цианидов в питьевой воде был дан в американском национальном стандарте питьевой воды (1962 г.) на уровне 0,2 мг/л. Этот же норматив был рекомендован и Международным стандартом питьевой воды в 1968 г. Обоснованием норматива служила эмпирически установленная доля допустимой суточной дозы (ДСД) цианидов, поступающая в организм с водой. В Руководстве по контролю качества питьевой воды (ВОЗ, 1984 г.) норматив цианидов остается, но с учетом коэффициента запаса (немотивированного) снижается до 0,1 мг/л, а во втором издании упомянутого Руководства (ВОЗ, 1993 г.) - до 0,07 мг/л. В стандарте США 1977 г. норматив цианидов исключен как практически нецелесообразный из-за низкого содержания цианидов в используемой питьевой воде. У нас в стране ***ПДК цианидов в питьевой воде 0,035 мг/л, показатель вредности – санитарно-токсикологический.***

Активный хлор. Хлор может существовать в воде не только в составе хлоридов, но и в составе других соединений, обладающих сильными окислительными свойствами. К та-

ким соединениям хлора относятся свободный хлор (Cl_2), гипохлорит-анион (ClO^-), хлорноватистая кислота (HClO), хлорамины (вещества, при растворении в воде которых образуются монохлорамин NH_2Cl , дихлорамин NHCCl_2 , трихлорамин NCCl_3). Суммарное содержание этих соединений называют термином «активный хлор».

Содержащие активный хлор вещества подразделяют на две группы: сильные окислители — хлор, гипохлориты и хлорноватистая кислота, содержат так называемый **«свободный активный хлор»**; слабые окислители — хлорамины, содержат **«связанный активный хлор»**. Благодаря сильным окислительным свойствам соединения, имеющие активный хлор, используются для обеззараживания (дезинфекции) питьевой воды и воды в бассейнах, а также для химической очистки некоторых сточных вод. Кроме того, некоторые содержащие активный хлор соединения (например, хлорная известь) широко используются для ликвидации очагов распространения инфекционных загрязнений.

Наиболее широко для дезинфекции питьевой воды используется свободный хлор, который при растворении в воде диспропорционирует по реакции:



В природной воде содержание активного хлора не допускается; в питьевой воде его содержание установлено в пересчете на хлор на уровне 0,3-0,5 мг/л в свободном виде и на уровне 0,8-1,2 мг/л в связанном виде. В данном случае приведен диапазон концентраций активного хлора, т.к. при меньших его концентрациях возможна неблагоприятная ситуация по микробиологическим показателям, а при больших — превышение непосредственно по активному хлору. Активный хлор в указанных концентрациях присутствует в питьевой воде непродолжительное время (не более нескольких десятков минут) и нацело удаляется даже при кратковременном кипячении воды. По этой причине анализ отобранной пробы на содержание активного хлора следует проводить немедленно. Интерес к контролю содержания хлора в воде, особенно в питьевой воде, возрос после осознания того факта, что хлорирование воды приводит к образованию заметных количеств хлоруглеводородов, вредных для здоровья населения. **Особую опасность представляет хлорирование питьевой воды, загрязненной фенолом.** ПДК для фенолов в питьевой воде при отсутствии хлорирования питьевой воды установлено 0,1 мг/л, а в условиях хлорирования (при этом образуются гораздо более токсичные и имеющие резкий характерный запах хлорфенолы) — 0,001 мг/л. Аналогичные химические реакции могут протекать с участием органических соединений природного или техногенного происхождения, приводя к различным токсичным хлорорганическим соединениям — **ксенобиотикам**.

Тригалометаны. В питьевой воде городов некоторых стран обнаруживаются так называемые галогенсодержащие соединения (ГСС), попадающие в источники водоснабжения с промышленными сточными водами некоторых производств. Однако основная причина появления таких веществ в питьевой воде оказалась связанной с процессами обеззараживания питьевой воды, и прежде всего с ее хлорированием. В процессе хлорирования воды образуются сотни галогенсодержащих соединений, качественный и количественный состав которых зависит от исходного содержания в воде предшественников — гуминовых и фульвокислот, хинонов, фенолов и др.

Основываясь на данных о максимальной концентрации галогенсодержащих соединений определявшихся в воде, частоте их обнаружения в питьевой воде и воде источников, степени бластогенной и мутагенной активности и др., составлен список наиболее значимых с гигиенических позиций ГСС, включающий 24 вещества. Из их числа в группу таких соединений вошли: хлороформ, четыреххлористый углерод, дихлорбромметан, дибромхлорметан, трихлорэтилен, тетрахлор-этилен, бромформ, ди-

хлорметан, 1,1-дихлорэтилен.

ГСС обладают высокой биологической активностью, их воздействие проявляется позднее в образовании злокачественных опухолей, генетических болезнях и т. п. В эпидемиологических наблюдениях за контингентами потребителей водопроводной воды, содержащей ГСС, выявлена повышенная заболеваемость опухолями. Однако этот факт трудно отнести лишь за счет ГСС, так как в той же воде присутствовали и другие вещества, известные как канцерогены. Кроме того, обследованное население испытывало влияние и загрязненного канцерогенами атмосферного воздуха. В экспериментальных отечественных и зарубежных исследованиях на животных канцерогенный эффект отмечался при дозах ГСС в десятки и сотни тысяч раз выше концентраций, которые реально обнаруживаются в питьевой воде. В подобной ситуации окончательный вывод об опасности содержания ГСС в питьевой воде сделать не представляется возможным. Однако следует прислушаться к мнению некоторых ученых, что длительное действие даже следовых количеств канцерогенов, содержащихся в питьевой воде, может усилить все возможные неблагоприятные эффекты этих соединений.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). ПАУ представляют собой большую группу органических соединений, в молекуле которых присутствуют два или более бензольных кольца, кроме того, в составе молекулы ПАУ могут быть и неароматические кольца. ПАУ могут синтезироваться некоторыми бактериями, водорослями и высшими растениями, но гигиенически значимые количества ПАУ поступают в окружающую среду как продукты неполного сгорания органического топлива, побочные и промежуточные продукты органического синтеза. Многочисленные источники ПАУ, связанные с химическим производством и различными процессами сжигания, загрязняют ими все объекты окружающей среды. ПАУ малорастворимы в воде, но обладают высокой способностью к сорбции на глинах и других донных осадках, что ведет к появлению в водной среде более высоких концентраций, чем те, которые возможны на основании представления о растворимости. При воздействии солнечного света с достаточной энергией ультрафиолетового излучения ПАУ подвергаются в водной среде фотолизу.

Сведения о хронической токсичности ПАУ при их поступлении в организм немногочисленны. Они могут вызывать различные поражения кожи и ее сальных желез, поражения костного мозга, лимфатической системы.

Среди ПАУ встречаются соединения, обладающие **канцерогенными свойствами**; потенциально опасными для человека в этом отношении признаны 14 ПАУ. Наиболее сильным канцерогеном, кроме того, обладающим наибольшей относительной стабильностью по сравнению с другими канцерогенными ПАУ, является бенз(а)пирен (БП).

Бенз(а)пирен широко известен как безусловный канцероген для человека, наиболее сильный по сравнению с другими канцерогенными ПАУ. Канцерогенная опасность для человека воды, загрязненной бенз(а)пиреном, невелика. При реальном содержании его в неочищенной воде умеренно загрязненных источников водоснабжения в промышленных областях доза потребления его человеком с питьевой водой, по крайней мере, на три порядка меньше, чем поглощаемая с обычным пищевым рационом. Однако бенз(а)пирен считают признанным индикатором присутствия в воде других ПАУ, и с этой позиции целесообразно включить его в программу контроля качества воды водных объектов при их выборе в качестве источников питьевого водоснабжения. По некоторым данным (1985 г.), канцерогенная активность реальных сочетаний ПАУ на 68—79 % обусловлена БП.

Большую опасность для здоровья представляют полихлорированные ПАУ — дибензо-п-диоксины (ПХДД), дибензофураны (ПХДФ) и бифенилы (ПХБФ). Эти вещества обладают высокой стабильностью в окружающей среде и чрезвычайно высокой ток-

сичностью. Расчетные среднесмертельные дозы диоксинов для человека измеряются сотыми долями миллиграмма на 1 кг массы. При длительном воздействии крайне низких доз они способны вызывать **канцерогенный, тератогенный, гонадотоксический и иммуносупрессивный эффекты**.

Эти соединения поступают в водные объекты со сточными водами производств хлорфенолов и их производных, возможно поступление их в грунтовые и межпластовые воды в результате миграции в грунтах на территории захоронения промышленных отходов. **Высокая стабильность этих соединений (период полураспада от года до 10 лет в зависимости от местных условий) приводит к их накоплению в объектах окружающей среды даже при поступлении небольших количеств.** ПХДД и ПХДФ обнаруживаются в атмосферном воздухе и почве промышленных городов и их пригородов. В донных отложениях различных водных объектов они обнаруживаются часто, однако публикации о наличии этих веществ в воде источников единичны.

В организм человека полихлорированные диоксины и дибензофураны поступают в основном с продуктами питания и витающей в атмосферном воздухе пылью. В связи с их накоплением в объектах окружающей среды диоксины и дибензофураны могут появиться в воде источников водоснабжения в биологически значимых концентрациях.

СПАВ. Синтетические поверхностно-активные вещества получили широкое распространение, как в быту, так и в промышленности. В большом количестве, по завершении технологического процесса, их сбрасывают со сточными водами. Несмотря на отбор для производства только способных к биоразложению (так называемых «мягких») СПАВ, сточные воды и после очистки содержат эти соединения в значительных количествах. Поверхностные источники водоснабжения оказались повсеместно ими загрязнены. Главное потребительское свойство этих соединений — поверхностная активность — позволяет им мигрировать через горные породы, являющиеся водоупорами, что приводит к загрязнению СПАВ подземных горизонтов, считающихся надежно защищенными.

Будучи сами малотоксичными, **СПАВ способствуют проникновению через биологические мембраны малорастворимых, высокотоксичных (металлоорганические), либо канцерогенных (ПАУ, производные бензола) соединений.** Однако ведущий признак неблагоприятного действия СПАВ на питьевую воду — это изменение органолептических свойств, в первую очередь **пенообразование, придание воде привкуса**. Наличие СПАВ в воде водного объекта приводит к интенсивному развитию микрофлоры, что изменяет способность водоема к самоочищению от органических соединений. **ПДК анионоактивных ПАВ в питьевой воде 0,5 мг/л**

Нефтепродукты. Проблема загрязнения водных объектов нефтью и продуктами ее переработки — одна из глобальных проблем XX в. За 100 лет добычи нефти была «сожжена» пятая часть разведанных мировых запасов. В процессе добычи, транспортирования, переработки и потребления нефти и нефтепродуктов загрязняются все элементы среды обитания человека. Известно, что нефть представляет собой сложную смесь алифатических, ароматических и полициклических углеводородов с различными физико-химическими константами (плотность, летучесть, растворимость в воде и пр.).

Нефтепродукты могут выпадать в донные осадки, находиться в толще воды в виде эмульсии, быть растворенными в воде, образовывать на поверхности пленку. Наиболее выраженным неблагоприятным эффектом присутствия нефтепродуктов в водном объекте — изменение органолептических свойств воды: появление специфического запаха и радужных пятен на поверхности. Поэтому в природоохранной деятельности и санитарной охране водных объектов получил распространение как один из показателей загрязнения воды термин «нефтепродукты». Показатель «нефтепродукты» — один из обязательных для контроля, так называемых обобщенных показателей качества питье-

вой воды. Токсические свойства углеводов, определяющих состав нефтепродуктов, не могут проявиться при потреблении питьевой воды, поскольку токсические концентрации гораздо выше, чем концентрации, при которых человек отказывается от потребления такой воды. Однако практическое значение этого показателя остается весомым, так как обычные приемы водоподготовки не могут полностью устранить «керосиновый» запах воды, загрязненной нефтепродуктами.

Сельскохозяйственные пестициды. Наблюдающаяся во всем мире химизация сельскохозяйственного производства способствует повсеместному загрязнению окружающей среды этими токсикантами. Исходя из назначения пестицидов, для всех них характерна высокая биологическая активность. По химической природе пестициды весьма разнообразны; наиболее часто среди них встречаются хлорорганические и фосфорорганические соединения, карбаматы.

Хлорорганические пестициды первых поколений отличались крайне высокой стабильностью и способностью к биоаккумуляции, они и через несколько лет после применения продолжают циркулировать в природной среде. Несмотря на запрещение применения ДДТ в середине 60-х годов, до сих пор его находят в тюленьем жире в Арктике и Антарктике, а также в молоке кормящих женщин, не имевших производственного контакта с пестицидом. Такой же стабильностью обладает и гексахлорциклогексан — действующее начало широко известного инсектицида линдана.

Менее стабильны в водной среде фосфорорганические пестициды, но в связи с высокими дозами их применения, а также с широким ассортиментом соединений возможность загрязнения ими источников водоснабжения высока.

Поступление пестицидов в источник водоснабжения возможно с поверхностным стоком с обрабатываемых полей, в результате миграции в грунтовые и глубже лежащие водоносные горизонты, с производственными сточными водами. Не исключены и залповые поступления при авиаобработке, а также в результате преступно халатного отношения при ликвидации препаратов с истекшим сроком годности. Проблема обезвреживания негодных пестицидов в масштабе страны, до сих пор не решена.

Неблагоприятные эффекты, связанные с постоянным получением с питьевой водой малых доз пестицидов, могут быть различными, но все они, как правило, связаны с нарушением тех или иных ферментных систем: могут развиваться различные болезни обмена веществ, расстройства функций иммунной системы. Особенно опасен длительный контакт с пестицидами женщин в период беременности и детей. Среди населения, подвергавшегося воздействию пестицидов через питьевую воду, было больше случаев вирусного гепатита, чем среди населения, пользовавшегося водой из благополучного по химическому составу источника. Высокие концентрации пестицидов в воде источника водоснабжения способны влиять на микрофлору воды, изменять устойчивое соотношение между количеством патогенных и санитарно-показательных видов микрофлоры, что необходимо учитывать при трактовке результатов бактериологического анализа и оценке санитарных ситуаций. Еще одна сторона неблагоприятного влияния пестицидов на здоровье — способность многих из них (амины, амиды) к нитрозированию. В связи с высокими дозами азотных удобрений при интенсивных агротехнологиях возникает реальная опасность загрязнения источников водоснабжения нитрозосоединениями, о канцерогенной опасности которых говорилось выше.

Радиоактивные вещества. Особым видом химического загрязнения питьевой воды является присутствие в ней радиоактивных веществ. Хотя влияние природных радионуклидов, присутствующих в питьевой воде, на коллективную дозу облучения населения очень мало, локально имеют место случаи и значительного облучения за счет радона (одного из газообразных продуктов распада урана), содержащегося в некоторых месторождениях пресных подземных вод.

Количество радионуклидов техногенного происхождения в питьевой воде обычно весьма ограничено благодаря проведению технологических циклов и постоянному контролю за источниками радионуклидов. Однако около 250 радиоактивных изотопов попадают в окружающую среду в результате работы ядерных установок. Эти радиоактивные частицы вместе с водой, пылью, пищей и воздухом попадают в организмы животных, людей, вызывая онкологические заболевания, врожденные уродства, снижение функции иммунной системы, и увеличивают общую заболеваемость населения. Учитывая широкое использование расщепляющихся материалов в различных отраслях современного производства, нельзя надеяться только на контроль радиоактивного загрязнения на самом производстве; необходим радиационный контроль и за водой источника питьевого водоснабжения.

6.3. Интегральная и комплексная оценка качества воды

Данные о влиянии на здоровье населения отдельных компонентов химического состава питьевой воды, изложенные выше, получены либо в экспериментах с лабораторными животными, когда воздействие отдельного фактора обеспечивается программой эксперимента, либо в натурных наблюдениях за населением, пользующимся водой из подземного источника, который характеризуется выраженной повышенной концентрацией какого-либо компонента на фоне обычного макроэлементного состава воды.

В естественных условиях химический состав питьевой воды, как правило, многокомпонентен. Эффекты воздействия воды с многокомпонентным составом на организм не являются простой суммой эффектов отдельных компонентов. Кроме того, в реальной жизни человек находится под влиянием неблагоприятных факторов производственной среды, атмосферного воздуха, жилой среды, рациона питания и пр. Выявить в этих условиях роль водного фактора в развитии нарушений здоровья населения бывает очень трудно, поскольку его маскирует более выраженное действие других факторов среды. Однако, несомненно, что в каждом населенном месте с неблагоприятной, техногенно измененной средой обитания часть патологии населения имеет своей причиной потребление загрязненной питьевой воды.

Каждый из показателей качества воды в отдельности, хотя и несет информацию о качестве воды, все же не может служить мерой качества воды, поскольку не позволяет судить о значениях других показателей, хотя иногда бывает косвенно связан с некоторыми из них. Например, увеличенное, по сравнению с нормой, значение БПК₅ косвенно свидетельствует о повышенном содержании в воде легкоокисляющихся органических веществ; увеличенное значение электропроводности — о повышенном солесодержании и др.

Вместе с тем, результатом оценки качества воды должны быть некоторые ***интегральные показатели, которые охватывали бы основные показатели качества воды (либо те из них, по которым зафиксировано неблагополучие).***

В простейшем случае, при наличии результатов по нескольким оцениваемым показателям, **может быть рассчитана сумма приведенных концентраций компонентов, т.е. отношение их фактических концентраций к ПДК (правило суммации).**

Критерием качества воды при использовании правила суммации является выполнение неравенства:

$$\sum \frac{C_{\phi i}}{ПДК_i} \leq 1,$$

где - $C_{\phi i}$ и $ПДК_i$ - фактическая концентрация в воде и ПДК для i-го компонента.

Следует отметить, что сумма приведенных концентраций может рассчитываться только для химических веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности — органолептическим и санитарно-токсикологическим.

При наличии результатов анализов по достаточному количеству показателей можно определять классы качества воды, которые являются интегральной характеристикой загрязненности поверхностных вод. *Классы качества определяются по индексу загрязненности воды (ИЗВ), который рассчитывается как сумма приведенных к ПДК фактических значений 6 основных показателей качества воды по формуле:*

$$ИЗВ = \frac{\sum \frac{C_{\phi i}}{ПДК_i}}{6},$$

где $C_{\phi i}$ — среднее значение определяемого показателя за период наблюдений (при гидрохимическом мониторинге это среднее значение за год);

$ПДК_i$ — предельно-допустимая концентрация для данного загрязняющего вещества;
6 — число показателей, берущихся для расчета.

Значение ИЗВ рассчитывают для каждого пункта отбора проб (створа). Далее по таблице 7, в зависимости от значения ИЗВ, определяют класс качества воды.

Таблица 7. Характеристики интегральной оценки качества воды

ИЗВ	Класс качества воды	Оценка качества (характеристика) воды
Менее и равно 0.2	I	Очень чистые
Более 0.2-1	II	Чистые
Более 1-2	III	Умеренно загрязненные
Более 2-4	IV	Загрязненные
Более 4-6	V	Грязные
Более 6-10	VI	Очень грязные
Свыше 10	VII	Чрезвычайно грязные

В число шести основных, так называемых «лимитируемых» показателей, *при расчете ИЗВ входят, в обязательном порядке, концентрация растворенного кислорода и значение БПК₅, а также значения еще четырех показателей*, являющихся для данного водоема (воды) наиболее неблагоприятными, или которые имеют наибольшие приведенные концентрации (отношение $C_i/ПДК_i$). *Таковыми показателями, по опыту гидрохимического мониторинга водоемов, нередко бывают следующие: содержание нитратов, нитритов, аммонийного азота (в форме органических и неорганических аммонийных*

соединений), тяжелых металлов — меди, марганца, кадмия и др., фенолов, пестицидов, нефтепродуктов, СПАВ.

Для расчета ИЗВ показатели выбираются независимо от лимитирующего признака вредности, однако при равенстве приведенных концентраций предпочтение отдается веществам, имеющим санитарно-токсикологический признак вредности (как правило, такие вещества обладают относительно большей вредностью).

Очевидно, не все из перечисленных показателей качества воды могут быть определены полевыми методами. *Задачи интегральной оценки осложняются еще и тем обстоятельством, что для получения данных при расчете ИЗВ необходимо проводить анализ по широкому кругу показателей, с выделением из их числа тех, по которым наблюдаются наибольшие приведенные концентрации.* При невозможности проведения гидрохимического обследования водоема по всем интересующим показателям целесообразно определить, какие же компоненты могут быть загрязнителями. Это делают на основе анализа доступных результатов гидрохимических исследований прошлых лет, а также сведений и предположений о вероятных источниках загрязнений воды. При невозможности выполнения анализов по данному компоненту полевыми методами (СПАВ, пестициды, нефтепродукты и др.), следует произвести отбор проб и их консервацию с соблюдением необходимых условий, после чего доставить пробы в требуемые сроки для анализа в лабораторию.

Таким образом, задачи интегральной оценки качества воды практически совпадают с задачами гидрохимического мониторинга, т.к. для окончательного вывода о классе качества воды необходимы результаты анализов по целому ряду показателей в течение продолжительного периода.

Интересным является подход к оценке качества воды, разработанный в США. *Национальный Санитарный Фонд этой страны в 1970 г. разработал стандартный обобщенный показатель качества воды (ПКВ), получивший широкое распространение в Америке и некоторых других странах.* При разработке ПКВ использовались экспертные оценки на основе большого опыта исследований качества воды при ее использовании для многих целей - бытового и промышленного водопотребления, отдыха на воде (плавания и водных развлечений, рыбалки), охраны водных животных и рыб, сельскохозяйственного использования (водопоя, орошения), коммерческого использования (судоходства, гидроэнергетики, теплоэнергетики) и др.

ПКВ является безразмерной величиной, которая может принимать значения от 0 до 100. *В зависимости от значения ПКВ возможны следующие оценки качества воды: 100-90 – превосходное; 90-70 — хорошее; 70-50 — посредственное; 50-25 — плохое; 25-0 — очень плохое.* Установлено, что минимальное значение ПКВ, при котором удовлетворяется большинство государственных стандартов качества воды, составляет 50—58. Однако вода в водоеме может иметь значение ПКВ больше указанного, и в то же время не соответствовать стандартам по каким-либо отдельным показателям.

ПКВ рассчитывается по результатам определения 9 важнейших характеристик воды — частных показателей, причем каждый из них имеет собственный весовой коэффициент, характеризующий приоритетность данного показателя в оценке качества воды. Частные показатели качества воды, используемые при расчете ПКВ, и их весовые коэффициенты приведены в **таблице 8**.

Как следует из приведенных в **таблице 8** данных, *наиболее весовыми показателями являются растворенный кислород и количество кишечных палочек*, что вполне понятно, если вспомнить важнейшую экологическую роль растворенного в воде кислорода и опасность для человека, обусловленную контактом с загрязненной фекалиями водой.

Таблица 8. Весовые коэффициенты показателей при расчете ПКВ по данным Национального Санитарного Фонда США

Наименование показателя	Значение весового коэффициента
Растворенный кислород	0.17
Количество кишечных палочек	0,16
Водородный показатель (рН)	0,11
Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅)	0.11
Температура, тепловое загрязнение)	0.10
Общий фосфор	0.10
Нитраты	0.10
Мутность	0.08
Сухой остаток	0.07
Сумма	1.00

Кроме весовых коэффициентов, имеющих постоянное значение, для каждого отдельного показателя разработаны весовые кривые, характеризующие уровень качества воды по каждому показателю, в зависимости от его фактического значения, определяемого при анализе. Имея результаты анализов по частным показателям, по весовым кривым определяют численные значения оценки для каждого из них. Последние умножаются на соответствующий весовой коэффициент, и получают оценку качества по каждому из показателей. *Суммируя оценки по всем определенным показателям, получают значение обобщенного ПКВ.*

Обобщенный ПКВ в значительной степени устраняет недостатки интегральной оценки качества воды с расчетом ИЗВ, т.к. содержит группу конкретных приоритетных показателей, в число которых входит показатель микробного загрязнения.

При оценке качества воды, кроме интегральной оценки, в результате которой устанавливается класс качества воды, а также гидробиологической оценки методами биоиндикации, в результате которой устанавливается класс чистоты, иногда встречается также так называемая комплексная оценка, основу которой составляют методы биотестирования.

Последние относятся также к гидробиологическим методам, но отличаются тем, что позволяют определить реакцию водной биоты на загрязнения по различным тестовым организмам - как простейшим (инфузориям, дафниям), так и высшим - рыбам (гуппиям). Такая реакция иногда считается наиболее показательной, особенно применительно к оценке качества загрязненных вод (природных и сточных) и позволяет определять даже количественно концентрации отдельных соединений.

7. ОСОБЕННОСТИ ОТБОРА ПРОБ ВОДЫ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Отбор проб — операция, от правильного выполнения которой во многом зависит точность получаемых результатов. Отбор проб при полевых анализах необходимо планировать, намечая точки и глубины отбора, перечень определяемых показателей, количество воды, отбираемой для анализа, совместимость способов консервации проб для их последующего анализа. Чаще всего на водоеме отбираются так называемые *разовые пробы*. Однако, при обследовании водоема может возникнуть необходимость отбора и серий периодических и регулярных проб — из поверхностного, глубинного, придонного слоев вод и т.д. Пробы могут быть отобраны также из подземных источников, водопровода и т.п. Усредненные данные о составе вод дают *смешанные пробы*.

В нормативных документах (ГОСТ 24481, ГОСТ 17.1.5.05, ИСО 5667-2 и др.) определены основные правила и рекомендации, которые следует использовать для получения репрезентативных проб. Различные виды водоемов (водоисточников) обуславливают некоторые особенности отбора проб в каждом случае. Рассмотрим основные из них.

Пробы из рек и водных потоков отбирают для определения качества воды в бассейне реки, пригодности воды для пищевого использования, орошения, для водопоя скота, рыборазведения, купания и водного спорта, установления источников загрязнения.

Для определения влияния места сброса сточных вод и вод притоков, пробы отбирают выше по течению и точке, где произошло полное смешение вод. Следует иметь в виду, что загрязнения могут быть неравномерно распространены по потоку реки, поэтому обычно пробы отбирают в местах максимально бурного течения, где потоки хорошо перемешиваются. Пробоотборники помещают вниз по течению потока, располагая на нужной глубине.

Пробы из природных и искусственных озер (прудов) отбирают с теми же целями, что и пробы воды из рек. Однако, учитывая длительность существования озер, на первый план выступает мониторинг качества воды в течение длительного периода времени (несколько лет), в том числе в местах, предполагаемых к использованию человеком, а также установление последствий антропогенных загрязнений воды (мониторинг ее состава и свойств). Отбор проб из озер должен быть тщательно спланирован для получения информации, к которой можно было бы применять статистическую оценку. Слабопроточные водоемы имеют значительную неоднородность воды в горизонтальном направлении. Качество воды в озерах часто сильно различается по глубине из-за термальной стратификации, причиной которой является фотосинтез в поверхностной зоне, подогрев воды, воздействие донных отложений и др. В больших глубоких водоемах может появляться также внутренняя циркуляция.

Следует отметить, что качество воды в водоемах (как озерах, так и реках) носит циклический характер, причем наблюдается суточная и сезонная цикличность. По этой причине ежедневные пробы следует отбирать в одно и то же время суток (например, в 12 часов), а продолжительность сезонных исследований должна быть не менее 1 года, включая исследования серий проб, отобранных в течение каждого времени года. Это особенно важно для определения качества воды в реках, имеющих резко отличающиеся режимы — межень и паводок.

Пробы влажных осадков (дождя и снега) чрезвычайно чувствительны к загрязнениям, которые могут возникнуть в пробе при использовании недостаточно чистой посуды, попадании инородных (не атмосферного происхождения) частиц. Считается, что пробы влажных осадков не следует отбирать вблизи источников значительных загрязнений атмосферы — например, котельных или ТЭЦ, открытых складов материалов и удобрений, транспортных узлов и др. В подобных случаях проба осадков будет испытывать значительное влияние указанных локальных источников антропогенных загрязнений. Образцы осадков собирают в специальные емкости, приготовленные из нейтральных материалов.

Дождевая вода собирается при помощи воронки (диаметром не менее 20 см) в мерный цилиндр (или непосредственно в ведро) и хранится в них до проведения анализа.

Отбор проб снега обычно проводят, вырезая керны на всю глубину (до земли), причем делать это целесообразно в конце периода обильных снегопадов (в начале марта).

Пробы грунтовых вод отбирают для определения пригодности грунтовых вод в качестве источника питьевой воды, для технических или сельскохозяйственных целей, определения влияния на качество грунтовых вод потенциально опасных хозяйственных объектов, при проведении мониторинга загрязнителей грунтовых вод.

Грунтовые воды изучают, отбирая пробы из **артезианских скважин, колодцев, родников**. Следует иметь в виду, что качество воды в различных водоносных горизонтах может значительно различаться, поэтому при отборе пробы грунтовых вод следует оценить доступными способами глубину горизонта, из которого отобрана проба, возможные градиенты подземных потоков, информацию о составе подземных пород, через которые протекает горизонт. Поскольку в точке отбора пробы может создаться концентрация различных примесей, отличная от всего водоносного слоя, необходимо откачивать из скважины (или из родника, делая в нем углубление) воду в количестве, достаточном для обновления воды в скважине, водопроводе, углублении и т.п.

Пробы воды из водопроводных сетей отбирают в целях определения общего уровня качества водопроводной воды, поиска причин загрязнения распределительной системы, контроля степени возможного загрязнения питьевой воды продуктами коррозии и др.

Для получения репрезентативных проб при отборе воды из водопроводных сетей соблюдают следующие правила:

- отбор проб проводят после спуска воды в течение 10-15 мин — времени, обычно достаточного для обновления воды с накопившимися загрязнителями;
- для отбора не используют концевые участки водопроводных сетей, а также участки с трубами малого диаметра (менее 1,2 см);
- для отбора используют по возможности участки с турбулентным потоком — краны вблизи клапанов, изгибов;
- при отборе проб вода должна медленно течь в пробоотборную емкость до ее переполнения.

Отбор проб с целью определения состава воды (но не качества!) проводится также при **изучении сточных вод, вод и пара котельных установок и др.** Подобные работы имеют, как правило, технологические цели, требуют от персонала специальной подготовки и соблюдения, дополнительных правил безопасности.

При отборе проб следует обращать внимание (и фиксировать в протоколе) на сопровождавшие отбор проб гидрологические и климатические условия, такие как осадки и их обилие, паводки, межень и застойность водоема и др.

Пробы воды для анализа могут отбираться как непосредственно перед анализом, так и заблаговременно. Для отбора проб специалисты используют стандартные батометры либо бутылки вместимостью не менее 1 л, открывающиеся и наполняющиеся на требуемой глубине. В связи с тем, что для анализа полевыми методами по какому-либо одному показателю (за исключением растворенного кислорода и БПК) обычно достаточно 30-50 мл воды, отбор проб непосредственно перед анализом может быть выполнен в колбу вместимостью 250-500 мл (например, из состава комплекта-лаборатории, измерительного комплекта и т.п.).

Посуда для отбора проб должна быть чистой. Чистота посуды обеспечивается предварительным мытьем ее горячей мыльной водой (стиральные порошки и хромовую смесь не использовать!), многократным споласкиванием чистой теплой водой. В дальнейшем для отбора проб желательно использовать одну и ту же посуду. Сосуды, предназна-

ченные для отбора проб, предварительно тщательно моют, ополаскивают не менее трех раз отбираемой водой и закупоривают стеклянными или пластмассовыми пробками, прокипяченными в дистиллированной воде. Между пробкой и отобранной пробой в сосуде оставляют воздух объемом 5-10 мл. В общую посуду отбирают пробу на анализ только тех компонентов, которые имеют одинаковые условия консервации и хранения.

Отбор проб, не предназначенных для анализа сразу же (т.е. отбираемых заблаговременно), производится в герметично закрывающуюся стеклянную или пластмассовую (желательно фторопластовую) посуду вместимостью не менее 1 л.

Для получения достоверных результатов анализ воды следует выполнять, по возможности, скорее. В воде протекают процессы окисления-восстановления, сорбции, седиментации, биохимические процессы, вызванные жизнедеятельностью микроорганизмов и др. В результате некоторые компоненты могут окисляться или восстанавливаться: нитраты — до нитритов или ионов аммония, сульфаты — до сульфитов; кислород может расходоваться на окисление органических веществ и т.п. Соответственно могут изменяться и органолептические свойства воды — запах, привкус, цвет, мутность. Биохимические процессы можно замедлить, охладив воду до температуры 4-5 °С (в холодильнике).

Однако, даже владея полевыми методами анализа, не всегда есть возможность выполнить анализ сразу же после отбора пробы. В зависимости от предполагаемой продолжительности хранения отобранных проб может возникнуть необходимость в их **консервации**. Универсального консервирующего средства не существует, поэтому пробы для анализа отбирают в несколько бутылей. В каждой из них воду консервируют, добавляя соответствующие химикаты в зависимости от определяемых компонентов.

При анализе воды на некоторые показатели (например, растворенный кислород, фенолы, нефтепродукты) к отбору проб предъявляются особые требования. Так, при определении растворенного кислорода и сероводорода важно исключить контакт пробы с атмосферным воздухом, поэтому бутылки необходимо заполнять при помощи сифона — резиновой трубки, опущенной до дна склянки, обеспечивая переливание воды через край при переполнении склянки. Подробно особые условия при отборе проб (если они существуют) приводятся при описании соответствующих анализов. Следует иметь в виду, что ни консервация, ни фиксация не обеспечивают постоянства состава воды неограниченно долго. Они лишь сохраняют на определенное время соответствующий компонент в воде, что позволяет доставить пробы к месту анализа, — например, в полевой лагерь, а при необходимости — и в специализированную лабораторию. В протоколах отбора и анализа проб обязательно указываются даты отбора и анализа проб.

8. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Все методы очистки воды можно разделить на две большие группы – деструктивные и регенеративные.

Деструктивные методы позволяют снизить концентрацию загрязнителей, путем их разрушения и дальнейшим удалением продуктов распада.

Регенеративные методы решают одновременно две задачи: очищают воду от загрязнителей и утилизируют компоненты, извлекаемые из воды.

Регенеративные методы позволяют вернуть в производственный цикл ценные компоненты, что подтверждает их преимущество.

Деструктивные методы очистки воды следует применять в том случае, когда загрязнители не представляют особой ценности, являются токсичными, либо не могут быть извлечены другими способами.

Кроме того, все методы очистки могут быть классифицированы *согласно законам, лежащим в их основе на:* механические, физико-химические, химические, биохимические, электрохимические, термические.

В любой схеме очистки воды первой стадией является извлечение *крупных взвешенных частиц*, удаляемых из воды решетками, сетками, отстойниками, песколовками, нефти – и жироловушками, гидроциклонами, механическими фильтрами. Эту задачу решают *механические методы очистки*.

Химические методы – взаимная нейтрализация концентрированных стоков, окисление кислородом воздуха, хлорсодержащими агентами, озоном. Эти деструктивные методы позволяют достичь высокого эффекта очистки и перевести примеси в нерастворимую форму.

Более сложную задачу решают *физико-химические методы* – удаляют из воды *коллоидные и растворенные примеси*. К этим методам относят коагуляцию, флотацию, адсорбцию, ионный обмен, экстракцию, ректификацию, мембранные процессы.

Электрохимические методы позволяют извлекать из воды ценные компоненты. Они осуществляются при пропускании через воду электрического тока. Это электрофлотация, электрокоагуляция, электродиализ, анодное окисление и катодное восстановление.

Биохимические методы предназначены для очистки сточных вод и стабилизации жидких и твердых осадков. Они предполагают биологическую деструкцию органических загрязнителей любой степени дисперсности. Окислительные и восстановительные процессы реализуются благодаря жизнедеятельности биологической системы – сообщества микроорганизмов в аэротенках, биофильтрах, метантенках, а также в естественных условиях.

Термические методы предполагают термическую деструкцию вредных, токсичных органических и биологических загрязнителей воды.

В отдельную группу объединяют методы обеззараживания воды – методы дезинфекции, позволяющие удалять из воды патогенные и другие показательные микроорганизмы (хлорирование и озонирование воды, обработка ультрафиолетом и ультразвуком, гидродинамическая кавитация, обработка серебром). Обеззараживание реализуется в конце технологической цепочки очистки природной и сточных вод. Существуют методы позволяющие корректировать состав природной воды (улучшать состав) – методы кондиционирования (фторирование, обезжелезивание, деманганация и др.).

На практике, как правило, используют комбинацию перечисленных методов в зависимости от вида загрязнений, их дисперсности, концентрации, степени токсичности и требований, предъявляемых к очищаемой воде.

Наиболее часто реализуемые на практике методы очистки и их аппаратное оформление будут рассмотрены в соответствующих разделах учебного пособия.

9. СООРУЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ

9.1. Решетки

Решетки применяют для улавливания из воды крупных, нерастворимых, плавающих загрязнений. Попадание таких отходов в последние очистные сооружения может привести к засорению труб и каналов, поломке движущихся частей оборудования, т.е. к нарушению нормальной работы. Решетки изготовляют из круглых и прямоугольных стержней, а иногда стержни имеют каплевидную форму. Зазоры между ними (**прозоры**) равны 10 – 60 мм.

Решетки подразделяют **на: подвижные и неподвижные; с механической очисткой или ручной очисткой; устанавливаемые вертикально или наклонно.** Решетки, требующие ручной очистки, устанавливают в случае, если количество загрязнений не превышает $0.1 \text{ м}^3/\text{сут}$. При большом количестве загрязнений устанавливают решетки с механическими граблями. Схема установки решетки с ручной очисткой показана на рисунке 4.

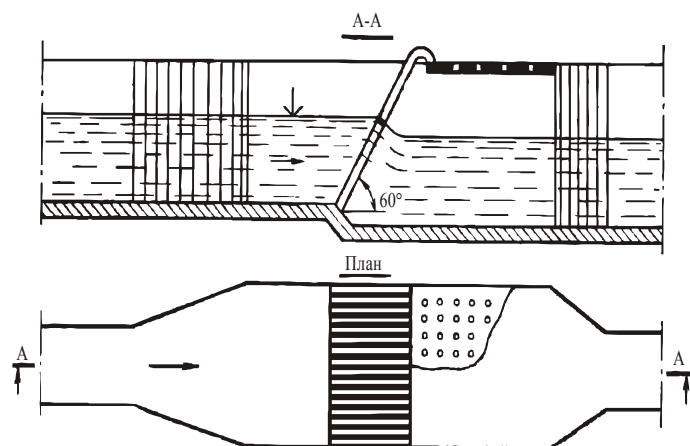


Рис. 4. Схема установки решетки с ручной очисткой

Научно-производственная фирма «ЭКОТОН» предлагает канализационные механизированные решетки Экотон с шириной прозоров 5.2 мм. Специальная каплевидная форма стержней, перемычек и стяжек препятствует засорению решеток волокнистыми отходами. Вращающиеся узлы вынесены из каналов, а элементы решетки, находящиеся в сточных водах, выполнены из нержавеющей стали; все остальные детали имеют стойкое антикоррозионное покрытие. Благодаря увеличенному живому сечению и оптимальному углу наклона потери напора в решетках не превышают 0.1 м, что является гарантией их повышенной пропускной способности (**приложение 6**).

Решетка грабельная речного типа РГР (**разработчик и изготовитель Киевский НИКТИ городского хозяйства**) предназначена для удаления твердых отходов размером более 8 мм из бытовых и промышленных сточных вод. Может применяться на станциях перекачки стоков на очистных сооружениях. Преимущество решетки РГР перед известными конструкциями с механизированными граблями: отсутствие цепей и тросов, вращающихся частей в воде, потребляемая мощность в два раза меньше. Производительность по сточной жидкости от 100 до $7000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Установочная мощность на валу 0.37 – 0.75 кВт.

Российская компания **ЗАО «ДАКТТ-ИНЖЕНЕРИНГ»** предлагает для механической очистки сточных вод высокоэффективные решетки с системой самоочистки и

возможностью адаптации к любым каналам. Решетки являются высокотехнологическим оборудованием, разработанным *фирмой ANDRITZ AG*.

Зарубежная *Фирма MEVA* занимает лидирующее положение на рынке Скандинавии среди производителей решеток тонкой очистки и является одной из ведущих в Европе. MEVA специализируется на производстве решеток тонкой очистки, предназначенных для коммунально-бытовых станций очистки сточных вод, стоков целлюлозно-перерабатывающих заводов, мясокомбинатов, пивоваренных заводов, заводов по переработке отработанных масел. Ее оригинальные *решетки Рото Скрин и Моно Скрин* установлены на предприятиях Австралии, Австрии, Польше, Норвегии, Швеции и др. Эти решетки не требуют дополнительной промывки, невосприимчивы к жирам, маслам, тряпкам, и камням, полностью автоматизированы. Общий вид и схемы работы решеток показаны в **приложении 6**.

Рото Скрин состоит из пакета неподвижных пластин и пакета подвижных пластин, выполненных в ступенчатой форме. Подвижный и неподвижный пакеты пластин расположены так, что каждая последующая подвижная пластина находится между двумя неподвижными и совершает круговое движение, т.е. подъем, перемещение, спуск. Цикл работы регулируется уровнем воды перед решеткой и за ней. Принцип работы необычайно прост и заключается в следующем. Загрязнения, находящиеся на решетке, посредством подвижной ступени –2, работающей в круговом цикле, снимаются с неподвижной ступени –1, перемещаются на ступень и укладываются на следующую ступень –3 и так шаг за шагом до линии сбора загрязнений. На рабочей поверхности решетки формируется полотно из загрязнений, которое создает дополнительный эффект повышающий действие прозоров решетки. Производительность этих решеток варьируется от 50 до 3000 л/сек., а ширина прозоров от 2 до 6 мм. Решетка Моно Скрин предназначена для малых и средних станций очистки, производительностью от 5 до 1300 л/сек. Ширина прозоров от 0.5 до 5 мм. Принципиально Моно Скрин отличается от Рото Скрин траекторией движений подвижных пластин, т.е. пакет подвижных пластин совершает в нижней части решетки эллипсное движение, которое по мере подъема к линии сбора переходит в круговое.

Российский производитель «РИОТЭК» предлагает механические ступенчатые решетки с фильтрующим прозором 2-6 мм, производительностью от 120 до 8000 м³/ч. Решетки позволяют эффективно извлекать грубые взвеси из потока сточных вод на очистных сооружениях хозяйственно-бытовой и общесплавной канализации, кожевенного производства, мехового и шерстомойного производств, картонно-бумажного производства. Решетки также обеспечат предварительную подготовку к механическому обезвоживанию различных шламов путем извлечения из них грубых и волокнистых примесей. Долговечность и надежность в работе объясняются использованием в качестве конструкционного материала - нержавеющей стали и оригинальной конструкцией привода. Возможен автоматический режим процесса очистки. Цикл самоочистки обеспечивает незасоряемость прозоров решетки.

Для задержания и измельчения загрязнений непосредственно в потоке воды без извлечения их не поверхность применяют *решетки-дробилки (комминаторы)* (рис.5).

Они состоят из щелевого барабана с трепальными гребнями и приводного механизма. Очищаемая вода поступает на вращающийся барабан. Мелкие фракции загрязнений вместе с потоком воды проходят через щели внутри барабана, а крупные задерживаются в нем и измельчаются. Измельченные отбросы с водой также поступают внутрь барабана и затем выходят из решетки дробилки. Такая конструкция является компактной, а процесс может быть полностью автоматизирован.

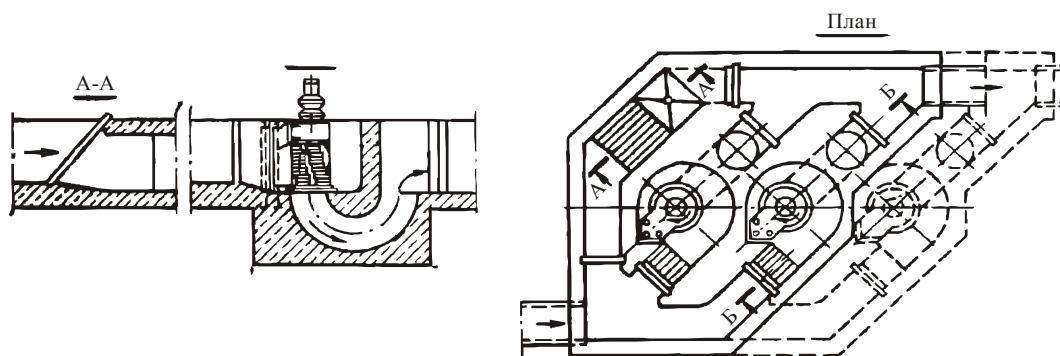


Рис. 5. Схема установки решетки-дробилки и резервной наклонной решетки

9.2. Сетки и микрофильтры

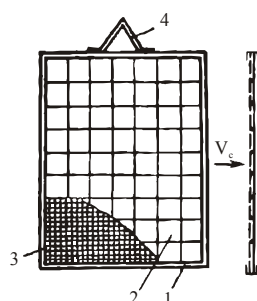


Рис. 6. Схема съемной водоочистительной сетки

- 1-рама; 2- подложка;
3- фильтровальная сетка;
4- петля подъема и опускания сетки

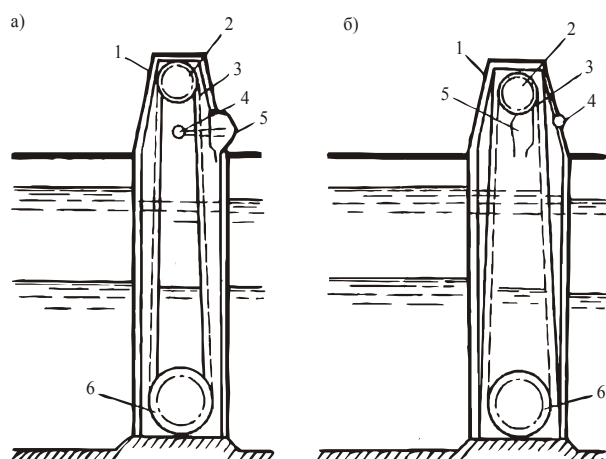


Рис.7. Вращающиеся сетки:

а- с внешним подводом воды; б- с внутренним подводом воды

1 –каркас; 2- приводной барабан; 3- лента из шарнирно соединенных звеньев; 4- ножевой sprыск для смыва загрязнений; 5- грязевой бункер; 6- ведомый барабан

Сетки и микрофильтры используют для задержания грубодисперсных примесей в процессах процеживания загрязненной воды, содержащей не более 300 мг/л взвешенных частиц. Плоская съемная сетка состоит из рамы, натянутой на нее подложки и рабочей сетки. Для подъема и опускания сетки вверху имеется петля (рис.6).

Вращающаяся сетка представляет собой каркас, на котором закреплены два барабана – верхний приводной и нижний – ведомый. На барабаны натянута лента, состоящая из отдельных, соединенных между собой шарнирно звеньев – плоских сеток (рис. 7). Основной частью **барабанных сеток и микрофильтров** является вращающийся барабан, обтянутый сеткой. Размеры ячеек барабанных сеток 0.3 – 0.8 мм, а микрофильтров 40 - 70 мкм. Барабан погружен в воду на глубину 0.6 – 0.85 от диаметра и вращается в камере со скоростью 0.1 – 0.5 м/с. Вода поступает внутрь барабана и процеживается через сетчатую поверхность. Задерживаемые сеткой примеси смываются с нее промывной водой под давлением 0.2 МПа и удаляются вместе с ней периодически. Расход промывной воды составляет 1 – 2% от количества очищенной воды. Эффективность очистки воды на барабанных сетках 40 – 45%, а на микрофильтрах 40 – 60%.

9.3. Песколовки

Песколовки предназначены для удаления из воды тяжелых минеральных примесей (главным образом песка); обычно улавливают частицы размером 0.2 – 0.26 мм. Их сооружают из сборных железобетонных элементов стандартных размеров.

В системе водоочистки наибольшее применение нашли песколовки с горизонтальным прямолинейным движением воды, горизонтальные с круговым движением воды, круглой формы с тангенциальным подводом воды и аэрируемые.

Горизонтальные песколовки – это удлиненные прямоугольные в плане сооружения с прямолинейным движением воды. Принимают глубину песколовки $H = 0.25 - 1$ м, соотношение ширины и глубины $B / H = 1/2$. Среднюю скорость движения воды принимают $u = 0,3$ м/с, продолжительность пребывания воды в песколовке 30 с. Для поддержания в песколовке постоянной скорости воды на выходе из песколовки устанавливают водослив с широким порогом. *Песок удаляют* из приемков один раз в смену *механически – скребками и гидромеханически – смывая водой (рис.8).*

Песколовки с круговым движением воды является разновидностью горизонтальных песколовок (рис.9). Вода подводится и отводится из них по лоткам. Эти песколовки применяют при расходах воды $7000 \text{ м}^3 / \text{сут.}$

Тангенциальные песколовки. Вода подводится по касательной. Проточная часть песколовки имеет небольшую глубину. При скорости движения воды в главном лотке $0,6 - 0,8$ м/с в песколовке задерживается примерно 90% песка. Осажденный песок удаляют шнеком, гидроэлеватором или смывают водой (рис.10).

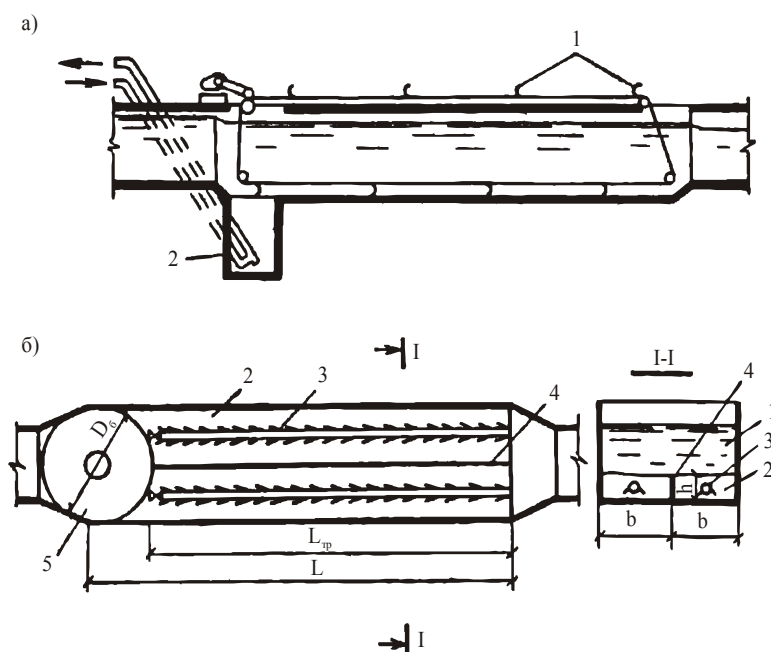


Рис. 8. Горизонтальные песколовки:

*а- с механическим удалением осадка, 1-цепной скребковый механизм; 2- гидроэлеватор;
б- с гидромеханической системой удаления осадка, 1- рабочая зона; 2- песковой лоток;
3- смывной трубопровод; 4- перегородка; 5- песковой бункер*

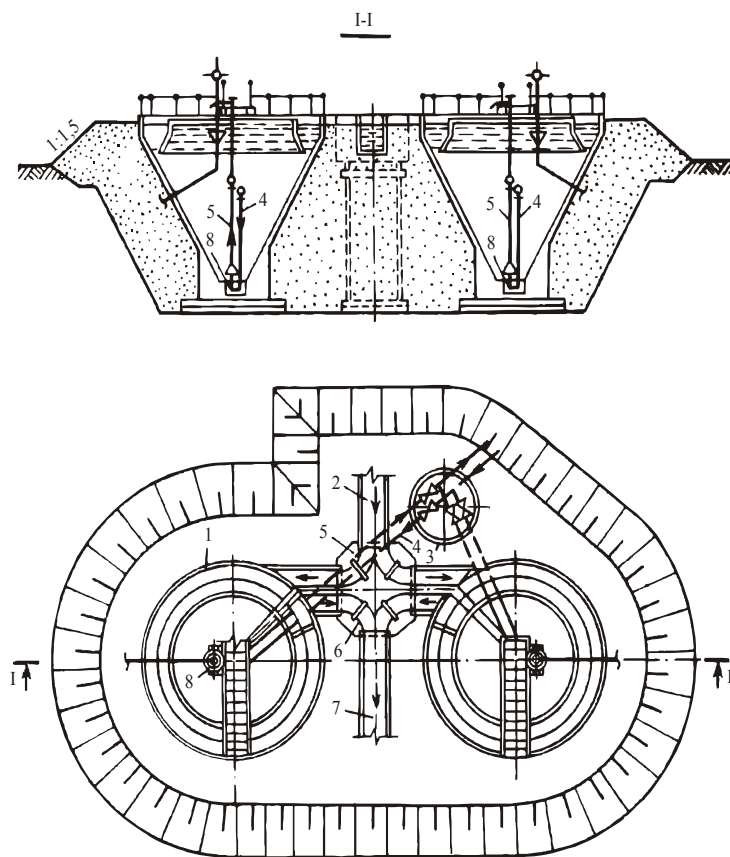


Рис.9. Горизонтальная песколовка с круговым движением воды
*1-корпус; 2- лоток для подачи очищаемой воды; 3- камера переключения;
 4- трубопровод рабочей воды; 5- пульпопровод; 6- затворы на лотках;
 7- лоток для отвода воды; 8- гидроэлеватор*

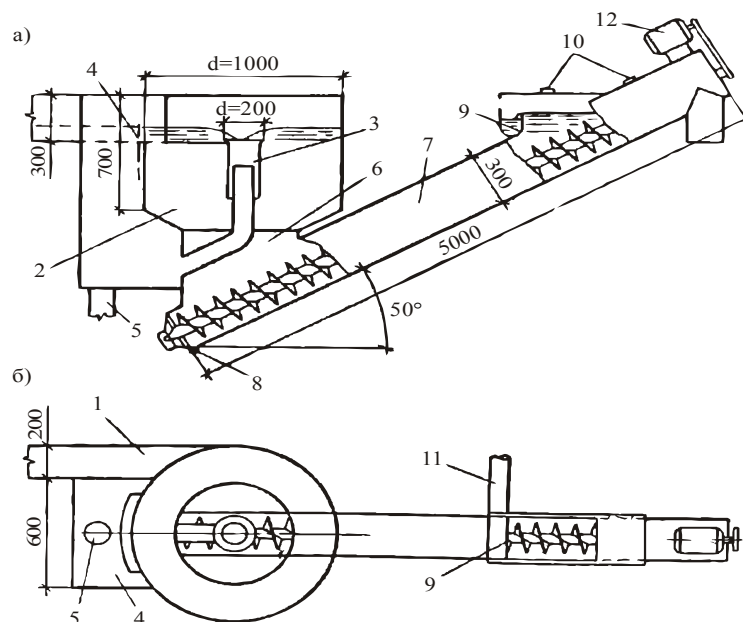


Рис.10. Тангенциальная песколовка со шнековым пескопромывателем:
а- продольный разрез; б- план
*1-подводящий лоток; 2- рабочая часть; 3- телескопическая труба; 4- подвижный боковой водослив; 5- отводящий трубопровод; 6- осадочная часть; 7- шнек; 8- пробка; 9- водослив для отвода отмытых органических веществ; 10 крышки;
 11- отвод органических веществ; 12- электродвигатель с редуктором*

Аэрируемые песколовки.

Эти сооружения применяют в тех случаях, когда требуется наиболее полное разделение примесей по крупности. Эти установки дополнены аэратором в виде перфорированных труб, через которые подается воздух (рис.11). Воздух способствует вращению воды в песколовке и, тем самым, ускоряет процесс отмыwania песка от налипших органических частиц. Отмытый песок не загнивает и является относительно стабильным при хранении на песковых картах.

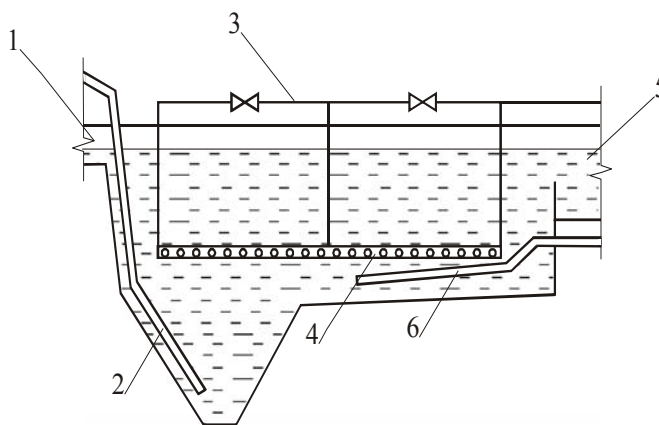


Рис.11. Аэрируемая песколовка:
1 – подача воды, 2 – отведение осадка, 3 – воздуховоды, 4 – аэратор, 5 – отвод осветленной воды, 6 – подача воды для смыва осадка

9.4. Отстойники

Отстойник является основным сооружением механической очистки сточных вод, используется для удаления оседающих или всплывающих грубодисперсных веществ органического происхождения. Различают **первичные отстойники**, которые устанавливают перед сооружениями физико-химической очистки или биологической и **вторичные отстойники** – для выделения из воды активного ила или биопленки.

В зависимости от направления движения воды отстойники подразделяют на **горизонтальные, вертикальные и радиальные.**

Эффективность осаждения взвешенных частиц в отстойниках вычисляют в процентах по зависимости:

$$\Xi = \frac{C_n - C_k}{C_n} 100 ,$$

где C_n, C_k – начальная и конечная концентрация примесей в воде, соответственно.

В большинстве случаев эффективность составляет 40-60% при продолжительности отстаивания 1 – 1,5 ч.

Для повышения эффективности осаждения в воду вводят коагулянты и флокулянты.

Горизонтальные отстойники применяют при расходах сточных вод более 15 тыс.м³/сут. Скорость движения воды 5-12 мм/с.

Горизонтальный отстойник представляет собой железобетонный прямоугольный в плане бассейн с прямолинейным горизонтальным движением воды. Вода подводится к одной из торцевых стенок отстойника проходит через перфорированный экран, либо огибает отражательную перегородку, при этом происходит равномерное распределение воды по всему живому сечению аппарата и отбой крупных взвешенных частиц. Далее вода движется вдоль отстойника до противоположной торцевой стенки. Осветленная вода собирается в карман и отводится по трубам. Взвешенные вещества, находящиеся в воде выпадают в осадок под действием гравитационных сил. Глубина отстойника дос-

тигает 1,5 – 4 м, отношение длины к глубине 8 – 20. Ширина зависит от способа удаления осадка и обычно находится в пределах 6-9 м.

Отстойники часто оборудуют скребковыми механизмами ленточного типа, сдвигающими выпавший осадок в приямок. Объем приямка равен двухсуточному количеству выпавшего осадка (не более). Из приямка осадок удаляют насосами, гидроэлеваторами, грейферами, или под гидростатическим давлением. Угол наклона приямка принимают равным 50 – 60°. При отсутствии скребков, днище отстойника имеет уклон к приямку не менее 0.005.

Радиальные отстойники применяют при расходах сточных вод более 20 тыс.м³/сут. Эти отстойники подразделяют на отстойники с центральным впуском, с периферийным впуском и с вращающимся сборно-распределительным устройством.

Наибольшее распространение получили отстойники с центральным впуском жидкости (**рис.12**). Вода, подаваемая в отстойник снизу к его центру, проходит через дырчатый успокоитель (камеру гашения напора) и далее движется от центра к периферии. Скорость движения воды на середине радиуса равна 5-10 мм/с.

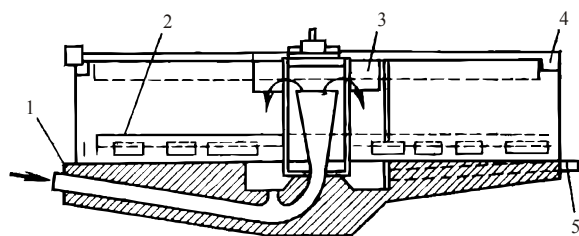


Рис.12. Схема радиального отстойника
1-трубопровод для подачи воды; 2- скребки;
3- распределительная чаша; 4- водослив; 5- отведение осадка

Концентрически расположенные живые сечения общего радиального потока непрерывно увеличиваются, что при постоянстве расхода означает такое же уменьшение скорости движения воды от максимального значения в центре, до минимального на периферии. Отстойная вода собирается в кольцевой сборный лоток и отводится. Такие гидравлические условия движения воды весьма благоприятны для отстаивания.

Диаметр отстойника от 18 до 40 м, глубина 3.4 - 4 м, пропускная способность при времени отстаивания 1.5 ч составляет 525 и 3054 м³/ч, соответственно.

Первичные радиальные отстойники оборудованы илоскребами, сдвигающими выпавший осадок к приямку, расположенному в центре. Из приямка осадок удаляется насосом или под действием гидравлического давления. **Вторичные отстойники оборудованы вращающимися илососами**, которые удаляют активный ил непосредственно из слоя осадка без сгребания его в приямок.

Часто конструкцию дополняют **зубчатым водосливом** позволяющим предотвратить попадание всплывающих примесей в очищенную воду, переливающуюся в кольцевой сборный лоток, а также способствующим аэрации очищенной воды.

Общий вид радиального отстойника **SUPAFLO NTCHNOLOGIES PTY LTD (Австралия)** и схема его внутреннего устройства представлены в **приложении 6**. Особенностью этих отстойников является широкий диапазон диаметров от 1 до 30 метров, что позволяет применять эти конструкции для локальной очистки стоков предприятий малого и среднего бизнеса, а полная схема автоматизации процесса практически не требует квалифицированного обслуживания и позволяет надежно реализовать процесс очистки. Аналогичные по принципу действия и конструктивным особенностям радиальные отстойники большой производительности действуют в городах России на сооружениях очистки городских канализационных стоков.

Вертикальные отстойники применяют на станциях производительностью до 20 тыс. м³/сут. Это круглые или квадратные в плане резервуары диаметром 4 – 9 м с коническим или пирамидальным днищем. Общая высота отстойников варьируется от 5,4

до 9 м. Наиболее распространены отстойники с впуском воды через центральную трубу (рис.13). Поток воды выходящей из трубопровода подачи попадает в цилиндрический вкладыш, где замедляет свое течение и, разворачиваясь, начинает двигаться вниз. Затем, выходя в основную камеру отстойника, вновь разворачивается и совершает восходящее движение с меньшей скоростью по вертикали, а затем движется в радиальном направлении от центра к водосборному лотку. Важно, что бы скорость восходящего потока ($0,2 - 0,7$ мм/с) не превышала скорость осаждения частиц. Твердые частицы примесей теряют кинетическую энергию на поворотах потока и осаждаются в коническом днище. Эффект очистки в таких отстойниках несколько ниже, но при этом существенным достоинством их является компактность, что обуславливает широкое применение данной конструкции при ограниченных производственных площадях.

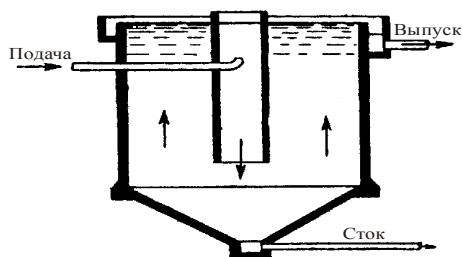


Рис.13 Схема вертикального отстойника

небольшой глубины (до 150 мм). При малой глубине отстаивание протекает быстро, что позволяет уменьшить размеры отстойников. Ламинарный режим течения потока, формирующийся между наклонными элементами, также способствует повышению эффекта очистки воды. Элементы выполняют из стали, алюминия и пластмассы (полипропилена, полиэтилена, стеклопластиков).

Тонкослойные блоки могут быть монтированы в отстойники любого типа.

Горизонтальный и радиальный отстойники с трубчатыми тонкослойными блоками представлены на рисунке 14.

Общий вид и схема внутреннего устройства *вертикального отстойника с пластинчатыми тонкослойными блоками немецкой фирмы LEIBLEIN* представлена в приложении 6.

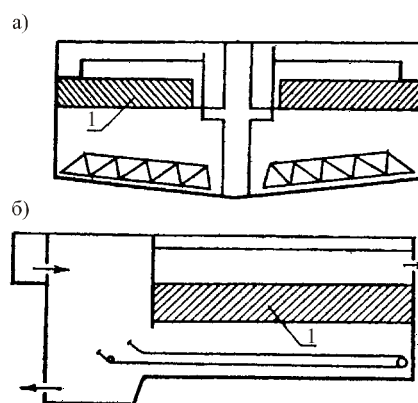


Рис.14. Тонкослойные отстойники со встроенными трубчатыми секциями:

а- горизонтальный; б- вертикальный
1- трубчатые секции

9.5. Фильтры

Фильтрационные установки применяют для очистки воды от тонкодиспергированных твердых веществ, а также масел, нефтепродуктов, смол и др.

Для этой цели наиболее широко **используют сетчатые фильтры и фильтры с зернистой и плавающей загрузкой.**

Процесс фильтрования зависит от многих технологических параметров, и в первую очередь от свойств зернистого слоя, свойств фильтрационной среды и примесей, от гидродинамического режима фильтрования, температуры.

Частицы задерживаются поверхностью зерен **под действием молекулярных сил, электростатических сил, сил химического средства и адсорбции.**

В процессе фильтрования происходит накопление загрязнений в слое загрузки, В какой-то момент наблюдается вынос частиц в фильтрат с ухудшением его качества. Продолжительность работы фильтра до проскока частиц в фильтрат называют временем защитного действия загрузки. **По мере загрязнения загрузки уменьшается ее порозность и увеличивается гидравлическое сопротивление, т.е. потерянный напор.** Фильтр следует отключать на регенерацию.

Грязеемкость фильтра – это количество загрязнений в кг, удаляемых с 1 м^2 поверхности фильтрующего слоя в единицу времени.

Фильтр с зернистой загрузкой представляет собой резервуар, в верхней части которого имеется распределительная система, обеспечивающая равномерную подачу воды, в нижней части имеется дренажное устройство для отвода фильтрованной воды. На дренаж укладывается слой поддерживающего материала, а затем фильтрующий материал. Различают медленные и быстрые фильтры.

Медленные фильтры представляют собой безнапорные устройства, в которых

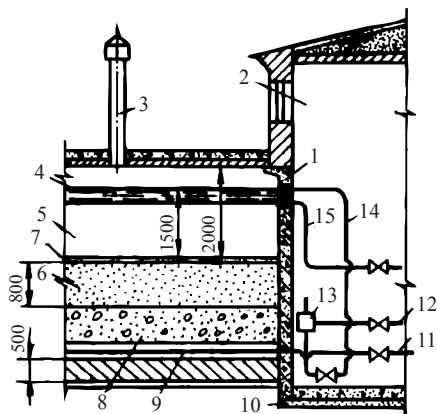


Рис. 15. Медленный фильтр

1-отверстие для трубопровода; 2- камера управления; 3- вентиляционная труба;

4- водораспределительный лоток; 5- слой воды; 6- песок; 7- биологическая пленка; 8- гравий;

9- дренажная система; 10- сбор первого смыва в канализацию; 11- трубопровод чистой воды;

тательной средой. Процесс созревания пленки длится в течение 1-2 суток, а **фильтроцикл** (время от момента окончания созревания пленки до конца нормальной работы медленного фильтра) продолжается 1 –2 месяца. В конце фильтроцикла сопротивление

для осветления воды не применяют реагенты. В этих фильтрах используется принцип так называемого пленочного фильтрования. Над песчано-гравийной загрузкой фильтра общей толщиной 1.3 –1.7 м постоянно поддерживается полуметровый слой фильтруемой воды. При содержании взвешенных веществ в исходной воде до 25 мг/л скорость фильтрования применяют равной 0.2 м/ч. При концентрации взвешенных веществ от 25 до 50 мг/л скорость фильтрования равна 0.1 м/ч.

В начале работы фильтра благодаря малой скорости фильтрования на поверхности фильтрующего материала образуется фильтрующая пленка, обеспечивающая большую эффективность фильтрования. Пленка состоит из песчинок, прилипших к ним мелких частиц взвеси и микроорганизмов, для которых органическая часть взвеси является пи-

пленки становится настолько большим, что фильтр резко уменьшает свою производительность, в связи с чем, его выключают. Регенерацию фильтрующей пленки осуществляют методом гидропромывки. Сбор осветленной воды осуществляют с помощью дренажа из перфорированных труб, пористого бетона или бетонных плиток, уложенных с прозорами. Устройство медленного фильтра изображено на **рисунке 15**. К достоинствам медленного фильтра следует отнести высокий эффект осветления и обеззараживания воды. В фильтрованной воде содержание взвешенных веществ не превышает 1 мг/л. бактериальное загрязнение снижается на 97 –99%. К недостаткам следует отнести низкую производительность.

Для **скорых фильтров** используют открытые (самотечные) или закрытые (напорные) резервуары с восходящим или нисходящим потоком. Скорость фильтрования в скорых однослойных открытых фильтрах варьируется от 6 до 8 м/ч.

В **скорых безнапорных фильтрах** в качестве фильтрующей загрузки кроме **песка применяют пенополистирол, керамзит, горелые породы**. Их применяют как при реагентных, так и безреагентных методах обработки воды. Конструкция скорого безнапорного фильтра приводится на **рис.16**. Он представляет собой железобетонный резервуар, загруженный слоями песка и гравия. Фильтрование производится сверху вниз, а промыв – противотоком. При этом слой песка взрыхляется и расширяется. Для отвода промывной воды предусмотрены желоба, кромки которых следует располагать строго горизонтально, чтобы промывную воду можно было равномерно собирать со всей площади фильтра. Кроме того, кромки желобов должны находиться на некоторой высоте над уровнем фильтрующей загрузки во избежание потери фильтроматериала.

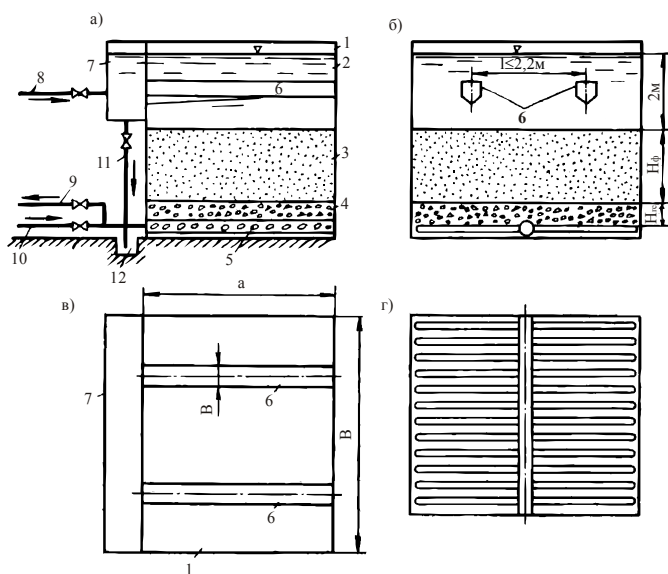


Рис. 16. Скорый безнапорный фильтр:
а-продольный разрез; б- поперечный разрез;
в- вид сверху; г- дренажная система

1-корпус; 2- слой воды; 3- фильтрующий материал; 4- гравий; 5- распределительная (дренажная) система; 6- желоб для отвода воды;

7- карман фильтра; 8- ввод воды на фильтр;

Напорные скорые фильтры представляют собой стальные вертикальные или горизонтальные резервуары, загруженные кварцевым песком слоем 1 м и работающие под давлением 0,6 МПа. Скорость фильтрования 5 - 12 м/ч. Конструкция напорного скорого фильтра с восходящим потоком представлена на **рис.17**. Это металлический резервуар цилиндрической формы. В нижней части располагается трубчатый дренаж, служащий одновременно системой подачи исходной и промывной воды. В обоих случаях вода подается снизу вверх. Над распределительной системой помещают слой гравия, на котором размещают фильтрующую загрузку – речной кварцевый песок. Над фильтрующей загрузкой располагается сборная воронка для отвода промывной воды и круговой перфорированный трубопровод, предназначенный для отвода осветленной

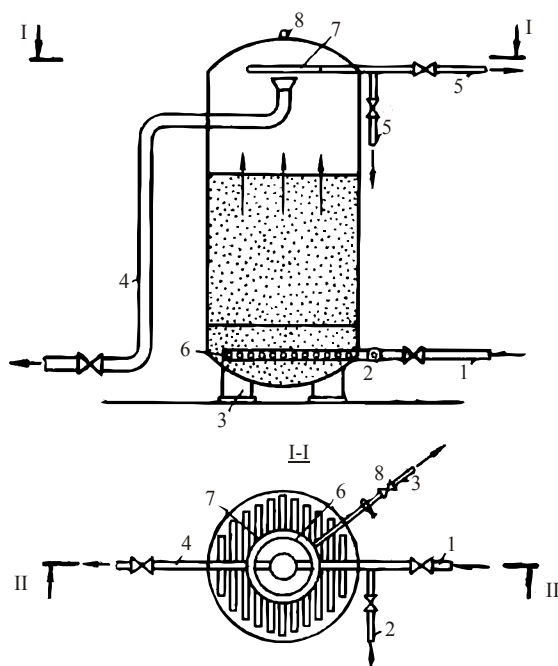


Рис.17. Напорный фильтр
 1-подача исходной воды; 2- подача промывной воды; 3- трубопровод осветленной воды;
 4- отвод промывной воды;
 5- отвод первого фильтрата; 6- дренаж; 7- перфорированная труба для сбора отфильтрованной воды; 8- вантуз

воды. Для фильтров с восходящим потоком грязеемкость выше, чем для фильтров с нисходящим потоком.

По мере загрязнения загрузки происходит потеря напора, которая в пределе достигает 1,5 –2 м. Восстановление фильтрующей способности загрузки фильтра осуществляют промывкой ее восходящим потоком воды, чистой фильтрованной или исходной. Время промывки 12-15 мин.

В фильтрах с восходящим потоком наблюдаются: заиливание дренажного устройства, коррозия труб и зарастание их карбонатами, поэтому чаще используют фильтры с нисходящим потоком.

Загрузка фильтров может быть однослойной и многослойной. Многослойные фильтры загружают однородным материалом с разной крупностью частиц либо разными материалами, например кварцевый песок, антрацит. **Грязеемкость многослойных фильтров в 2-3 раза больше чем однослойных.**

Фильтры с плавающей загрузкой. В фильтрах с плавающей загрузкой в качестве фильтрующего материала **используют гранульную пористую среду из пенополисти-**

рола, шунгизита и других подобных им плавающих гранул или зерен диаметром от 0.3 до 15 мм. Вспененные гранулы обладают достаточной механической прочностью, стойки к действию кислот и щелочей. Преимуществом этих фильтров является то, что для них не требуется устройство сложных нижних сборно-распределительных систем и специальных промывных насосов. Для удержания загрузки в корпусе фильтра достаточно поместить решетки или железобетонное перекрытие с фильтрующими кассетами.

Конструкция напорного скорого фильтра производственного предприятия **ТЭКО-ФИЛЬТР (РОССИЯ)** и его оригинальная дренажная система представлены в **приложении 6**. ТЭКО-фильтры могут работать по различным технологическим схемам: при движении фильтруемой воды снизу вверх, сверху вниз, в горизонтальном направлении; в напорном, самотечном и комбинированном режимах; с применением и без применения реагентов. Скорость фильтрации 0,6 –2 м/ч. Для регенерации зернистых материалов проводится интенсивная водовоздушная промывка.

Большое разнообразие конструкций механических фильтров и фильтрующих материалов, предназначенных для фильтрации холодной и горячей, питьевой и технической воды, предлагают отечественные и зарубежные фирмы.

Автоматизированные напорные фильтры промышленного назначения **фирмы JUDO** изображены в **приложении 6**. Это механические фильтровальные установки «Дуплекс» и «Триплекс», а также установки одновременного удаления механических примесей и обессоливания.

Известная в мире **фирма BWT** в своих разработках в качестве фильтрующего материала предлагает использовать волокнистый материал и фильтровальную ткань. Фильтрующий элемент при помощи обратной промывки очищается через определен-

ные интервалы времени. Обратная промывка осуществляется вручную или автоматически. Такие фильтры защищают водопроводные системы и подключенные к ним приборы, арматуру, заводское оборудование, котельные установки, бойлеры от инородных частиц (песок, стружка, пенка и т.п.) и продуктов коррозии (**приложение 6**).

Современные разработки механических фильтров компании НВР (приложение 6) – это бытовые и промышленные патронные и сетчатые фильтры для очистки холодной и горячей воды. Фильтрующий элемент из полиэстера. Размер пор 0.35 –100 мкм. Промывка ручная или автоматизированная. Фильтры патронные большой производительности со сменными элементами из полиэстера или активированного угля.

9.6. Гидроциклоны

Интенсификацию процессов осаждения взвешенных частиц из сточных вод осуществляют воздействием на них центробежной силы в низконапорных (открытых) и напорных (закрытых) гидроциклонах (**рис.18**).

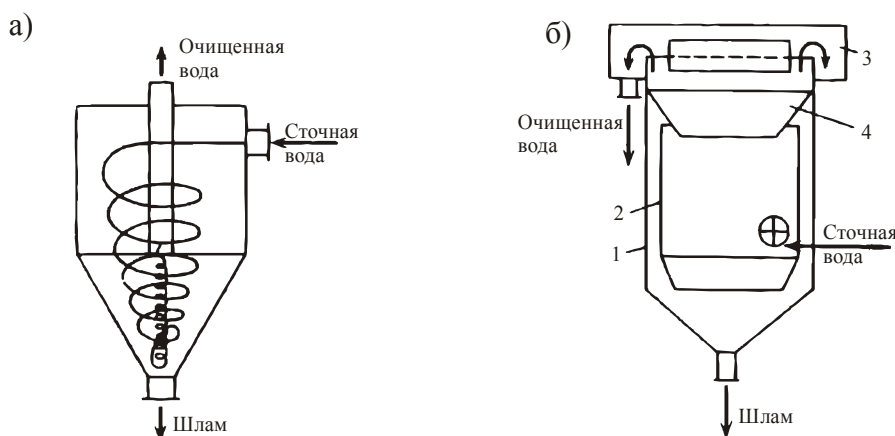


Рис. 18. Гидроциклоны:

а- напорный; б- безнапорный с внутренним цилиндром и конической диафрагмой

Вращательное движение жидкости в гидроциклоне, приводящее к сепарации частиц, обеспечивается **тангенциальным подводом воды** к цилиндрическому корпусу. Вращение потока воды способствует агломерации частиц и увеличению скорости осаждения.

Открытые безнапорные гидроциклоны используют для удаления из воды тяжелых примесей. Часто воду перед подачей в циклон обрабатывают коагулянтom. Обработываемая вода подается тангенциально в нижнюю часть безнапорного циклона. Число впускаемых патрубков для равномерного распределения воды должно быть не менее двух. Удельная производительность от 2 до 20 м³/(м²ч), потери напора небольшие (не более 0.5 м).

Напорные гидроциклоны представляют собой аппараты, состоящие из цилиндрической и конической части. Вода поступает под напором от 5 до 30 м в патрубок, расположенный тангенциально в цилиндрической части. Более тяжелые частицы отбрасываются центробежной силой к стенкам аппарата и сползают по наклонной конической части. Очищенная вода удаляется через верхний патрубок. Напорные гидроциклоны имеют диаметр от 15 до 1000 мм. Фактор разделения напорных гидроциклонов достигает 2000, что обуславливает их высокую эффективность.

Гидроциклоны малых диаметров отливают из абразивностойких материалов – резины, керамики, пластмассы. Гидроциклоны больших диаметров футеруют внутри теми же материалами.

При необходимости осветления большого количества воды можно установить несколько параллельно работающих аппаратов, объединяемых в блоки **батарейные циклоны**.

Напорный **гидроциклон компании НВР** изображен в **приложении 6**. Он предназначен для очистки воды с большим количеством взвешенных частиц, а также для тонкой финишной очистки воды и технологических растворов.

Важной характеристикой разделения гетерогенных систем в поле центробежной силы является **фактор разделения, который показывает - во сколько раз центробежные силы ускоряют процесс по сравнению с разделением под действием силы тяжести:**

$$\Phi_p = w^2/gr ,$$

где w - угловая скорость вращения, рад/с;

r - радиус вращения, м.

10. ХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ

Удаление из сточных вод остаточных растворенных органических загрязнений может осуществляться с помощью **сильных окислителей - озона, хлора, перманганата калия и др.**

Окисление органических загрязнений **активным хлором** в качестве самостоятельного метода не может быть сегодня рекомендовано для реализации в промышленной практике из-за образования широкой гаммы токсических и канцерогенных хлорорганических соединений. Однако в настоящее время хлорирование достаточно широко используется для обеззараживания питьевой и сточной воды. Хлорирование, как метод дезинфекции имеет свои достоинства, наряду с отмеченными недостатками (**см. раздел 13**).

Озон, являясь сильным окислителем, обладает способностью разрушать в водных растворах при нормальной температуре многие органические вещества.

При озонировании окисляются многие устойчивые к биологическому разрушению органические вещества, в том числе "биологически жесткие" ПАВ. Наиболее интенсивно окисление ПАВ протекает при высоком значении pH и повышенной температуре. С уменьшением концентрации ПАВ в растворе снижается скорость их окисления и особенно резко при концентрации, при которой прекращается пенообразование.

При озонировании окисляются как растворенные, так и взвешенные органические вещества, присутствующие в сточной воде. Так как взвешенные вещества можно удалить из воды более простыми техническими средствами, для снижения расхода озона целесообразно применять озонирование на завершающей стадии глубокой очистки сточных вод после максимального удаления из воды взвесей.

По сравнению с другими окислителями (например, хлором) озон имеет ряд преимуществ: его можно получать непосредственно на очистных сооружениях, причем сырьем для его получения служит технический кислород или атмосферный воздух, процесс легко поддается автоматизации.

Озонирование, несмотря на относительно высокую стоимость обработки сточных вод, привлекает в первую очередь высокой реакционной способностью, сильным бак-

терицидным действием, возможностью получения озона на месте, отсутствием в озонируемой воде остаточных концентраций озона, который, будучи нестойким соединением, быстро переходит в кислород. Поэтому озон является перспективным окислителем в технологии глубокой очистки сточных вод. Наиболее широко озон используется также как и хлор, для обеззараживания воды (см. раздел 13).

Озонирование и хлорирование воды активно применяются для окисления органических загрязнителей и обеззараживания воды спортивных и индивидуальных бассейнов, гидромассажных ванн, джакузи и спа.

Окисление легкоокисляемых органических и неорганических загрязнителей воды кислородом воздуха реализуется при аэрации воды. Аэрацию воды (насыщение воды кислородом) осуществляют *механическим и пневматическим способами*.

В приложении 6 представлены: пневматическая аэрационная система германской фирмы Huber Suhner с дисковыми фильтросными элементами и пневматическая система из перфорированных труб; пневматические трубчатые аэраторы российской фирмы Экотон; иллюстрация устройства и работы механического аэратора фирмы NOPON (Финляндия).

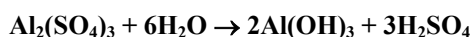
Окисление воды кислородом воздуха применяется на первом этапе обезжелезивания и деманганации воды (см. раздел 14).

11. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

11.1. Коагуляция

Коагуляция – это слипание частиц коллоидной системы при их столкновениях в процессе теплового движения, перемешивания или направленного перемещения во внешнем силовом поле. При обработке воды *в качестве коагулянтов используются соли алюминия, железа (чаще сульфаты и хлориды), известь.* Коагуляция применяется для осветления природной и сточной воды.

При введении в воду солей алюминия или железа осуществляется переход их в нерастворимые гидроксиды:



Следует отметить, что введение коагулянта *повышает кислотность воды*. Для создания оптимальных для коагулирования значений pH часто требуется дозирование *корректирующих реагентов, например, извести.*

Образовавшиеся хлопья гидроксидов железа и алюминия обладают развитой активной поверхностью и способны адсорбировать на себе мелкие взвешенные и коллоидные примеси, содержащиеся в воде. Промежуточные продукты гидролиза оказываются более эффективными для удаления загрязнений, чем конечный продукт. Время существования промежуточных продуктов гидролиза очень мало и не превышает 1 с, поэтому так важно обеспечить интенсивное (быстрое) перемешивание для вступления в контакт с коагулянтom наибольшего количества загрязнений до окончания реакции гидролиза и полимеризации. В практике очистки воды это обеспечивается распределением коагулянта в обрабатываемой воде в зоне наибольшей турбулентности потока при времени быстрого смешения 15-30 с и среднем градиенте скорости 200 с⁻¹. Последующий процесс хлопьеобразования проходит в течение 20-30 мин и требует слабого перемешивания. Увеличение продолжительности быстрого смешения приводит к разрушению хлопьев и ухудшению эффекта осветления воды. *Доза вводимого коагу-*

лянта зависит от состава воды и выбирается экспериментально. Как правило, она варьируется от 50 до 700 мг/л.

Реагентная обработка является в настоящее время основным способом удаления из сточных вод соединений фосфора. При введении традиционных минеральных коагулянтов: солей двух- и трехвалентного железа, солей алюминия или извести, которые могут применяться самостоятельно или *в сочетании с флокулянтами*, растворенные соли ортофосфорной кислоты образуют нерастворимые соединения, которые выпадают в осадок. *Известь может использоваться как в сочетании с солями железа и алюминия, так и самостоятельно.*

При обработке сточных вод известью образуются трикальций фосфат и гидроксиапатит, выпадающие в осадок, а часть соединений фосфора, в частности полифосфаты, сорбируются на поверхности образующегося осадка. Реакция проходит в щелочной среде (рН 10,5-11), поэтому расход извести (200-400 мг/л по СаО) в основном определяется необходимостью поддержания высокого значения рН среды, и перед сбросом очищенной воды в водоем требуется ее нейтрализация. Кроме того, при применении извести усложняется эксплуатация сооружений из-за образования карбонатных отложений на поверхности трубопроводов и оборудования, а при введении ее в первичные отстойники, т.е. на стадии механической очистки, возможна кальматация осадка. Дозировка растворов коагулянта в схеме очистки природной воды осуществляется перед первичным отстойником.

Для приготовления раствора коагулянта заданной концентрации предназначены *растворные и расходные баки*. В *смесителях* происходит смешение очищаемой воды с раствором коагулянта. Формирование и укрупнение хлопьев происходит в *камерах хлопьеобразования*. Осаждение хлопьев реализуется в *отстойниках*. В практике водоподготовки широко *используются контактные осветлители со слоем взвешенного осадка хлопьев коагулянта*.

Установка осветления воды в присутствии коагулянта с тонкослойным отстойником KRUGER и схема ее функционирования представлены в *приложении 6*.

В схеме очистки сточных вод введение коагулянтов может осуществляться на различных ступенях очистки: перед первичными отстойниками, аэротенками, вторичными отстойниками или флотационными илоотделителями, зернистыми фильтрами. В зависимости от этого изменяется расход коагулянта и конечный эффект очистки.

При биологической очистке сточных вод в аэротенке с введением коагулянтов удаление фосфора происходит в результате образования нерастворимых соединений и микробальной ассимиляции с последующим их соосаждением с активным илом и удалением вместе с избыточным илом. Данный процесс носит название *симультанного (одновременного) осаждения*. Он экономичен, легко реализуется даже в условиях действующих станций.

На стадии глубокой очистки сточных вод коагуляция в основном используется при *реагентном фильтровании (контактная коагуляция)*, при котором смешение коагулянта с водой происходит непосредственно перед фильтрованием. Коагуляция в контакте с загрузкой фильтра, в отличие от коагуляции в свободном объеме воды, протекает быстрее, требует меньших доз коагулянта, менее чувствительна к температуре воды. Наряду с коагулянтами, в очищаемую воду могут добавляться и другие химические реагенты – флокулянты. *Добавление флокулянтов (водорастворимых органических полимеров неионогенного, анионного и катионного типов, например, полиакриламида, КФ-91 и пр.) в малых дозах 0,5-1 мг/л увеличивает размеры и прочность образующихся хлопьев, что повышает эффективность процесса коагуляции и существенно снижает дозу последних.*

11.2. Обработка воды флокулянтами

Сегодня в мировой практике реагентной очистки воды наметились тенденции перехода от использования традиционных коагулянтов (сульфатов и хлоридов алюминия и железа) к современным флокулянтам, которые до сих пор применялись в сочетании с названными коагулянтами и, как правило, использовались для снижения дозы последних. Вместе с тем, **высокая эффективность новых флокулянтов позволяет использовать их самостоятельно**. Широкая гамма, производимых сегодня отечественными и зарубежными фирмами, современных флокулянтов с разнообразными свойствами позволяет ускорить процессы разделения гетерогенных водных систем в практике очистки речной и сточной воды, а также при обезвоживании осадков.

К флокулянтам относятся природные и синтетические водорастворимые органические полимеры неионного, катионного, анионного и амфотерного типа, которые способствуют эффективному отделению дисперсной твердой фазы от жидкой - воды. Добавка флокулянта нейтрализует заряд взвешенных в воде частиц, связывая их в крупные прочные агрегаты, что ускоряет их осаждение.

В зарубежной практике флокулянты используют уже более пятидесяти лет в процессе очистки воды для интенсификации работ фильтров, отстойников, механического оборудования, иловых площадок. Ведущими фирмами мира в вопросах разработки технологии получения и применения флокулянтов являются фирмы Великобритании, Японии, Германии, США, Франции и Финляндии.

Современному потребителю фирмы предлагают **флокулянты в различной выпускной форме. Это гелеобразные продукты, порошки, водные растворы и эмульсии в органических растворителях**. Вариант выпускной формы для той или иной марки флокулянта выбирают в зависимости от химических свойств сырья, технологии получения, от условий и длительности хранения продукта, от расстояния при доставке продукта потребителю. Каждый вариант выпускной формы флокулянтов имеет свои особенности, которые следует учитывать при приготовлении рабочих растворов.

Подбор марки флокулянта для решения определенной технологической задачи обычно предполагает работу с конкретным видом осадка или сточной воды. Зная состав, знак и величину заряда флокулянта можно предсказать эффективность применения флокулянта в той или иной области.

Доза флокулянта должна оптимизироваться в ходе эксперимента и в каждом конкретном случае должна быть индивидуальной. Дозы флокулянтов существенно ниже доз коагулянтов и как правило варьируются в пределах 0.1 – 20 мг/л.

Минимизация доз химических реагентов, при переходе на использование флокулянтов, частично или полностью исключаются многие проблемы обусловленные применением коагулянтов. Уменьшаются затраты на доставку и хранение реагентов, повышаются эксплуатационные характеристики оборудования, сооружений и коммуникаций за счет снижения коррозионного действия реагентов, снижение затрат на хранение и переработку меньшего количества образующегося осадка, исключение попадания в водопровод и водоемы токсичного алюминия, улучшение условий труда рабочих и др.

В проспектах фирм, выпускающих эти продукты, как правило, подчеркивается их безвредность для человека. За рубежом применение водорастворимых флокулянтов в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства достигает 150 – 200 тыс. т в год. Отсутствие отрицательных последствий для людей, контактирующих с этими продуктами и в целом для среды обитания при таком крупномасштабном применении, позволяет делать вывод об их низкой токсичности и экологической безопасности. В России экспертная оценка всех разрабатываемых флокулянтов производится специали-

зированными организациями, например токсикологической лабораторией СЭС Москвы или в Московском институте гигиены имени И.М.Сеченова. Изучение и исследования токсических свойств флокулянтов планомерно проводятся в рамках соответствующей программы предусматривающей изучение влияния флокулянтов на органолептические свойства воды, санитарный режим водоемов, и организм теплокровных животных.

11.3. Флотация

Метод флотации используется для очистки сточных вод, загрязненных отходами нефти, продуктами ее переработки, жирами, маслами, смолами, латексами, продуктами органического синтеза, поверхностно-активными веществами, красителями и др.

Флотационный метод очистки основан на всплывании загрязнений в пенный слой и обеспечивает удаления механических примесей, коллоидных и растворенных загрязнений. *Извлечение диспергированных, коллоидных или растворенных примесей воды происходит в результате их прилипания (или адсорбции) к пузырькам газа, образующимся в жидкости или введенным в нее.* Агрегаты пузырьков воздуха с примесями всплывают на поверхность, образуя пенный слой с более высокой концентрацией частиц, чем в исходной жидкости.

Эффект прилипания пузырьков воздуха к твердой или жидкой частице, взвешенной в воде, зависит от смачиваемости поверхности частицы, которая характеризуется величиной *краевого угла (Θ)*. При увеличении Θ поверхность частицы становится более гидрофобной и увеличивается как вероятность прилипания к ней воздушного пузырька, так и прочность удерживания этого пузырька на поверхности частицы.

На процесс флотации влияют адсорбционные явления, наличие растворенных и нерастворенных тонкодисперсных примесей (ПАВ, электролиты, глинистые частицы), кислот, щелочей. Существенное влияние оказывает поверхностное натяжение воды, а также размер и количество пузырьков воздуха, растворенных в воде. Эффективная

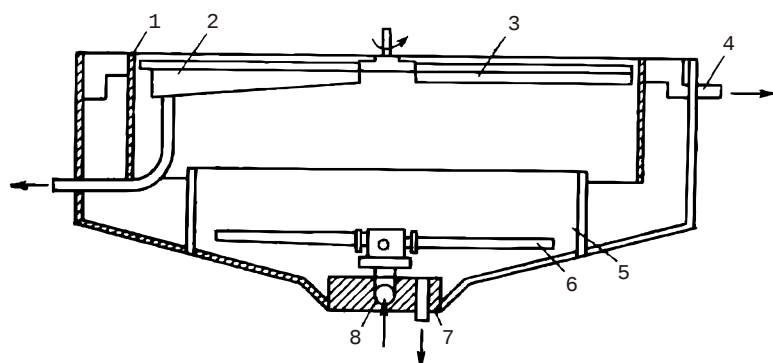


Рис.19. Радиальный флотатор

1- кольцевая перегородка; 2-шламприемник; 3-скребки; 4-отвод очищенной воды; 5- флотационная камера; 6- вращающийся водоразделитель;

флотация возможна при поверхностном натяжении воды не более 60-65 мН/м и требует как можно более тонкого диспергирования воздуха. *Существуют различные способы диспергирования воздуха при флотации сточных вод: механическое аэрирование турбиной насосного типа (импеллером), продувка воздуха через мелкопористые материалы, пневматическое диспергирование* при впуске воздуха в флотационную камеру через специальные сопла со скоростью 100-200 м/сек, насыщение воды мелкими пузырьками воздуха при резком *изменении давления* (напорная и вакуумная флотация), насыщение пузырьками газов, образующихся при *электрохимическом разложении воды (электрофлотация) и др.*

В практике очистки сточных вод наиболее широкое распространение получили напорная и импеллерная флотация.

В напорных флотаторах для диспергирования воздуха в воде используется изменение растворимости газов с изменением давления. Воздух нагнетается в воду под избыточным давлением и растворяется в ней в **сатураторе**, а затем вода, насыщенная воздухом выпускается в открытую **флотационную камеру радиального типа (рис.19)**, находящуюся под атмосферным давлением.

В результате растворимость воздуха в воде резко снижается, и он выделяется во всем объеме жидкости в виде мельчайших пузырьков. Флотационная камера оснащена **механизмом для сгребания пены и пеносборным лотком**.

Одним из перспективных методов, конкурирующим с напорной флотацией, является **импеллерная флотация**. Преимущество этого метода перед напорной заключается в отсутствии дополнительного оборудования, поскольку процесс происходит в одном объеме. В случае импеллерной флотации воздух засасывается и диспергируется в воде при помощи импеллера. Степень диспергирования зависит от окружной скорости вращения импеллера, от глубины погружения крыльчатки. Насыщение воды воздухом происходит в камере импеллера, затем смесь выбрасывается во флотационную камеру, которые конструктивно объединены (рис.20).

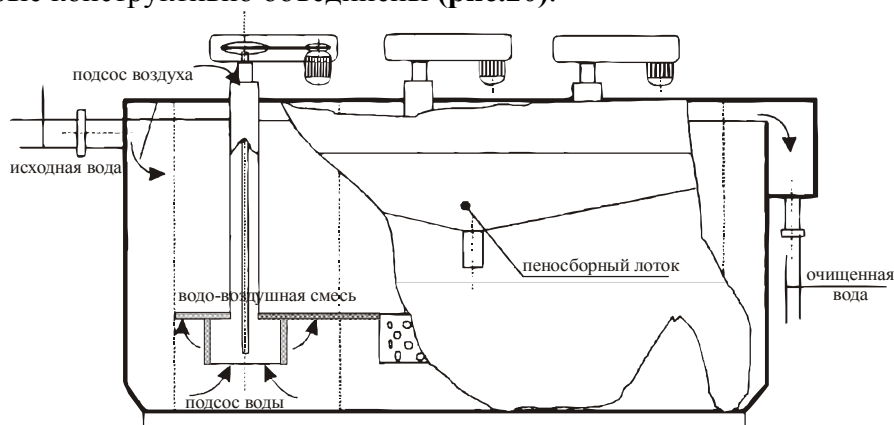


Рис. 20. Схема устройства импеллерного флотатора

При импеллерной флотации происходит подсос воздуха через вакуумную воронку, образующуюся в результате вращения **импеллера** в слое воды. Импеллер вращается внутри цилиндрической перегородки – **статора**. Вследствие касательных напряжений, возникающих в турбулентной зоне между крыльчаткой и статором, происходит диспергирование воздуха, который выбрасывается через отверстия в статоре.

В последнее время на рынке оборудования для очистки воды появились **импеллерные флотаторы фирмы «WEMCO»**. Применение их дает неплохие результаты, но их достоинства снижаются из-за высокой стоимости и энергоемкости. Известна аналогичная более экономичная отечественная разработка, позволяющая достигать желаемой степени очистки. Данная конструкция производительностью 20 м³/ч внедрена в схему очистки сточных вод от мойки рейсовых автобусов. Эти сточные воды отличаются большим содержанием минеральных загрязнений (до 2000 мг/л) и нефтепродуктов (до 100 – 150 мг/л), поэтому флотатор работает после тонкослойного отстойника. Крупность пузыря изменяется в пределах от 0,5 до 1,5 мм. Диспергатор погружен на глубину 1100 мм. Концентрация взвешенных веществ в исходной воде порядка 50 – 70 мг/л, в очищенной воде их содержание снижается до 25-30 мг/л, а концентрация нефтепродуктов снижается до 5 мг/л.

Преимуществом флотационного осветления стоков от твердых взвешенных частиц является относительно *низкая влажность шлама*, накапливающегося в *флотации*.

11.5. Адсорбция

Адсорбция является простым и пригодным для практической реализации способом *глубокой очистки природных и сточных вод*. Он основан на фильтрации воды через специальные *микропористые зернистые материалы – сорбенты (адсорбенты), обладающие большой внутренней поверхностью* (до 1,0-1,5 тыс. м³ на грамм сорбента), благодаря чему из воды извлекаются содержащиеся в ней примеси, в том числе и находящиеся в состоянии истинных растворов, т.е. в молекулярном состоянии.

Адсорбция осуществляется за счет диффузии молекул органических веществ через жидкостную пленку, окружающую частицы адсорбента, к его поверхности и далее внутренней диффузии молекул. Скорость последней стадии определяется строением адсорбента и размером молекул сорбируемого вещества. Сорбцию экономически целесообразно применять при низких концентрациях загрязнений, т.е. на стадии глубокой очистки. В этом случае в процессе сорбции можно получить близкие к нулевым концентрации остаточных загрязнений.

На скорость и эффективность адсорбции влияет структура сорбента, химическая природа и концентрация загрязнений, температура, активная реакция среды. *При повышении температуры степень адсорбции снижается*, несмотря на увеличение скорости диффузии; *снижение величины рН вызывает увеличение сорбции* органических веществ сточных вод. С помощью сорбции можно извлекать из воды биологически стойкие органические вещества.

Основные характеристики сорбентов:

- 1) *пористость* – отношение объема пор к общему объему сорбента, (%);
- 2) *емкость* – количество поглощаемого вещества, приходящееся на единицу массы или объема сорбента, (кг/м³, кг/кг);
- 3) *удельная поверхность* – площадь поверхности сорбента, приходящаяся на единицу массы, (м²/кг).

Лучшими сорбентами для удаления из воды растворенных органических веществ являются *активные угли* различных марок, эффективность которых определяется наличием в них микропор.

Суммарный объем микропор активного угля является его основной характеристикой, которая должна приводиться для каждой марки активного угля. Интересно, что активные угли в первую очередь адсорбируют органические вещества не природного происхождения, а именно: фенолы, спирты, эфиры, кетоны, нефтепродукты, амины, "жесткие" поверхностно-активные вещества, органические красители, различные хлорамины. Адсорбционный метод позволяет на стадии глубокой очистки сточных вод снизить концентрацию органических соединений на 90-99%.

При сорбции на уголь не должна поступать вода, содержащая взвешенные и коллоидные вещества, экранирующие поры активного угля. Уголь, исчерпавший свою сорбционную способность (емкость) регенерируется (восстанавливается) или полностью заменяется.

Сорбционный способ обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами: обеспечивает очистку практически от любых загрязнений и на заданную глубину; характеризуется отсутствием вторичных загрязнений и потребностей в реагентах, простотой реализации и обслуживания, является единственным методом очистки от хемо- и биорезистентных загрязнений, позволяет многократно использовать сор-

бент путем регенерации, процесс очистки при извлечении нефтепродуктов и других органических примесей (путем сжигания отработанных сорбентов вместе с поглощенными веществами) безотходен. В некоторых случаях поглощаемые сорбентом вещества (сорбаты) не могут сжигаться вместе с сорбентом, как например, при сорбировании ионов тяжелых металлов (которые при сжигании могут перейти в продукты сгорания), радионуклидов или веществ, образующих при сжигании токсичные отходы. Однако и в этих случаях сорбционная очистка может иметь преимущества перед другими способами, так как обеспечивает большую глубину очистки воды и одновременно – большую концентрации сорбата (в тысячи и миллионы раз – в зависимости от исходной концентрации сорбата в очищаемой среде), создавая условия для компактного захоронения вредоносных веществ.

Адсорбционные фильтры широко распространены в практике локальной очистки природной и сточной воды. Рассмотрим некоторые конструкции современных отечественных и зарубежных разработок – **сорбционные фильтры германской фирмы BWT и российской компании НВР (см. приложение 6)**. Их отличает комплексный механизм удержания примесей: механический, сорбционный, ионнообменный и биохимический.

BWT- фильтры с активированным углем применяются для удаления взвешенных веществ из питьевой воды, а также веществ, имеющих неприятные вкус или запах, например хлорных соединений. Фильтрующий материал – активированный уголь с большой внутренней поверхностью $500 - 1500 \text{ м}^2/\text{г}$. Фильтр отличается компактностью конструкции и простым ручным управлением. Производительность $1,8 \text{ м}^3/\text{ч}$.

BWT- фильтры снижения кислотности воды. Уменьшают содержание агрессивной углекислоты с одновременным изменением жесткости и повышением значения pH. Предназначены для воды с концентрацией углекислоты до 60 мг/л .

Аналогичное по принципу действия, надежности, уровню автоматизации и дизайну оборудование выпускает российская группа компаний **«Национальные водные ресурсы» (НВР)**. **Патронные фильтры компании НВР** с загрузкой на основе **активированного угля** предназначены для удаления из воды хлора, органических веществ, привкусов и запахов воды. Другие модификации данного фильтра включают фильтрующий элемент из полиэстера с размерами пор $0,35-100 \text{ мкм}$ и позволяют задерживать механические примеси. Благодаря высокой химической стойкости фильтры работоспособны в растворах солей и щелочей. Высокой сорбционной активностью и высокой производительностью характеризуются **промышленные сорбционные установки серии CF**.

Добавление окислителей (озона или хлора) перед подачей воды на угольные фильтры позволяет увеличить срок службы активного угля до его замены, улучшить качество очищенной воды или проводить очистку от соединений азота. При совместном проведении сорбции и озонирования **проявляется синергический эффект**. Озон разрушает макромолекулы, а затем активный уголь сорбирует продукты частичного разложения в 1,5-3 раза эффективнее, чем без предварительного окисления. Предполагается, что при этом происходит, во-первых, деструкция биологически трудноокисляемых соединений с образованием окисляемых, в результате чего на угольной загрузке протекают биологические процессы окисления органических веществ, и, во-вторых, в результате воздействия озона на макромолекулы их молекулярный вес и размеры уменьшаются, и они могут сорбироваться в истинных микропорах активного угля. Комбинация методов озонирования и сорбции позволяет снизить в 2-5 раз расходы и озона и активного угля по сравнению только с сорбцией или только с озонированием, а следовательно, и стоимость очистки. **Такая технология нашла применение во Франции, Германии и других странах Западной Европы и получила название «европейская технология».**

Известна технология удаления из воды аммонийного азота. Вода предварительно обрабатывается хлором, а в дальнейшем контактирует с активным углем. При хлорировании воды, содержащей аммонийный азот, в зависимости от pH, соотношения дозы активного хлора и концентрации аммонийного азота образуется смесь монохлораминов, дихлораминов, треххлористого азота, сорбируемых при фильтрации активным углем, и молекулярного азота, уходящего в атмосферу. Основные параметры процесса: доза хлора 8-12 мг/мг $\text{NH}_4\text{-N}$ в зависимости от содержания органических веществ и конечных продуктов реакции с $\text{NH}_4\text{-N}$, скорость фильтрования 5-7 м/ч, время контакта с углем 6-10 минут, оптимальный диапазон pH 7-8, полное перемешивание воды с гипохлоритом натрия. Недостатком способа является увеличение концентрации хлоридов в очищенной воде, особенно при обработке сточных вод с относительно высокой концентрацией аммонийного азота; преимуществом - увеличение срока службы угля до замены или регенерации за счет окисления органических веществ хлором на пористой поверхности угля, более высокая степень очистки от органических веществ, полное обеззараживание воды, удаление аммонийного азота с превращением в молекулярный азот, уходящий в атмосферу.

При использовании в качестве сорбентов оксидов алюминия, природных минералов, содержащих Ca и Mg, можно осуществлять удаление из воды соединений фосфора, эффективность которого иногда достигает до 100%. Однако, этот метод разработан слабо, требуется его изучение и определение технологических параметров процесса.

Простейший способ применения сорбционной очистки может быть реализован на предприятиях, очистные сооружения которых оснащены механическими фильтрами. Он сводится к замене размещаемого в этих фильтрах фильтрующего материала на зернистый сорбент. Это не требует больших затрат (при условии низкой стоимости сорбента), если не считать подключения системы промывки фильтров к магистрали горячего водоснабжения для восстановления свойств сорбента. Конечно, высокая эффективность сорбционной очистки достигается только при условии низкой начальной концентрации в очищаемой воде загрязняющих веществ, в том числе взвешенных частиц. Для этого перед адсорбентами должна производиться механическая предочистка воды.

Научно-технический центр «ЭКОСОРБ» предлагает схему модернизации действующих очистных сооружений таких объектов как автобаз, автозаправоч, нефтебаз и т.п. на которых образуются сильно загрязненные сточные воды. Практически все действующие на территории Российской Федерации подобные очистные сооружения не оснащены оборудованием для ***финишной, глубокой очистки***, которая в большинстве случаев может быть обеспечена только применением углеродных сорбентов. В результате этого на многих предприятиях нормативы ПДС и ПДК не соблюдаются, а стоки наносят ощутимый ущерб окружающей среде. Сущность модернизации сводится к размещению в объеме уже существующей отстойной емкости увеличенного блока механических фильтров, а в секциях, первоначально предназначенных для механических фильтров, размещаются кассеты с сорбентами в виде двух последовательных секций, обеспечивающих двухступенчатую очистку воды. Таким путем остаточная концентрация нефтепродуктов может быть снижена с 10 – 15 мг/л до 0.5 – 1.0 мг/л при одноступенчатой очистке и до 0.05 – 1 мг/л при двухступенчатой очистке.

При повышенных требованиях к очистке возможна установка дополнительного сорбционного фильтра, предназначенного, например, для извлечения из воды тяжелых металлов с использованием в этом адсорбере специализированных сорбентов.

Одним из важных и перспективных направлений применения активных углей является ***очистка промышленных сточных вод от синтетических красителей***, многие из которых высоко токсичны и оказывают канцерогенное, мутагенное и аллер-

гическое воздействие. Экспериментально установлено, что из 4461 красителя 82.3% ядовиты. Сорбционный метод позволяет снизить содержание загрязняющих веществ до норм ПДК, а значит, способствует внедрению оборотного водоснабжения на предприятиях и обеспечить остаточные концентрации в стоках очищенной воды, сбрасываемой в водоем до 0.05 мг/л, а для оборотного водоснабжения на предприятии до 1 мг/л.

В **ГНЦ РФ НИИ ВОДГЕО** разработана сорбционная технология **очистки воды от диоксинов**, основанная на использовании принципиально новых, экологически чистых отечественных гранулированных и порошкообразных адсорбентов. Она успешно реализована при ликвидации диоксиновых аварий в промышленной зоне г. Уфы.

Есть еще одно направление малозатратного, но эффективного применения сорбентов – это перевод работы существующих систем биологической очистки в режим **биосорбционной очистки путем дозирования пылевидных сорбентов в аэротенки** с концентрацией 50–100 мг/л.

Проведенные отечественные и зарубежные исследования и практика применения углеродных сорбентов в системах биологической очистки показывают, что механизм **биосорбционного окисления** токсичных и биорезистентных веществ является следствием сорбционного взаимодействия сорбата с углеродной поверхностью, в результате которого молекулы сорбата трансформируются в форму, доступную для деструкции ферментами микроорганизмов. Этот эффект открывает перспективу применения биосорбционного метода для извлечения из сточных вод целого класса широко распространенных и чрезвычайно токсичных органических соединений, таких как пестициды, гербициды и т.п., для очистки от которых отсутствуют надежные и экономичные методы. Кроме того, углеродный сорбент способен сорбировать ингибиторы, оказывающие вредное воздействие на микроорганизмы и одновременно может служить для них питательной средой. Вместе с тем при взаимодействии бактерий с углеродом может происходить биологическая регенерация сорбента. Все это говорит о перспективности перехода на биосорбционную очистку.

Уникальна и не имеет аналогов в мировой практике **биосорбционная технология глубокой очистки природных и сточных вод разработанная ГНЦ РФ НИИ ВОДГЕО**. Сущность ее состоит в совмещении в пространстве и во времени процессов адсорбции органических растворителей из обрабатываемой воды с их биологическим окислением микроорганизмами иммобилизованными на поверхности и в микропористой структуре гранулированного носителя. Это позволяет непрерывно осуществлять глубокое удаление из воды органических трудноокисляемых и токсичных соединений без термической и химической регенерации или замены сорбента. Для реализации такой технологии разработано специальное сооружение – **биосорбер**.

ГНЦ РФ НИИ ВОДГЕО разработал технологию процесса очистки сточных вод в аэротенках с использованием иммобилизованных микроорганизмов. Данное решение позволяет обеспечить более глубокую очистку сточных вод, снизить продолжительность аэрации и соответственно объем аэротенков в 1.5 раза за счет увеличения биомассы. Для осуществления такого процесса разработана конструкция погружного биоконтактора, предназначенного для экипировки аэротенков. Процессы биосорбционной очистки подробнее изложены в **разделе 12**.

В лаборатории глубокой очистки воды **ГНЦ РФ НИИ ВОДГЕО разработана технология извлечения тригалометанов из воды**, которые образуются при традиционной схеме водоподготовки после первичного и вторичного хлорирования. Концентрация которых, при этом в питьевой воде возрастает в десятки и сотни раз и часто значительно превышает допустимые санитарные нормативы. Особое беспокойство вызывает появление в воде CCl_4 других хлорорганических токсикантов с мутагенными и канцерогенными свойствами. Применение этих технологий позволяет получить питье-

вую воду на уровне стандартов США и ЕЭС. В зависимости от варианта технологических решений по применению специфических сорбентов зарубежного и отечественного производства в очищаемой воде концентрация тригалометанов не превышает 5-20 мг/л. Эффективность очистки от тригалометанов составляет 95 – 99.5 %. Разработаны и реализуются технологии очистки питьевой воды от бензапирена, фенола, бифенила, нефтепродуктов, СПАВ. Загрязненность исходной воды перечисленными техногенными загрязнителями может составлять 5-10 ПДК. Технология реализуется с применением порошкообразных сорбентов специального назначения. Барьерная роль водопроводных станций по отношению к токсичным техногенным примесям повышается до 99-95 %.

11.5. Ионный обмен

Гетерогенный ионный обмен, или ионообменная сорбция - процесс обмена между ионами, находящимися в растворе, и ионами, присутствующими на поверхности твердой фазы – ионита.

По знаку обменивающихся ионов иониты делятся *на катиониты и аниониты*, проявляющие соответственно кислотные и основные свойства. Иониты подразделяются на *природные и искусственные, или синтетические*. Практическое значение имеют неорганические природные и искусственные алюмосиликаты, гидроокиси и соли многовалентных металлов; применяются также иониты, полученные химической обработкой угля, целлюлозы, лигнина.

Ведущая роль принадлежит *синтетическим органическим ионитам – ионообменным смолам*.

Различают следующие виды ионитов:

- 1) *сильнокислотные катиониты*, содержащие сульфогруппы SO_3H и сильноосновные анион, содержащие четвертичные аммониевые основания;
- 2) *слабокислотные катиониты*, содержащие карбоксильные COOH и фенольные группы, диссоциирующие при $\text{pH} > 7$, а также слабоосновные аниониты, содержащие первичные NH_2 и вторичные NH аминогруппы, диссоциирующие при $\text{pH} < 7$;
- 3) *иониты смешанного типа*, проявляющие свойства смеси сильных и слабых кислот или оснований.

Важнейшим свойством ионитов является их поглотительная способность, так называемая *обменная емкость*.

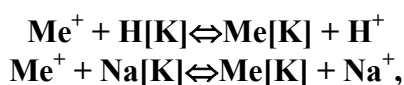
Полная емкость ионита – количество находящихся в сточной воде грамм-эквивалентов ионов, которое может поглотить 1 м³ ионита до полного насыщения.

Рабочая емкость ионита – количество находящихся в воде грамм-эквивалентов ионов, которое может поглотить 1 м³ ионита до начала проскока в фильтрат поглощаемых ионов.

При соприкосновении ионитов с водой происходит их набухание вследствие осмотических явлений; объем ионитов обычно увеличивается в 1,2-2 раза. На кинетику ионного обмена также влияют температура и концентрация ионов.

Характерной особенностью ионного обмена является его *обратимость*, что и лежит в основе регенерации ионитов.

Если катиониты находятся в **Н-** или **Na-** форме, обмен катионов будет происходить по реакциям:



где Me^+ - катион, находящийся в сточной воде;

$[\text{K}]$ – сложный комплекс катионита.

Регенерация катионита осуществляется кислотой или раствором хлористого натрия.

Очистка производственных сточных вод методом ионного обмена позволяет извлекать и утилизировать ценные примеси (соединения мышьяка, фосфора, а также ртуть, свинец, хром, цинк, медь и другие металлы), ПАВ и радиоактивные вещества, очищать сточную воду до предельно допустимых концентраций с последующим ее использованием в технологических процессах или в системах оборотного водоснабжения.

Поскольку в сточных водах, как правило, содержится несколько катионов, большее значение имеет **селективность их поглощения**. Для каждого вида катионита установлены ряды катионов по энергии их вытеснения.

Ионный обмен широко применяется также для **очистки природных вод, в частности для ее умягчения** на водоумягчительных станциях с целью приготовления воды, используемой для нужд энергетики, для деманганации и обезжелезивания воды подземных источников.

Процессы ионообменной очистки сточных вод осуществляются в аппаратах (фильтрах) периодического или непрерывного действия. Конструкция ионообменных аппаратов аналогична сорбционным и напорным механическим фильтрам. Ионообменное оборудование загружается ионитом определенной марки, либо сочетает в себе катионитовые и анионитовые смолы, т.е. представляет **фильтры комбинированного действия**. Первая стадия фильтра работающего в периодическом режиме – ионный обмен. Вторая стадия - регенерация смолы соответствующим регенерирующим раствором. Третья – промывка от регенерирующего раствора водой. **Промышленные установки большой производительности - катионитовые и анионитовые фильтры зарубежного производителя фирмы JUDO представлены в приложении 6.**

Для умягчения воды в небольших объемах потребления (предприятия малого бизнеса, загородные коттеджи) можно рекомендовать **НВР-фильтр серии SF-A**, которые позволяют устранить из воды соли жесткости. В качестве фильтрующего материала используются катионообменные смолы (КУ-2-8, или импортные аналоги), имеющие высокую емкость по солям жесткости. Производительность установки от 0.4 до 2 м³/ч. Периодическая регенерация смолы производится раствором поваренной соли. Работа установки полностью автоматизирована, единственной операцией производимой вручную 1-2 раза в месяц является загрузка твердой соли в бак-солерастворитель. Автоматические **фильтры серии SF** используются также и в производственных процессах водоподготовки. Здесь применяют как единичные варианты, так и модули из двух (дуплекс) и трех (триплекс) фильтров (**приложение 6**). Возможен контроль качества воды по ее остаточной жесткости.

11.6. Мембранные процессы

Баромембранные процессы разделения осуществляются с помощью мембран, которые при разности давления по обе их стороны задерживают одни компоненты раствора и пропускают другие. С уменьшением размера пор в мембране, приводящем к задержанию более дисперсных частиц, требуется более высокое давление. В соответствии с этим существующие баромембранные процессы условно подразделяют на **обратный осмос (радиус пор мембран менее 3 нм, давление 1-25 МПа), ультрафильтрацию (3-100 нм, 0.1-2.0 МПа), микрофильтрацию (0.1-10 мкм, 0.01-0.1 МПа).**

Обратноосмотические мембраны используют для очистки и опреснения природных, шахтных и промышленных сточных вод. С помощью обратного осмоса можно удалить соли, некоторые низкомолекулярные органические вещества, в том числе поверхностно-активные вещества и красители, находящиеся в воде в растворенном состоянии.

Ультрафильтрационные мембраны предназначены для очистки воды и технологических растворов от веществ с молекулярными массами 500-30000 (синтетические и природные полимеры, красители, ПАВ, образующие в воде эмульсии и тонкие суспензии).

Микрофильтрационные мембраны применяются для очистки растворов от коллоидных взвесей и грубодисперсных частиц.

Различают следующие основные **типы мембран**: пленки толщиной до 100-150 мкм; полые волокна наружным диаметром 40-2500 мкм и внутренним диаметром 20-1500 мкм; трубки из пористого конструкционного материала (стеклопластик, металл, керамика), на внутреннюю или внешнюю поверхность которых нанесен тонкий слой полимерной мембраны, оптимальный диаметр трубчатой мембраны составляет 8-29 мм.

Полупроницаемые мембраны формируют в основном из синтетических полимеров, сополимеров и их смесей. **Наибольшее практическое применение получили мембраны на основе целлюлозы и ее производных (ацетат целлюлозы) и полиамидов.** Для получения микрофильтрационных мембран также широко используются полиолефины, виниловые полимеры, фторопласты и другие галогеносодержащие полимеры. Для практического использования перспективны мембраны на основе неорганических материалов – керамика, металлокерамика, стекло. Мембраны этого типа являются химически и термически стойкими, не подвергаются биодеструкции, легко регенерируются механическими, термическими и химическими методами.

Варьируя физико-химические (гидрофильно-гидрофобные свойства, заряд поверхности) и структурные (пористость, распределение пор по размерам, их конфигурация и т.п.) характеристики активного слоя, что достигается соответствующим выбором природы полимерного материала и условий формирования мембран, можно в определенной мере управлять их разделительными свойствами.

Макроскопическая структура мембран, под которой подразумевается общая пористость мембран, размер пор и их распределение по размерам, существование слоев с различной морфологией пор, непосредственно определяет их разделительные свойства: **коэффициент задержания веществ (селективность) и проницаемость (производительность).**

Селективность мембран (ϕ) определяется:

$$\phi = (C_n - C_k) / C_n * 100, \quad \%,$$

где C_n и C_k – концентрации вещества в очищаемой воде и фильтрате, соответственно.

Проницаемость (G) при данном давлении определяется:

$$G = V / F\tau,$$

где V – количество фильтрата, м³, кг;

F – площадь рабочей поверхности мембраны, м²;

τ – единица времени, с.

Существенным **требованием к мембранам**, эксплуатируемым при повышенных давлениях, является их **механическая прочность**. При давлениях выше 0.5 МПа (для ультрафильтрационных мембран) и 5-6 МПа (для обратноосмотических мембран), происходит необратимая деформация (усадка) мембраны. При высоком давлении проницаемость значительно снижается и не восстанавливается при последующем снижении давления. Снижение проницаемости, обусловленное главным образом уплотнением поддерживающего слоя, иногда сопровождается некоторым повышением коэффициента задержания, однако в целом разделительные характеристики мембран, как правило, ухудшаются. Необратимая деформация мембран часто способствует появлению микротрещин в активном слое, нарушению целостности их структуры, что приводит к значительному снижению коэффициента задержания или даже потере полупроницаемых свойств.

Важным технологическим требованием к полупроницаемым мембранам является их **химическая стойкость** или длительное функционирование в широком интервале рН. Не менее важна **биологическая стойкость** мембран, а также устойчивость к действию окислителей (хлора, озона и др.), используемых при обеззараживании вод.

Необратимое изменение свойств полупроницаемых мембран вызывают некоторые органические вещества (фенолы, ароматические и хлорорганические растворители и др.), которые их пластифицируют или частично растворяют.

Если в воде присутствует радиоактивное загрязнение, важным требованием является **стойкость к радиолизу**.

Существуют и другие технологические требования к мембранам, например, стабильность разделительных характеристик в процессе длительной эксплуатации, пригодность к монтажу в мембранные элементы и установки, устойчивость характеристик мембран при длительном хранении и консервации.

В промышленных условиях успешное функционирование мембранных установок не возможно без учета ряда требований. Среди них большое значение имеет состав разделяемого раствора (содержание электролитов, органических веществ, высокомолекулярных соединений, взвешенных веществ и др.), а также его рН и температура. В зависимости от состава обрабатываемого раствора, требований к фильтрату и концентрату выбирают тип используемой мембраны, аппарат и схему установки. Кроме того, необходим оптимальный выбор системы предварительной подготовки воды.

Методы предварительной подготовки воды весьма разнообразны. К ним относятся: удаление взвешенных частиц и коллоидов органической и неорганической природы, обеззараживание воды, удаление солей жесткости и других соединений, склонных к образованию осадков на поверхности и в порах мембран, а также в отдельных зонах аппарата.

Для разделения растворов мембранными методами в промышленных условиях следует рекомендовать аппараты четырех основных типов: **плоскокамерные, трубчатые, рулонные и на основе полых волокон**. В этих аппаратах над поверхностью мембран осуществляется течение жидкости, препятствующее образованию примембранных слоев с повышенной концентрацией веществ (**концентрационной поляризации**).

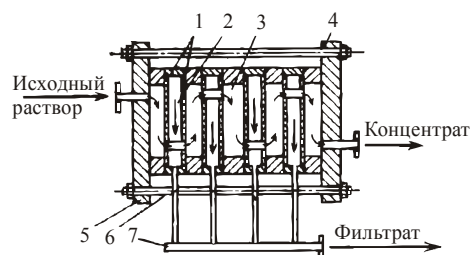


Рис. 21. Схема устройства мембранного аппарата с плоскокамерными фильтрующими элементами типа «фильтр-пресс»

1- мембраны; 2 –пористые пластины; 3- камеры; 4,5 – крышки.

В **плоскокамерном разделительном аппарате** используются пленочные мембраны, принцип их сборки аналогичен известному в технологии фильтр-прессу. Мембрана расположена на соответствующем поддерживающем материале, выполняющем одновременно дренажную функцию, а разделяемый раствор под давлением циркулирует вдоль мембраны (рис.21).

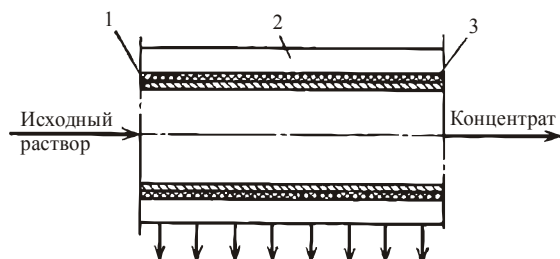


Рис. 22 Трубчатый фильтрующий элемент с мембраной внутри пористой трубки
1- полупроницаемая мембрана; 2- пористая трубка;

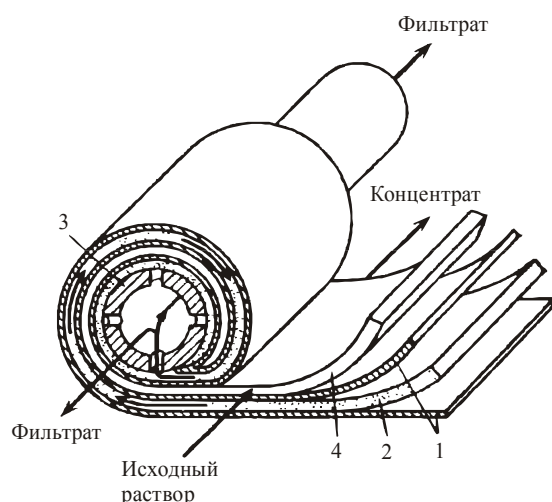


Рис. 23. Схема рулонного фильтрующего элемента
1- мембраны; 2- дренажный слой для отвода фильтрата; 3- фильтратотводящая перфорированная трубка; 4- сетка сепаратор

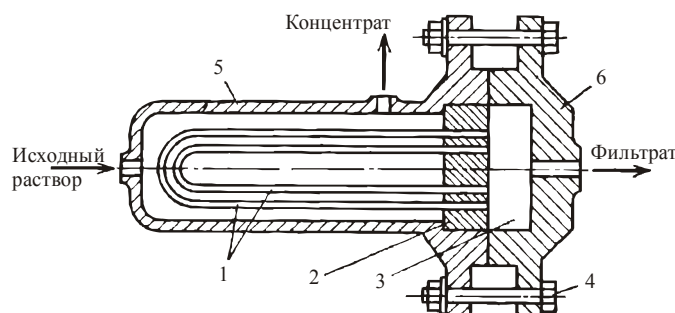


Рис. 24. Схема аппарата с мембранами из полых волокон
1- мембраны в виде полых волокон; 2- шайба; 3- пористая подложка; 4- болты; 5- корпус; 6- крышка

Трубчатые аппараты состоят из трубчатых мембранных элементов, исходный раствор в которых подается главным образом вовнутрь, однако есть элементы, где рабочая поверхность расположена снаружи трубки (рис.22).

В **рулонных мембранных элементах** исходный раствор движется по напорному каналу параллельно оси элемента, в котором мембрана вместе с дренажным слоем намотана на трубку-коллектор. Проходя через мембрану, опресненная вода попадает сначала в дренажный слой, а затем по спирали в трубку-коллектор. Чтобы гидравлическое сопротивление дренажного канала не было слишком большим, максимальная длина его и мембраны не должна превышать 3 м (рис.23).

Конструкция аппаратов **на основе полых волокон** наиболее проста, так как не требуются дренажные и поддерживающие системы, что значительно облегчает их разработку и изготовление (рис. 24).

Автоматизированные обратноосмотические установки зарубежных фирм JUDO и BWT находят применение в промышленном водоснабжении и для индивидуального пользования. Конструкции этих мембранных установок представлены в приложении 6.

Обратноосмотические промышленные установки компании НВР предназначены для опреснения и обессоливания воды (приложение 6). Встроенная система КИПиА позволяет проводить оценку работы установки и вовремя проводить профилактические мероприятия, в частности химическую промывку мембраны

Мембранные разделительные элементы находят активное применение и в бытовых фильтрах для доочистки питьевой воды. Система комплексной очистки

питьевой воды **ТРИО**, включающая механический, адсорбционный фильтры и мембранный модуль разработана **компанией НВР (Россия)** предназначена для глубокой очистки водопроводной воды в индивидуальном использовании (**приложение 6**).

В настоящее **время баромембранные методы чаще применяют в локальных очистных установках на отдельных стадиях технологических процессов** (табл. 9).

Таблица 9 Промышленное использование баромембранных процессов

Область применения	Удаляемые вещества	Баромембранный процесс	
		обратный осмос	ультра-фильтрация
Гальванотехника	Ионы тяжелых металлов	+	
Металлургия	Соединения железа	+	
Химическая и нефтехимическая промышленность	Неорганические и органические соединения, масла	+	+
Лакокрасочная пром.	Красители	+	+
Производство кинофотоматериалов	Желатин, соединения серебра		+
Обработка кинофотоматериалов	Неорганические соединения, желатин, ПАВ, коллоидные соединения	+	+
Молочная промышленность	Протеин, лактоза	+	+
Целлюлозно-бумажная промышленность	Неорганические вещества, сахара, лигнины и лигниносульфаты	+	+
Пищевая промышленность	Сахара крахмал, протеин	+	+

12. БИОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНОЙ ВОДЫ

Биохимические процессы используются на завершающей стадии очистки сточных вод. Они позволяют произвести деструкцию органических загрязнителей воды с помощью биологической системы. Особая роль в этом процессе отводится микроорганизмам, малый размер которых обуславливает высокую поверхность контакта их с окружающей средой, поэтому обменные процессы протекают очень активно.

12.1. Сущность методов биохимической очистки в искусственных аэробных и анаэробных условиях

Способность микроорганизмов (вирусов, фагов, бактерий, водорослей, грибов, простейших) использовать в процессе своей жизнедеятельности в качестве питания различные органические и минеральные вещества сточных вод является основой процессов биологической очистки. Микроорганизмы имеют очень разнообразные физиологические возможности в отношении питательных веществ и условий окружающей среды, что позволяет удалять из сточных вод практически любые органические соединения.

В клетках микроорганизмов одновременно протекает множество биохимических реакций. **Ферменты, ускоряющие биохимические реакции, имеют высокую каталитическую активность**, т.е. эффективно снижают энергию активации, необходимую

для осуществления реакции, благодаря тому, что способствуют образованию промежуточных продуктов, требующих меньшей энергии.

Ферменты вырабатываются клеткой в соответствии с ее потребностями, их содержание может колебаться в значительной степени. Ферменты имеют высокую специфичность, а их активность зависит от различных факторов (температуры, pH, состава питательной среды, наличия токсических веществ).

В процессах биологической очистки **наибольшая роль отводится бактериям**. Все необходимые питательные вещества бактерии получают из сточной воды, поэтому ее качественный и количественный состав, а также условия проведения очистки - концентрация растворенного кислорода, pH, температура, наличие токсических примесей - имеют большое значение для получения высоких и устойчивых показателей качества очищенной воды.

Бактериальное разложение органических веществ может происходить **в анаэробных и в аэробных условиях (т.е. в бескислородной среде и в присутствии кислорода)**.

Аэробы разлагают органические вещества, окисляя их кислородом, который потребляют. Некоторые виды бактерий растут и размножаются в отсутствии свободного кислорода, получая энергию при анаэробном разложении органических веществ и накапливая частично окисленные промежуточные продукты. Различают **облигатные (строгие) и факультативные (необязательные) анаэробы**. Бактерии, живущие только в отсутствии кислорода - облигатные анаэробы - при наличии свободного кислорода быстро погибают. Факультативные анаэробы растут и размножаются одинаково хорошо в присутствии и в отсутствии кислорода.

Процессы биохимической деструкции веществ в сточных водах реализуются в естественных условиях: на полях фильтрации, орошения; биологических прудах, а также в искусственных условиях: в аэротенках и биофильтрах (аэробные методы) и метантенках (анаэробные методы).

Потребное для полного окисления количество кислорода – биохимическая потребность в кислороде (БПК) является мерой количества органического вещества, способного окисляться бактериями в аэробных условиях. При оценке степени разложения органического вещества в анаэробных условиях и определении эффективности работы анаэробных сооружений, где кислород не потребляется, показатель БПК применяться не должен.

Некоторые бактерии участвуют в нескольких этапах разложения вещества: например, могут использовать белки, а затем углеводы, окислять спирты, а затем альдегиды, элементарный, а затем связанный азот и т.д. Но некоторые бактерии могут потреблять только определенные вещества, не используя другие. Одни виды бактерий могут вести окисление органического вещества до конца - до образования углекислого газа и воды, другие - до промежуточных продуктов, которые в свою очередь могут являться субстратом для других видов бактерий. Поэтому при очистке сточных вод, содержащих разнообразные органические и минеральные вещества, используют только сообщество микроорганизмов, которое обладает широким спектром физиологических возможностей и устойчивостью к воздействию внешних факторов.

Активный ил и биопленка представляют собой сообщество организмов, основную часть которого составляют бактерии, в незначительном количестве присутствуют различные виды простейших, коловратки, некоторые виды червей. **Активный ил – это свободно перемещающиеся в очищаемой воде микроорганизмы, биопленка – сообщество прикрепленных (иммобилизованных) на специальной загрузке микроорганизмов.**

Простейшие, присутствующие в активном иле или биопленке, непосредственного участия в окислении органического вещества не принимают. Они питаются бактериями и мельчайшими взвешенными веществами, находящимися в воде. Это обуславливает их специфическую регулируемую роль в очистке сточной воды: поедая клетки бактерий, простейшие способствуют омоложению активного ила, присутствие простейших стимулирует рост бактерий, простейшие снижают общее количество единичных бактериальных клеток в очищенной воде, в том числе и патогенных. На разных этапах очистки, при разных условиях ее проведения преобладают разные группы простейших, что позволяет с большой степенью достоверности использовать их в качестве индикаторных организмов и судить о полноте очистки.

Например, в условиях работы аэротенков (сооружений аэробной очистки) в режиме полного окисления с интенсивным процессом нитрификации в активном иле в массовом количестве присутствуют такие простейшие как, кругло- и брюхонослицичные инфузории, а также – коловратки, малоцетинковые черви. При органической перегрузке, недостатке кислорода и др. появляются другие простейшие - бесцветные жгутиковые, равноресничные инфузории, переносящие повышенную концентрацию органических веществ и дефицит кислорода в воде.

Условная химическая формула активного ила, которая варьирует в зависимости от условий процесса очистки, имеет вид $C_5OH_7O_2N$. **Основными химическими соединениями органического вещества активного ила являются белки - 56-58%, жиры - 21-22%, углеводы - 4-5% от общего органического вещества активного ила.**

Отрицательное воздействие на физиологическое состояние активного ила оказывает недостаток **биогеиных элементов**: азота, фосфора, калия, магния, кальция, серы и др. Как правило, в хозяйственно-бытовых сточных водах этого недостатка не бывает. Более того, эти элементы, особенно азот и фосфор присутствуют в избытке, и основная задача состоит в том, чтобы удалить их из очищаемой воды.

Эффективность очистки сточных вод активным илом в значительной степени зависит от температуры воды. Считается, что **оптимальный диапазон температур 20-25°C**. Повышение температуры, особенно резкое, до 28°C и выше ведет к изменениям в структуре активного ила и ухудшению его седиментационных свойств, что нарушает работу следующих за аэротенком вторичных отстойников (**рис. 25**). Температура выше критической, которая может привести к гибели бактериальных клеток, практически не встречается при очистке хозяйственно-бытовых сточных вод. Значительно чаще на очистные сооружения поступает вода с пониженной температурой. **По существующим нормативам на биологическую очистку не следует подавать сточную воду с температурой ниже 6° С**. При низкой температуре, замедляется скорость окисления органического вещества, скорость адаптации микроорганизмов к новым загрязняющим веществам, поступающим на очистку. Особенно сильное воздействие пониженная температура оказывает на скорость процессов нитрификации и денитрификации. При низкой температуре ухудшаются седиментационные свойства активного ила.

При практических расчетах скорость очистки сточных вод по БПК условно принимается равной единице при температуре 15°C, при другой температуре скорость очистки пересчитывается умножением на $T/15$, где T - температура воды, °C.

На физиологическую активность микроорганизмов активного ила оказывает влияние **величина pH**. При pH среды менее 6 и более 9 эффективность очистки сточных вод резко снижается, что объясняется влиянием активной реакции среды на скорость ферментативных процессов. В условиях резко щелочной или кислой среды может произойти необратимая денатурация белков бактериальных клеток. Величина pH поступающей на очистку сточной воды обычно около 7. За счет процессов, происходящих в аэротенке, особенно нитрификации и денитрификации, активная реакция среды изме-

няется - при высокой эффективности очистки достигает 8 - 8,5. Это зависит также от буферности системы, в частности от величины щелочности сточной воды.

Отрицательное действие на процесс биологической очистки оказывают различные **токсические вещества органического и неорганического происхождения**: соли тяжелых металлов (медь, ртуть, свинец, хром и др.), четыреххлористый углерод, амиловый спирт, гидрохинон, хлорбензол, хлорвинил и др. Степень влияния токсических веществ зависит от адаптированности активного ила, его дозы, температуры, pH, количества и вида других присутствующих в сточной воде загрязнений. Токсические органические вещества в концентрациях ниже предельно допустимых могут использоваться бактериями активного ила в качестве питательного субстрата и таким образом удаляться из сточной воды. Поэтому так важно устройство на промышленных предприятиях локальных очистных сооружений и соблюдение требований, предъявляемых к производственным сточным водам при приеме их на городские очистные сооружения.

Механизм действия токсических веществ различен. Например, малые концентрации синильной кислоты или ее солей инактивируют один из дыхательных ферментов - цитохромоксидазу; ПАВ снижают поверхностное натяжение, что создает неблагоприятные условия для микроорганизмов.

При окислении органического вещества в аэротенке часть его идет на построение клеток бактерий, т.е. увеличение биомассы активного ила. Образующийся в результате прироста избыточный активный ил должен регулярно удаляться из системы для поддержания заданной дозы и нормальной работы вторичного отстойника (**рис. 25**).

Самым важным свойством активного ила, позволяющим поддерживать относительно высокую биомассу бактерий в аэротенке, является его способность образовывать хлопья, оседающие при отстаивании иловой смеси. Без этого никакие другие, самые благоприятные условия не могут обеспечить работоспособность традиционного аэротенка. Величина хлопья, его плотность, компактность зависят при прочих благоприятных условиях, прежде всего от величины органической нагрузки на ил - количества органического вещества по БПК_{полн.} в мг, приходящегося на 1 г органического вещества активного ила в сутки.

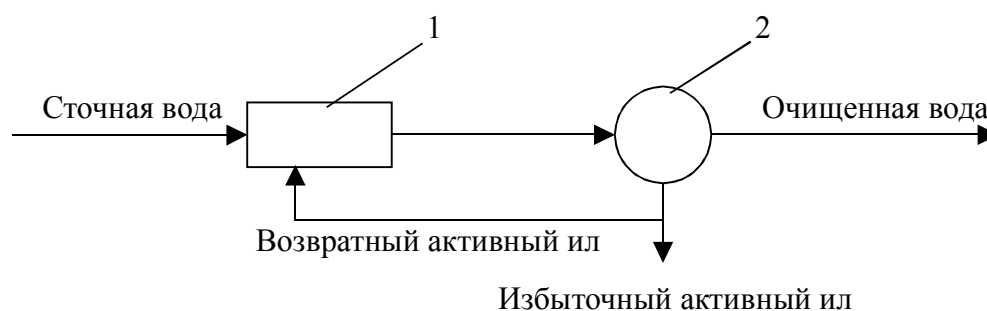


Рис. 25. Схема работы аэротенка в комплексе с вторичным отстойником
1 – аэротенк, 2 – вторичный отстойник

Обычно аэротенки работают при нагрузках 400-500 мг/(г.сут). При нагрузке ниже 30 мг/(г.сут) активный ил теряет способность к хлопьеобразованию, хлопья распадается на отдельные бактериальные клетки, не оседающие во вторичных отстойниках, и в аэротенке невозможно поддерживать необходимую концентрацию активного ила. Обычно в аэротенках поддерживается доза активного ила 1,5-3 г/л, а при благоприятных условиях - до 4-6 г/л.

Количество растворенного кислорода, поступающего в иловую смесь, должно быть достаточным для окисления поступающего органического вещества и эндогенного дыхания бактерий.

Концентрация кислорода в иловой смеси для поддержания благоприятных условий очистки рассчитывается исходя из БПК_{полн} сточной воды. После аэробного окисления на выходе из вторичного отстойника концентрация растворенного кислорода должна быть не ниже 2 мг/л.

Аэротенки, работающие при нагрузках менее 150 мг/(г.сут), называются **аэротенками полного окисления или аэротенками с продленной аэрацией**. В отличие от обычных аэротенков, в аэротенках полного окисления происходит более глубокая очистка сточных вод (содержание растворенных органических веществ по БПК_{полн} составляет около 6 мг/л). Однако, за счет более высокой концентрации взвешенных веществ БПК очищенной воды возрастает в 2 и более раз. Интенсивно идет процесс нитрификации, образуется значительно меньше избыточного активного ила, причем образующийся осадок минерализован и не требует дополнительной стабилизации.

Удельный расход подаваемого в аэротенк воздуха производится по количеству органического вещества по БПК, подлежащего удалению из обрабатываемой сточной воды.

Конструкция коридорного аэротенка с пневматической системой аэрации изображена в **приложении 6**.

Пневматическая аэрационная система может быть представлена перфорированными трубами, пористыми дисковыми и трубчатыми элементами. Возможна также аэрация воды **механическим способом**.

Конструкции механического и пневматического дискового аэраторов фирмы NOPON (Финляндия), а также пневматических дискового (германская фирма HUBER SUHNER) и трубчатого аэратора (российская фирма ЭКОТОН) изображены в **приложении 6**.

Аэротенки со взвешенным активным илом при традиционных нормативных органических нагрузках не могут обеспечить удаление органических загрязнений сточных вод до концентраций по БПК и взвешенным веществам ниже 10-15 мг/л, при этом удаление азота составляет 30-40%, фосфора - менее 20%.

С точки зрения технологии для совершенствования аэротенков наиболее перспективным является изучение совместного проведения процессов окисления органического вещества, нитрификации-денитрификации, биологического удаления фосфатов.

В большинстве мелких населенных пунктах используются очистные сооружения с **биофильтрами**, в качестве загрузки которых применяется щебень. Метод биосорбции сочетает преимущества физико-химических и биохимических методов очистки. В биофильтрах одновременно протекают процессы адсорбции и биохимического окисления органических веществ. Использование пористых фильтрующих материалов позволяет значительно интенсифицировать процессы биохимической очистки за счет адсорбции примесей и создания на поверхности материалов биопленки.

Выбор адсорбционных материалов является сложной задачей, так как они должны соответствовать определенным технологическим и экономическим требованиям. Загрузочные материалы должны обладать достаточной сорбционной емкостью, механической прочностью, быть доступными и дешевыми. **Сотрудники Московского инженерно-строительного института** предложили в качестве сорбента **использовать пластмассовую плоскостную загрузку (рис.26)**.

Биофильтр с пластмассовой модифицированной загрузкой (БФМЗ) обеспечивает следующие преимущества:

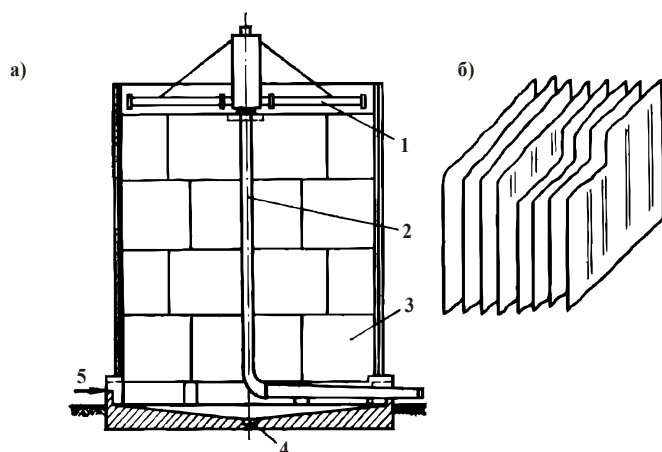


Рис.26. Биофильтр с пластмассовой насадкой:
а- секция биофильтра; б- насадка
1- ороситель; 2- подача воды на очистку; 3- блоки на-
садки; 4- отвод воды; 5- подача воздуха

- широкий диапазон производи-
тельности (от 0.1 до 50
тыс.м³/сут); эффективную очистку
и высокую надежность работы;
- незаиливаемость загрузки
при высоких нагрузках по органи-
ческим загрязнителям, определяе-
мым БПК до 30 кг/м³ в сутки и при
исходных концентрациях по взве-
шенным веществам до 1500 мг/л;
- малую энергоемкость 0.003 -
0.75 кВт ч на 1 кг снятого БПК₅,
против 1.15 - 2.5 кВт ч на 1 кг
БПК₅ у аэротенков с пневматиче-
ской или механической аэрацией;
- сокращение, занимаемых
очистными сооружениями, площа-

дей в 3-4 раза, по сравнению с традиционными, предполагающими наличие в схеме аэротенков;

- высокую устойчивость прикрепленной биопленки к резким колебаниям состава очищаемых сточных вод, температуры воды, рН.

На **биофильтрах** контакт сточной воды с биопленкой осуществляется в течение нескольких минут. За это время происходит в основном сорбция органических веществ и не может осуществляться глубокое удаление из воды растворенных органических загрязнений. Сорбированные вещества затем окисляются бактериями, образующими биопленку.

В большинстве случаев, качество очищенной на биофильтре воды не соответству-
ет современным требованиям. Но их особенность - образование биопленки на поверх-
ности загрузочного материала - используется для усовершенствования технологии очи-
стки в аэротенках.

Объединив преимущества биофильтра и аэротенка, можно получить сооружение,
в котором всегда есть запас биомассы микроорганизмов, и обеспечивается более высо-
кое качество очищенной воды - **аэротенки с прикрепленной микрофлорой (или аэро-
тенки с затопленной загрузкой)**.

При использовании **аэротенков-вытеснителей с иммобилизованной микро-
флорой** по длине аэротенка на затопленной загрузке развивается биопленка, адаптиро-
ванная к различным органическим нагрузкам: к высокой - в начале аэротенка, к пони-
жающейся по мере очистки сточных вод - в конце аэротенка.

Скорость биологических процессов в прикрепленной микрофлоре зависит
прежде всего от поверхности контакта биопленки с очищаемой водой. Свободный
внутренний объем пористых загрузочных материалов зарастает бактериальной массой,
а при увеличении толщины биопленки необходимо учитывать диффузионные процессы
переноса органического вещества сточных вод во внутренние слои биопленки. Во внут-
ренних слоях может образовываться дефицит кислорода, что вызывает процесс денит-
рификации.

Сооружения с прикрепленной микрофлорой могут обеспечить снижение концен-
трации органического вещества до величин менее 3 мг/л по БПКполн. и взвешенным
веществам, а также азота аммонийного менее 0,5 мг/л, что зависит в основном от про-
должительности глубокой очистки.

Весьма интересной и перспективной является технология глубокой очистки, объединяющая использование пористой листовой или волокнистой загрузки с добавлением осаждаемого на ней активированного угля.

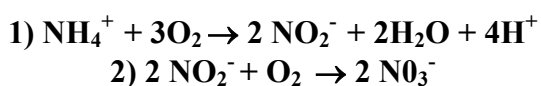
При изучении глубокой очистки сточных вод с использованием прикрепленной микрофлоры *специалистами Мосводоканал НИИ проекта обнаружен эффект удаления из воды фосфатов в присутствии металлических элементов загрузки*. Авторы объясняют это тем, что в процессе жизнедеятельности микроорганизмы биопленки при окислении органических веществ подкисляют воду и на границе контакта биопленки со сточной водой образуется микрizona с кислой реакцией среды. В этой микрзоне происходит процесс перехода в воду ионов металла, которые образуют с фосфатами нерастворимые соединения, выпадающие в осадок. В аэротенке с загрузкой, армированной металлом, содержание фосфатов через сутки снижалось до 0,24 мг/л. Авторы назвали способ *биогальваническим*.

12.2. Нитрификация, денитрификация

Удаление из сточных вод аммонийного азота происходит в результате процесса нитрификации, которая осуществляется автотрофными бактериями, использующими для питания неорганический углерод (углекислоту, карбонаты, бикарбонаты). Присутствие в воде органических веществ может тормозить развитие нитрифицирующих бактерий. Это связано с тем, что нитрифицирующие бактерии способны потреблять только тот азот, который не использован гетеротрофными микроорганизмами, развивающимися при наличии органических веществ и потребляющими азот в процессе конструктивного обмена. Кроме того, гетеротрофные бактерии усиленно поглощают кислород, необходимый нитрификаторам.

На первой стадии процесса бактерии рода *Nitrosomonas* окисляют азот аммонийный до нитритов. В качестве субстрата *Nitrosomonas* может использовать аммонийный азот, мочевины, мочевую кислоту, гуанин, но органическая часть молекулы не потребляется. На второй стадии бактерии рода *Nitrobacter* окисляют нитриты до нитратов.

Реакции окисления азота аммонийного:



При нитрификации в качестве источника кислорода бактериями используются также гидрокарбонаты - HCO_3^- , при этом увеличивается концентрация угольной кислоты - H_2CO_3 и следовательно, снижается pH среды. Степень снижения pH зависит от величины щелочности воды: на 1 мг окисленного азота используется 8,7 мг щелочности.

При условии осуществления нитрификации в аэротенке необходимо учитывать дополнительный расход кислорода из расчета 4,6 мг O_2 на 1 мг окисленного азота.

Прирост органического вещества бактерий при нитрификации составляет примерно 0,16 мг на 1 мг окисленного азота, причем основная часть приходится на *Nitrosomonas*. Около 98% азота окисляется при этом до нитратов, остальное количество входит в состав клеточной биомассы. Доля нитрифицирующих бактерий в общей биомассе активного ила может составлять от 0,5 до 2,5%, по абсолютной величине - от 17 до 55 мг/л. Основным требованием к процессу нитрификации при осуществлении его в аэротенках является наличие достаточной биомассы бактерий-нитрификаторов. Поскольку скорость роста автотрофов значительно ниже чем, гетеротрофов, ведущих про-

цесс разложения органических загрязнений, при осуществлении процесса нитрификации в одном сооружении с окислением органических загрязнений требуется увеличение продолжительности очистки или снижение органической нагрузки. Скорость прироста бактерий-нитрификаторов определяет минимальный возраст активного ила в аэротенке, ниже которого эти бактерии будут просто изыматься из аэротенка с избыточным активным илом.

Содержание различных форм азота в очищенной воде зависит от технологических параметров работы очистных сооружений. При традиционных режимах, обеспечивающих полную биологическую очистку и частичную нитрификацию, т.е. при нагрузках 400-500 мг БПК на 1 г беззольного вещества ила в сутки концентрация аммонийного азота снижается не более, чем на 40%. Очищенные сточные воды содержат не менее 10-15 мг/л аммонийного азота и не более 3-4 мг/л нитратов. В этом режиме в настоящее время работает большинство очистных сооружений.

В аэротенках полного окисления (продленной аэрации) нитрификация проходит довольно полно, так как возраст ила в этих сооружениях достигает 30 суток и более. Здесь отмечается высокое содержание нитратов в очищенной воде (до 8-10 мг/л) и соответственно более низкие концентрации солей аммония (1-2 мг/л). Более глубокую нитрификацию (NH_4 до 0,5 мг/л) можно осуществить в аэротенках с прикрепленной микрофлорой, оснащенных различной загрузкой. Применение аэротенков полного окисления на станциях большой производительности ранее не применялось по технико-экономическим показателям (увеличение объемов аэротенков и количества подаваемого в них воздуха).

Однако считается, что этот метод наиболее перспективен, особенно с учетом современных требований к степени удаления из воды соединений азота (при применении обычных аэротенков все равно необходимо предусматривать дополнительные сооружения для проведения нитрификации).

Достоинством аэротенков полного окисления, особенно при использовании затопленной загрузки, является также то, что в них одновременно протекает процесс **денитрификации**, эффективность которой может достигать 60-80%.

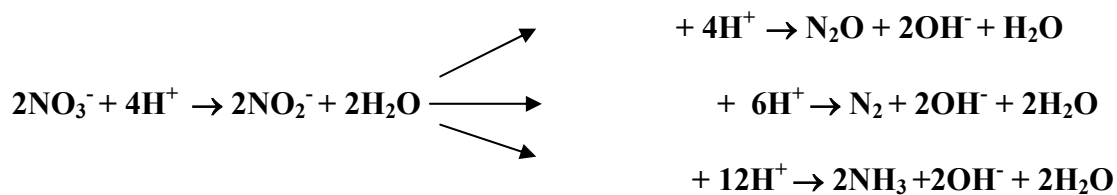
Скорость процесса нитрификации зависит от pH среды и температуры. Так при pH менее 6 и температуре менее 10° С интенсивность нитрификации значительно снижается, присутствие свободного аммиака и солей тяжелых металлов ингибируют процесс. Оптимальными являются температура 20-25°С и pH более 8,4.

Для удаления из воды окисленных форм азота - нитритов и нитратов, образующихся в результате нитрификации, осуществляется процесс денитрификации, сущность которого заключается в том, что гетеротрофные **бактерии - денитрификаторы (*Thiobacillus, Denitrificans, Pseudomonas*)** в процессе своей жизнедеятельности для окисления органического вещества используют связанный кислород нитратов и нитритов, восстанавливая их до молекулярного азота.

Процесс **биологической денитрификации проводится в анаэробных условиях в присутствии органических веществ, необходимых для жизнедеятельности бактерий**. Органические вещества окисляются кислородом, который был извлечен из нитритов и нитратов. Окисляются в основном легкоокисляемые вещества: углеводы, органические кислоты, спирты. Денитрифицирующие бактерии не могут использовать высокомолекулярные полимерные соединения.

Максимальная интенсивность процесса достигается при pH 7.0 - 8.2. При значениях pH ниже 6,1 и выше 9,6 процесс полностью затормаживается. Повышение температуры интенсифицирует процесс.

Денитрификация происходит согласно такой схеме:



Следует отметить, что аммиака и оксидов азота в процессе образуется немного. Удельная скорость восстановления нитратов колеблется от 5 до 10 мг/(г.ч).

Для эффективной денитрификации необходимо присутствие легкоокисляемых органических веществ (спиртов, низкомолекулярных органических кислот) в качестве источника углеродного питания. Для этой цели может быть использована неочищенная сточная вода, количество которой определяется из необходимого соотношения содержания органического вещества по БПК и нитратного азота, равного (3-6):1, сброженный осадок (отстой из метантенков фазы кислого брожения) или избыточный активный ил.

Процессы нитрификации и денитрификации проходят в аэротенке одновременно, так как в активном иле всегда есть аэрируемые зоны и зоны с дефицитом кислорода, где образовавшиеся в процессе нитрификации нитриты и нитраты восстанавливаются.

Разделение процессов нитрификации и денитрификации позволяет улучшить условия проведения каждого из них и, соответственно, обеспечить глубокое удаление азота.

13. ПРОЦЕССЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

Одной из основных задач очистных сооружений водопровода и канализации является предотвращение возможного распространения через воду кишечных инфекций.

Сооружения осветления (отстойники и особенно фильтры) задерживают значительную часть (90 % и более) содержащихся в природных водах микроорганизмов. Однако оставшееся количество бактерий, вирусов, простейших превышает допустимую норму. Поэтому осветленную воду следует всегда обеззараживать, подвергать дезинфекции. Часто дезинфицируют также воду подземных источников (обычно не требующую осветления), рекомендуется обеззараживать подземные воды, прошедшие стадию обезжелезивания. В обязательном порядке должны подвергаться обеззараживанию стоки прошедшие цикл полной биохимической очистки.

В системах коммунального водоснабжения и водоочистки на протяжении уже более ста лет **применяют различные методы обеззараживания воды:**

химические методы - обработка воды газообразным (сжиженным) хлором и хлорсодержащими агентами, перекисью водорода, перманганатом калия, соединениями йода и брома, озоном, ионами серебра, золота, меди;

безреагентные физические методы - воздействие ультрафиолетом, лазером, гамма излучением, потоком ускоренных электронов, ультразвуком, гидродинамической кавитацией и др.

Реальными практическими методами, обладающими необходимым потенциалом обеззараживания воды и прошедшими проверку на действующих крупномасштабных сооружениях водоподготовки, сегодня являются **хлорирование, озонирование и облучение ультрафиолетом.**

В нашей стране развитие исследований по обеззараживанию можно разбить на три этапа: 1 этап – до конца 70-х, 2 этап – 80-е и 3 этап 90-е годы. До конца 70-х годов дезинфекция сточных вод отождествлялась с хлорированием. Другие методы в этот период фактически не вышли из стадии испытаний. В конце 70-х, когда отрицательным последствием хлорирования стало придаваться очень серьезное значение, исследования были направлены на снижение воздействия обеззараженных вод на водоем. Для этих целей применялись различные методы дехлорирования. Одновременно была предложена разработка альтернативных методов обеззараживания, не оказывающих влияния на водоем. Основным методом, изучение которого проводилось в 80-е годы, был метод озонирования. 90-е годы были отмечены повышенным интересом к обеззараживанию ультрафиолетом.

Применимость различных методов оценивается рядом критериев:

- удаление патогенных и снижение концентрации индикаторных микроорганизмов до значений, установленных соответствующими санитарными нормативами;
- колебание физико-химического качества воды должны оказывать минимальное влияние на эффективность обеззараживания;
- исключение образования вредных побочных продуктов в концентрациях выше ПДК в результате обеззараживания;
- органичное вписывание в общую технологическую схему очистки и приемлемость с экономической и экологической позиции.

Выбор конкретного метода в каждом случае должен основываться на комплексном анализе предлагаемого решения с технико-эксплуатационной и экономической точек зрения. Основное внимание при этом уделяется обеспечению надежного и постоянного обеззараживания воды.

Накопленный экспериментальный и теоретический материал позволил специалистам провести анализ различных методов обеззараживания коммунальных и промышленных сточных вод, систематизировать информацию и исключить из дальнейшего технико-экономического рассмотрения менее эффективные и редко используемые методы. *Анализ проводился в два этапа: ранговой оценки и технико-экономического расчета.* Как известно, *ранговая оценка* является принятым в мировой практике методом, который проводился по **23 критериям**. В качестве критериев для оценки выступали: частота использования, длительность апробации, наличие производства в России, экологическая безопасность и др. (**приложение 5**). Оценка проводилась *по пяти бальной системе*. Поскольку хлорирование в мировой практике рассматривается в основном вместе с дехлорированием, в первую очередь были оценены *методы дехлорирования следующими веществами: SO_2 , $NaHSO_3$, Na_2SO_3 , $Na_2S_2O_3$, Na_2CO_3 и газовой известью* Результаты оценки методов дехлорирования показали, что наиболее оптимальными по совокупности рассматриваемых показателей являются два метода, получившие максимальный ранг: с использованием бисульфита натрия ($Na_2S_2O_3$) и сернистого ангидрида (*диоксида серы SO_2*).

Результаты ранговой оценки методов обеззараживания приведены в таблице приложения 5. Анализ данных показал, что *наивысший ранг получили методы УФ-обеззараживания и озонирования.* Эти методы хорошо испытаны на практике, имеют длительную апробацию, могут быть реализованы на станциях большой производительности, оказывают минимальное влияние на окружающую среду, не оказывают негативного влияния на водоем. Следует отметить, *что ультрафиолет лидирует с большим отрывом от остальных методов.*

Методы физического воздействия (лазерное-, гамма- и альфа- излучения) отстают от первых двух на достаточно значительное количество баллов, что вызвано отсутствием опыта их использования и необходимостью проведения дополнительных работ. Это не позволяет рассматривать их в обозримом будущем в качестве перспективных для реализации на крупных станциях.

Обеззараживание газообразным хлором отстает от УФ-обеззараживания на 42 балла по совокупности оцениваемых признаков. Это связано как с негативным влиянием хлорирования на окружающую среду, так и с определенной опасностью его применения. Поскольку метод хлорирования нашел широкое распространение в мире, а в нашей стране до последнего времени был фактически единственным методом, применяемым на практике, он наряду с лучшими был рассмотрен в технико-экономических расчетах.

На втором этапе в качестве критериев для оценки были выбраны удельные капитальные затраты, себестоимость и приведенные затраты.

Из анализа результатов следует, *что лидерами по экономическим оценкам являются два метода: ультрафиолет на российских установках с лампами низкого давления и хлорирование газообразным хлором с дехлорированием сернистым ангидридом.* Однако негативные свойства хлорирования и соответственно низкий ранг, не позволяют рекомендовать этот метод для обеззараживания сточных вод.

Представим физико-химические основы и аппаратное оформление наиболее распространенных и перспективных методов обеззараживания и проведем их сравнительный анализ.

13.1. Хлорирование

Подобно осветлению, **хлорирование является методом многоцелевой обработки воды: дезинфекция, обесцвечивание, дезодорация, устранение сероводорода, железа.**

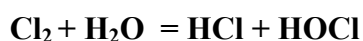
Хлорирование процесс обеззараживания воды с применением хлорсодержащих агентов, которые вступают в реакцию с водой или растворенными в ней солями. Вследствие взаимодействия хлорсодержащих агентов с протеинами и аминокислотами содержащимися в оболочке бактерий и их внутриклеточном веществе, происходят окислительные процессы, химические изменения внутриклеточного вещества, распад структуры клеток и гибель бактерий и других микроорганизмов.

Сильным окислительным и дезинфицирующим действием обладают следующие соединения хлора: **свободный хлор (Cl_2), гипохлорит-анион (OCl^-), хлорноватистая кислота ($HOCl$), хлорамины (вещества, при растворении в воде которых образуется монохлорамин NH_2Cl , дихлорамин $NHCl_2$, трихлорамин NCl_3).** Суммарное содержание этих соединений называют термином **«активный хлор»**.

Содержащие активный хлор вещества подразделяются на две группы: **сильные окислители** – хлор, гипохлориты натрия и кальция и хлорноватистая кислота – содержат так называемый **«свободный активный хлор»**, и относительно **менее сильные окислители** – хлорамины – **«связанный активный хлор»**. Благодаря сильным окислительным свойствам соединения, имеющие активный хлор используют для дезинфекции питьевой воды и воды в бассейнах, а также для химической очистки некоторых сточных вод.

Наиболее широкое распространение в качестве сильного окислителя и обеззараживающего агента получил молекулярный хлор и его модификации (гипохлориты натрия и кальция, хлористый аммоний).

Для станций большой производительности используют хлор-газ, который доставляется и хранится в сжиженном состоянии в стандартных стальных баллонах вместимостью от 25 до 69 кг. Для дозирования в воду хлора используют специальные аппараты – хлораторы. Свободный хлор при растворении в воде диспропорционирует с образованием соляной и хлорноватистой кислот по реакции:



Затем происходит диссоциация хлорноватистой кислоты с образованием гипохлорит - иона:



Недиссоциированные молекулы хлорноватистой кислоты обладают большим бактерицидным действием, чем гипохлорит ионы. При величине $pH = 5-6$ хлор присутствует в воде главным образом в виде хлорноватистой кислоты. С повышением величины pH концентрация гипохлорит ионов постепенно возрастает, достигая 97% при $pH=9$.

Если в хлорируемой воде содержится природный аммиак или азотсодержащие органические соединения (например, аминокислоты), то свободный активный хлор вступает с ними в химическое взаимодействие и образует хлорамины и другие хлорпроизводные, так называемый связанный активный хлор.

В схеме осветлительной обработки должно быть предусмотрено двойное хлорирование воды: прехлорирование (до осветления) и постхлорирование (после осветления). Кроме двойного хлорирования различают нормальное хлорирование, суперхлорирование, суперхлорирование с дехлорированием.

Обеззараживание воды хлором или хлорсодержащими препаратами осуществляется такими дозами, чтобы после полного окисления органических веществ в воде оставался избыток хлора, так называемый **остаточный хлор**. Именно он придает воде антибактериальную стабильность в течение определенного (2-4 часа) времени.

Недостаток хлора может привести к не полному обеззараживанию природных или сточных вод, а избыток - к попаданию в питьевую воду или в водоем свободного хлора. Для удаления избыточного хлора обычно используют реагенты – восстановители (бисульфит, сернистый ангидрид).

При нормальном хлорировании питьевой воды с подачей хлора после фильтрации и перед резервуаром чистой воды дозы составляют 2-3 мг/л для воды поверхностных водоисточников и 0.7-1 мг/л для подземных вод. Контроль эффективности дезинфекции ведут по остаточному хлору после 30 минутного контакта воды с дозируемым реагентом. В питьевой воде содержание остаточного хлора установлено на уровне 0.3-0.5 мг/л в свободном виде и на уровне 0.8-1.2 мг/л в связанном виде. Активный хлор в указанных концентрациях присутствует в воде непродолжительное время (не более нескольких десятков минут) и нацело удаляется даже при кратковременном кипячении воды.

При хлорировании сточных вод из-за непостоянства их химического состава строгая дозировка хлора затруднена. В природной воде содержание активного хлора не допускается. Доза хлора должна в каждом конкретном случае устанавливаться экспериментально в результате пробного хлорирования.

Недостатки хлорирования воды. Методу хлорирования присущи существенные технологические недостатки, в частности недостаточная эффективность в отношении вирусов. После хлорирования очищенных сточных вод при дозах остаточного хлора 1.5 мг/л в пробах остается очень высокое содержание вирусных частиц, поэтому даже хлорированные сточные воды остаются эпидемически опасными в отношении энтеровирусных заболеваний.

Другим серьезным недостатком хлорирования является образование в воде под действием хлора хлорорганических соединений - хлороформа, четыреххлористого углерода, бромдихлорметана, хлорфенола, хлорбензольных и хлорфенилуксусных соединений, хлорированных пиренов и пиридинов, хлораминов и др. По данным многочисленных исследований, известно, что хлорорганические соединения обладают высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью. Это приводит к возникновению у человека новообразований, болезней мочеполовых путей и т.п. Установлены факты образования в водопроводной воде канцерогенных галогидзамещенных углеводородов (тригалометанов, хлороформа и др.) в том случае, если хлорируется вода, содержащая природные и антропогенные органические соединения. Этот факт заставляет развитые страны применять новые, весьма дорогие технологии водоподготовки, исключающие хлорирование.

Бактерицидная активность хлора падает с ростом температуры, что снижает эффективность хлорирования летом. Такая же закономерность, кстати, наблюдается и для озонирования.

Обеззараживающий эффект хлора сильно зависит от pH воды: при pH 7,2 он приблизительно в 6 раз больше, чем при pH 8,5. В щелочной среде, при pH больше 7,8 не только снижается бактерицидное свойство хлора, увеличивается цветность и мутность, но и происходит биологическое обрастание труб и фильтров. Поэтому для сохранения бактерицидного эффекта хлора в воде в этом случае необходимо увеличивать его концентрацию, что помимо нерациональных потерь, приводит к раздражению слизистой оболочки глаз и носа. В кислой среде, при pH меньше 6,5 вода становится настолько агрессивной, что начинается усиленная коррозия трубопроводов и оборудова-

ния. В этом случае необходимо подщелачивать воду, т.е. вводить в нее дополнительные реагенты.

Взрывоопасность жидкого хлора может стать причиной аварий, которые способны вызвать чрезвычайные ситуации.

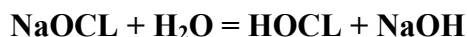
Хлорирование сточных вод приводит к тому, что хлорпроизводные и остаточный хлор, попадая в естественные водоемы, отрицательно воздействуют на различные водные организмы, вызывая у них серьезные физиологические изменения и даже гибель, что приводит к **нарушению процессов самоочищения водоемов**. Хлорорганические соединения способны аккумуляроваться в донных отложениях, тканях гидробионтов и, в конечном счете, они по трофическим цепям попадают в организм человека.

Несмотря на технические сложности при транспортировке, хранении и дозировании хлор-газа, его высокую коррозионную активность, потенциальную опасность возникновения чрезвычайных ситуаций процесс хлорирования на городских станциях водоподготовки и водоочистки в настоящее время широко применяется.

Хлорирование как метод обеззараживания активно применяют **при обработке воды бассейнов**. В любом бассейне обязательно присутствуют азотсодержащие соединения, которые «приносят» в воду люди, например мочевины, аминокислоты. Вступая с ними в реакцию, хлор образует хлорамины, или связанный хлор. **Хлорамины имеют резкий запах и раздражающе действуют на кожу и слизистую оболочку**. Люди с чувствительной кожей часто плохо переносят хлорированную воду. Поэтому надо стремиться, чтобы содержание хлораминов в ней было минимально. Большое количество хлораминов образуется в том случае, когда в воде находится мало свободного хлора по сравнению с азотсодержащими загрязнениями. Таким образом, **резкий запах хлора свидетельствует о том, что в воде его не слишком много, как считают многие, а как раз наоборот - слишком мало**.

Небольшие объемы воды можно хлорировать **гипохлоритом натрия или кальция**. Применение гипохлорита натрия устраняет некоторые, из перечисленных, для хлора недостатки. Согласно многолетним наблюдениям установлено, что **применение гипохлоритов для обеззараживания воды в бассейнах практически исключает раздражение слизистой оболочки и кожных покровов тела, которое наблюдается при использовании газообразного хлора**.

При растворении в воде происходит гидролиз этих соединений с образованием хлорноватистой кислоты:



Так же как и в случае использования газообразного хлора, соотношение недиссоциированной хлорноватистой кислоты и гипохлорит-ионов определяется величиной pH.

Гипохлорит натрия получают, как известно, электролизом раствора обычной поваренной соли. При этом на аноде выделяется хлор, образующий в воде соляную и хлорноватистую кислоты. Хлорноватистая кислота взаимодействует со щелочью у катода с образованием гипохлорита натрия. Стоимость единицы активного хлора в гипохлорите натрия больше, чем в жидком хлоре в 1.78 раза. Электролиз морской воды позволяет получить продукт с концентрацией активного хлора до 3 г/л, более высокие концентрации (до 8 мг/л) могут быть получены при электролизе раствора поваренной соли. Применение электрохимического метода позволяет избежать трудностей, связанных с транспортированием и хранением токсичного газообразного хлора.

13.2. Сооружения для обеззараживания воды хлорреагентом

Выбор аппаратуры и оборудования для обеззараживания воды зависит от вида обеззараживающего агента.

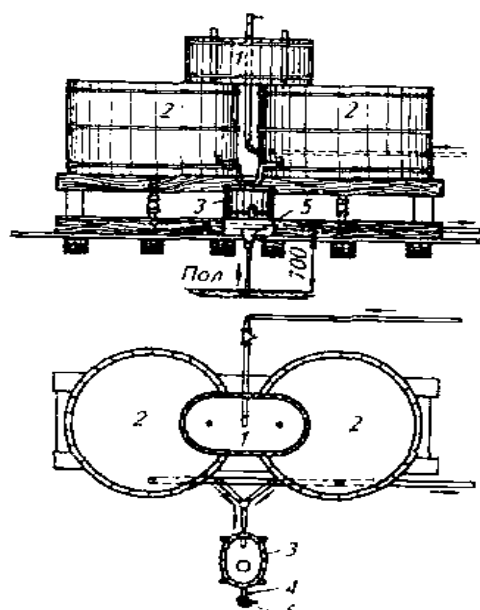


Рис. 27. Установка для обеззараживания воды хлорной известью

1 — затворный бак; 2 — растворные баки; 3 — дозирующий бачок; 4 — трубопровод; 5 — воронка

При обеззараживании воды хлором основное назначение аппаратуры и оборудования — дозировать хлорреагент и обеспечить контакт воды с хлором. Для обеззараживания воды растворами хлорной извести или гипохлоритов наибольшее распространение получила бочечная система (рис.27).

В затворный бак установки засыпают определенное количество сухой хлорной извести или гипохлорита и тщательно перемешивают с небольшим количеством воды. Полученную кашицу сливают через вентиль в один из рабочих баков, где готовят раствор хлорреагента концентрацией 1—2 %. Раствор отстаивается, и нерастворимая часть препарата оседает на дно. В полученном осветленном растворе не реже одного раза в смену определяют концентрацию активного хлора. Исходя из последней, а также заданной в зависимости от качества исходной воды дозы активного хлора, с учетом общего расхода воды определяют количество раствора, которое необходимо подавать в единицу времени, v (л/мин) по формуле:

$$v = Qa / 60p - 1,$$

где Q — расход воды, подлежащей хлорированию, м³/ч;

a — доза активного хлора, определенная эмпирически, мг/л;

p — концентрация активного хлора в рабочем растворе, г/л.

В соответствии с установленным расходом раствора хлорреагента и в зависимости от скорости поступления воды в контактный резервуар регулируют подачу раствора из дозирующего бачка. Для равномерного истечения раствора из бачка кран снабжают шаровым клапаном. После опорожнения одного рабочего бака начинают пропускать осветленный раствор из второго бака. В это время в первом - готовят новую порцию рабочего раствора. Хлорный раствор из дозирующего бачка поступает в накопительный резервуар, где должно быть обеспечено время контакта воды с обеззараживающим агентом не менее 1 ч.

13.3. Озонирование

В качестве альтернативы хлору часто рассматривается озон.

Озон является аллотропической модификацией кислорода и представляет собой бледно-фиолетовый газ, очень токсичный, с характерным запахом, обнаруживаемый при разбавлении 1:10⁶. *Быстрое губительное воздействие оказывает озон на вегетативные клетки бактерий и основную часть вирусов. Более устойчивы к дейст-*

вию озона спорозоны бактерии. Однако если в воде присутствуют соединения железа, одноатомные фенолы, гуминовые кислоты, то их окисление предшествует инактивации бактерий и вирусов. **Окислительные свойства озона связаны как с его прямым взаимодействием со многими органическими и неорганическими веществами, так и с распадом в воде на свободные радикалы. При этом образуется гидроксильный радикал - наиболее активный из известных окислителей.** Озон более сильный окислитель, и поэтому наряду с микробицидным действием способствует улучшению органолептических свойств воды: снижению цветности и устранению запахов. **На преимущество озона как очистителя и дезинфектанта по сравнению с хлором указывают следующие показатели:** более высокий окислительный потенциал (2.08 В у озона против 1.76 у HOCL); в десятки раз более мощное бактерицидное воздействие; отсутствие в воде хлораминов; насыщение воды кислородом. Вода, обработанная озоном, приобретает красивую голубоватую окраску, а растворенные в воде минеральные вещества не изменяют своего состава.

Озон образуется из кислорода при пропускании через него «тихого» электрического разряда. В промышленных условиях для получения озона используют генераторы озона – трубчатые или пластинчатые озонаторы.

Трубчатый озонатор состоит из пакета трубчатых элементов, размещенных параллельно друг другу в общем цилиндрическом корпусе. Конструктивно электроды выполняются в виде двух концентрично размещенных трубок разного диаметра (наружная – стальная, внутренняя – стеклянная). Электродами низкого напряжения являются цилиндры из стали, омываемые охлаждающей водой. Электродами высокого напряжения служат покрытия из графита или алюминия, нанесенные на внутреннюю поверхность стеклянных трубок. Слой такого материала является диэлектрическим барьером и исключает образование разрядов искровой или дуговой формы, создавая равномерную структуру «тихого» разряда. Так как «тихий» разряд сопровождается тепловыделением, необходимо охлаждать электроды. Озонатор питается только переменным током. Рабочее напряжение тока составляет 20000 В с частотой 50 Гц.

Для смешения озono-воздушной смеси с обрабатываемой водой в зависимости от качества воды и производительности установки применяют барботажное перемешивание, механические турбинные смесители, водоструйные насосы и эжекторы.

Барботажный дисковый смеситель озонаторной установки германской фирмы WEDECO представлен в приложении 6.

Расход озона, обеспечивающий обеззараживание воды, зависит от ее качества, концентрации озono-воздушной смеси, вида смесителя, температуры воды и других факторов. Растворимость озона в воде находится под заметным влиянием величины рН и количества веществ растворенных в воде; небольшое содержание кислот и нейтральных солей усиливает растворимость озона, а наличие щелочей снижает ее.

Необходимая доза озона при обеззараживании питьевых вод составляет 0.6-3,5 мг/л. Концентрация остаточного озона после камер смешения поддерживается на уровне 0.1-0.3 мг/л.

Применение озона для **обеззараживания сточных вод** оправдано в тех случаях, когда по тем или иным причинам невозможно осуществлять хлорирование. Например, при наличии в сточной воде соединений, образующих с хлором вещества, усиливающие цветность, запах или токсичность воды. Дозы озона для обеззараживания сточных вод составляют 6-10 мг/л. Продолжительность контакта 8-20 мин.

Известным зарубежным **производителем озонаторов** является германская компания **WEDECO**, предлагающая установки обеззараживания питьевой и сточной воды,

производительностью по озону от 55 до 420 кг/ч, с концентрацией озона от 150 до 194 г/м³ (приложение 6).

Ведущий производитель озонаторов в Европе **Фирма BWT** предлагает **озонаторы – генераторы** производительностью по озону от 10 до 1000 г/ч, при концентрации озона в озono-воздушной смеси 20 г/м³, **а также инжекторные устройства** для смешивания озона с водой. Данные установки применяют для окисления органических и неорганических веществ, ионов тяжелых металлов и сероводорода, а также инактивирования вирусов в питьевой, технической воде и в воде плавательных бассейнов. Рекомендуется их применение также для окисления и обесцвечивания сточных вод, для стерилизации бутылок на предприятиях по виноделию, в пивоварнях и по производству минеральной воды.

Для производительной работы озонатора **необходимы предварительные стадии тщательной очистки, высушивания используемого воздуха (кислорода) и обязательное его охлаждение.**

Озон ядовит: в помещении, где находятся люди, его концентрация в воздухе не должна превышать 0.00001 мг/л. Помещение озонаторной должно вентилироваться шестикратным обменом воздуха. Отмеченное усложнение схемы существенно удорожает процесс.

Фирма BWT производит **каталитические преобразователи остаточного озона**, где остаточный озон в отходящем влажном воздухе преобразуется химической и каталитической реакциями с активированным углем в углекислый газ и кислорода.

Озон нестойкий газ, поэтому в воде он достаточно быстро распадается с образованием кислорода, что объясняет **возможное вторичное загрязнение воды продуктами коррозии и патогенными микроорганизмами при ее транспортировке до потребителя.** Наряду с отмеченным, **у озонирования имеются и другие недостатки.**

Установлено, что в качестве продуктов озонирования в воде могут образовываться **органические кислоты, альдегиды и кетоны, которые зачастую оказываются более токсичными, чем исходные вещества.** В середине 80-х гг. было обнаружено, что при озонировании природных вод в воде появляются **токсичные (канцерогенные) бромат-ионы и броморганические соединения.** Объясняется это тем, что озон эффективно окисляет содержащийся практически во всех поверхностных водах **бромид-ион (Br^-) до гипобромид-иона (BrO^-).** Гипобромид взаимодействует с растворенными органическими веществами с образованием броморганических соединений, или окисляется озоном до **бромат – иона (BrO_3^-).** Бромат-ион оказывает токсичное действие, при концентрации в питьевой воде на уровне нескольких мкг / л (по рекомендации ВОЗ - 5 мкг/л). В то же время после озонирования воды при дозе озона более 1 мг / л содержание BrO_3^- может достигать десятков мкг/л.

13.4. Облучение воды ультрафиолетом

В настоящее время все больше внимания уделяется обеззараживанию природных и сточных вод УФ излучением. Достижения последних лет в светотехнике и электротехнике обеспечивают **высокую степень надежности УФ-комплексов.**

Источниками бактерицидного излучения служат **аргоно-ртутные лампы низкого давления (так называемые бактерицидные), а также ртутно-кварцевые лампы высокого давления.** Установка источников бактерицидного излучения возможна как при размещении этих источников в воздухе над свободной поверхностью облучаемой воды, так и при погружении их в воду в кварцевых чехлах, защищающих лампы от влияния температуры.

Достоинство аргоно-ртутных ламп низкого давления в том, что **основное их излучение совпадает с энергией максимального бактерицидного действия**. В ртутном разряде низкого давления (3–4 мм рт. ст.) около 70% всей излучаемой мощности приходится на область УФ лучей. Поэтому аргоно-ртутные лампы **более экономичны**. Однако, вследствие небольшой потребляемой мощности (не более 100 Вт) **их применимость ограничивается установками небольшой производительности до 30 м³/ч**. Проблема **обработки больших объемов воды решается при использовании ненапорных водопогружных УФ-установок**. Для достижения высокой объемной плотности УФ-излучения необходима **компоновка большего числа ламп на единицу объема обеззараживаемой воды**. В этом случае обработке подвергается поток воды, движущейся под действием гравитации по лотку, в котором установлены кассеты водопогружных УФ-ламп. Не требуется ни насосов, ни труб, ни дополнительных площадей или строений.

Ртутно-кварцевые лампы высокого давления (400 – 800 мм рт.ст.) имеют потребляемую мощность более 1000 Вт и излучают большое количество концентрированной бактерицидной энергии. Поэтому, **хотя они менее экономичны, установки вполне применимы для обеззараживания большого количества воды, имеющей незначительное бактериальное загрязнение**.

Большинство существующих бактерицидных **УФ-установок напорного** типа рассчитаны на давление до 10 атм., а пропускная способность их, как правило, не превышает 50 м³/ч. Они представляют собой камеру облучения в виде трубы сравнительно небольшого диаметра, куда **коаксиально вмонтирована одна или несколько УФ-ламп, помещенных в защитный кварцевый кожух**.

Ультрафиолетовое излучение обладает высокой эффективностью обеззараживания по отношению к патогенным микроорганизмам, уничтожает большинство водных бактерий, вирусов, спор и простейших, возбудителей таких инфекционных заболеваний, как тиф, холера, дизентерия, вирусный гепатит, полиомиелит и др. **Применение УФ позволяет добиться более эффективного обеззараживания, чем хлорирование, особенно в отношении вирусов**. Бактерицидное действие УФ-излучения на разные типы микроорганизмов (бактерии, вирусы, водоросли и др.) имеет одинаковую природу. **Основной механизм** заключается в прямом воздействии излучения на нуклеиновые кислоты. Входящие в состав ДНК пиримидиновые основания – тимин и цитозин, отличающиеся высокой фотохимической активностью в области 250–280 нм, образуют под воздействием облучения сшивки (димеры). Многочисленные факты свидетельствуют об определяющей роли димеров в летальном и других эффектах УФ-излучения. При этом внешняя оболочка микроорганизма оказывает минимальное влияние на эффективность УФ-излучения. **Дозы, необходимые для инактивации различных патогенных микроорганизмов, включая вирусы, имеют следующие значения, мДж/см²**: некоторые штаммы бактерий *Shigella dysenteriae* – 10 (энтерококки и фекальные стрептококки); полиовирусы (Mahoney) – 11 (ротавирусы). Из приведенных данных видно, что дозы УФ для бактерий и вирусов отличаются незначительно, в то время как при обеззараживании хлором требуемые дозы различаются в 50 раз. Для снижения на один – три порядка содержания цист лямблий необходимы дозы порядка 40 – 80 мДж/см². **Доза облучения 16 мДж/см² – это минимальная доза, установленная нормативами (МУ 2.1.4.719-98) для применения УФ при обеззараживании питьевой воды**. Она обеспечивает не менее 5 порядков снижения по патогенным бактериям, 2–6 порядков по индикаторным бактериям и 2–3 порядков по вирусам.

Для достижения эффекта обеззараживания требуется всего несколько секунд (1–10 с) по сравнению с 15–30 мин. при обработке хлором или озоном. Поэтому при организации процесса в проточном режиме **отсутствует необходимость в соз-**

дании контактных емкостей, отпадает потребность в хранении, транспортировке или производстве опасных растворов и газов, не нужны склады токсичных хлорсодержащих реагентов, требующих соблюдения специальных мер технической и экологической безопасности, что повышает надежность систем водоснабжения и канализации в целом.

УФ - оборудование компактно, занимает минимальные площади, его внедрение возможно в действующие технологические процессы очистных сооружений без их останковки, с минимальными объемами строительно-монтажных работ.

Обеззараживание ультрафиолетом происходит за счет фотохимических реакций внутри микроорганизмов, поэтому на его эффективность *изменение характеристик воды оказывает намного меньшее влияние, чем при обеззараживании химреагентами. Так, в частности, на бактерицидное воздействие УФ-излучения практически не влияют рН и температура воды.* Поэтому, в отличие от хлорирования и озонирования, изменение этих показателей качества воды оказывает минимальное влияние на инактивацию микроорганизмов УФ-облучением.

Обработка воды УФ-излучением не приводит к образованию вредных химических соединений. В обрабатываемой ультрафиолетовым излучением воде не обнаруживаются токсичные и мутагенные соединения негативно влияющие на биоценоз водоемов и человека.

Недостатки метода. Присутствие в воде ряда органических и неорганических веществ, поглощающих УФ-излучение, приводит к снижению фактической дозы облучения. Влияние качества воды на пропускание УФ-лучей должно быть учтено при выборе УФ-оборудования. *Наличие в воде взвешенных веществ может приводить к снижению эффективности обеззараживания при любом методе обеззараживания. В случае УФ-облучения присутствие взвеси может экранировать микроорганизмы от воздействия излучения.*

Поскольку в отличие от химических реагентов при применении УФ-обеззараживания отсутствует необходимость в ограничении верхнего предела дозы облучения, ее всегда можно выбрать достаточной для конкретных условий. При этом обеспечение в промышленных условиях доз УФ-облучения 40 и 80 мДж/см² является вполне реальным с технической и экономической точек зрения. В настоящее время наиболее распространенной является схема водоподготовки, состоящая из обработки воды коагулянтами и флокулянтами, отстаивания и фильтрации. Правильная организация процессов физико-химической очистки позволяет значительно снизить требования к степени обеззараживания, которую должно обеспечить УФ-облучение или другой специальный метод обеззараживания. Путем физико-химической очистки можно снизить концентрации простейших на 99 или даже 99,9 %. В отношении бактерий и вирусов физико-химическая очистка может обеспечить 90 – 99% эффективность.

Исходя главным образом из экономических соображений, *стремятся разместить УФ-оборудование в конце очистных сооружений*, чтобы облучению подвергалась вода, имеющая наиболее высокий коэффициент пропускания УФ-излучения. По схеме с расположением УФ-обеззараживания в конце очистки с 1987 г работают очистные сооружения в Форте Бентон (США), использующие воду реки Миссури, производительностью 7500 м³/сут и дозой облучения 25 – 40 мДж/см². Аналогичная УФ-станция на реке Темзе (Англия) успешно эксплуатируется с 1987 г, имея производительность 55000 м³/сут. и дозой облучения не менее 20 мДж/см². В конце очистных сооружений размещается УФ-станция в г.Среднеуральске, производительность 3600 м³/сут. Хотя применение УФ-оборудования на заключительном этапе является предпочтительным, это не является единственно возможным техническим решением.

В ряде случаев, главным образом для того, чтобы не производить значительных работ по реконструкции очистных сооружений, **может быть выбрано другое место расположения УФ-установок**. Можно разместить УФ-оборудование вместо оборудования первичного хлорирования в начале очистных сооружений. Такая схема позволяет обеспечить более надежный барьер по бактериям и высокую эффективность удаления вирусов. В 1996 году введена в эксплуатацию крупнейшая в мире станция обеззараживания на очистных сооружениях водопровода г. Тольятти производительностью 405000 м³/сут. и дозой облучения 35 – 55 мДж/см². На практике выбор места применения УФ-обеззараживания должен осуществляться по результатам технологических обследований на конкретных очистных сооружениях.

В настоящее время в 35 странах мира действуют в общей сложности более 1000 водопогружных УФ-установок по обеззараживанию сточных вод производительностью от 10 до 30000 м³/ч.

Эксплуатационные расходы на действующих станциях водоподготовки с применением УФ-излучения составляют 1 долл. США на обеззараживание 2000 м³ питьевой воды.

Американские специалисты в 1992 г. провели сравнительную оценку стоимости квантов УФ-излучения и реагентов, используемых в процессах водоподготовки и водочистки. Анализ показал, что **квант бактерицидного света ртутных ламп низкого давления оказывается самым дешевым «реагентом»**.

Из отечественных производителей УФ-установок лидером является НПО «Лаборатория импульсной техники» (ЛИТ) г. Москва. Номенклатура выпускаемого НПО «ЛИТ» оборудования включает установки в широком диапазоне производительности от 6 м³/ч до 3000 м³/ч. Компактные установки «Блеск» для обеззараживания воды ультрафиолетовыми лучами производительностью от 1 до 50 м³/ч выпускает российская компания «Национальные водные ресурсы» (НВР) г. Москва (приложение 6). Установки предназначены для обеззараживания воды, используемой в быту, в пищевой и других отраслях промышленности, в оборотных системах водоснабжения.

Ведущим зарубежным производителем УФ-установок является германская компания WEDECO, предлагающая установки обеззараживания питьевой воды, производительностью от 30 до 120 м³/ч, сверхчистой воды, производительностью до 100 м³/ч и загрязненных сточных вод, производительностью от 150 до 10000 м³/ч. (приложение 6). УФ-установки, предназначенные для обеззараживания холодной и горячей питьевой и технической воды в коммунальном и частном секторе производит также германская фирма BWT. Интересны предложения для производственной воды с плохой трансмиссией. Благодаря последовательному или параллельному подключению нескольких модулей установка может быть использована практически для любого требуемого расхода обрабатываемой воды.

13.5. Другие способы обеззараживания воды

Традиционно применяющиеся для обработки воды ультрафиолетовые лампы низкого давления в основном справляются с задачей обеззараживания, но к сожалению, по мнению некоторых исследователей, они не всегда эффективны при уничтожении отдельных спорообразующих бактерий, вирусов, грибов, водорослей и плесени. Максимальные дозы облучения воды УФ-источниками при приемлемых производительностях УФ-установок оказывается ниже уровней, необходимых для полного обезвреживания споровых форм. Эти дозы облучения для ряда спор и грибов составляют 100 - 300 мДж/см². Кроме того, существенное ограничение в применении этого типа обезза-

раживания вносит постоянная **соляризация (отложение солей) и биообрастание защитных кварцевых оболочек УФ-ламп.**

Обойти эти недостатки, удалось применив непрерывную **обработку воды УФ-излучением с длиной волны 254,7 нм и 185 нм с одновременным облучением воды ультразвуком с плотностью энергии около 2 Вт/см².** Преимущества данного способа обеззараживания заключаются в следующем. При обработке проходящего потока воды ультразвуковым излучателем, размещенным непосредственно в камере УФ-лампы, в воде возникают короткоживущие парогазовые «каверны» (пузырьки). Скорость их «схлопывания» очень высока, и в микроокрестности этих точек возникают экстремальные параметры – огромная температура и давление. Разрывы водной среды и массовое образование парогазовых каверн возникают в значительном объеме камеры УФ-излучателя на неоднородностях. В качестве неоднородностей служат сами споры грибов и бактерий, которые затем при схлопывании пузырька оказываются в центре схлопывания, играя роль своеобразных мишеней. В результате вблизи точки схлопывания полностью уничтожается патогенная микрофлора. Ультразвуковой излучатель, помещенный внутри камеры УФ-обработки, работает как «стиральная машина», тщательно отмывающая поверхности корпуса и защитного кварцевого кожуха УФ-излучателя, что предотвращает их обрастание. Подобная технология за рубежом с успехом используется для обеззараживания воды в бассейнах, банях, источниках питьевой воды, а также для очистки сточной воды. По заключению зарубежных специалистов, использование данного способа обеззараживания по сравнению с традиционными методами (при производительностях промышленных установок) эффективнее в 100 –1000 раз, а экономические затраты в 2-3 раза ниже.

Особый интерес из безреагентных методов обеззараживания воды представляет **метод кавитационного воздействия.** На его эффективность не влияет мутность воды, солевой состав и рН. Кроме того, в случае кавитационного воздействия разрушаются коллоиды и удаляются частицы взвеси, на которые могут сорбироваться бактерии. Последние лишаются тем самым защиты от химических и физических бактерицидных агентов.

Наиболее простой и надежный способ возбуждения кавитации в водном потоке – гидродинамическая кавитация – создание условий обтекания водой с большой скоростью твердых поверхностей различной формы. Гидродинамическая кавитация – единственный вид кавитационного воздействия, позволяющий обработать большой объем воды с наименьшими материальными затратами. Доказано, что гидродинамическая кавитация обладает бактерицидным действием, прямо пропорциональным ее интенсивности. Наибольший эффект достигается в режиме «жесткой» кавитации.

Значительную роль в решении проблемы **экологизации водоснабжения** могут сыграть **дезинфектанты на основе ионных комплексов и ионов некоторых металлов.** Дезинфицирующая способность ионов таких металлов, как **серебро, золото, меди** известна давно. Даже в незначительных количествах они вызывают гибель присутствующих в воде микроорганизмов, водорослей и других гидробионтов. **В таблице 10** приведены данные о летальном пороге концентраций в воде серебра, меди и других металлов в отношении некоторых гидробионтов. Как видно из табличных данных, летальные пороги концентраций указанных ионов металлов относительно некоторых гидробионтов ниже установленных ныне значений их ПДК.

Кадмий и хром, снискавшие славу физиологически опасных тяжелых металлов, для обеззараживания питьевой воды по соответствующей причине не рассматриваются.

Таблица 10. Летальные пороги концентраций металлов в воде, мг/л

Металлы	Класс опасности по СанПиН 2.1.4.01.-98	ПДК в питьевой воде	Бактерии Escherichia Coli	Рачки Daphnia Magna	Водоросли Scenedesmus Quadricanda
Серебро	2	0.05	0.04	0.03	0.05
Медь	3	1.0	0.08	0.1	0.15
Кадмий	2	0.001	0.15	0.1	0.1
Хром	3	0.05	0.7	0.7	0.7
Цинк	3	5.0	1.4	1.8	1.4

Обеззараживание воды возможно **ионами серебра (0.005 мг/л)**. Обработанная серебром вода активно сопротивляется внешнему бактериальному загрязнению. В трудах **академика Л.А.Кульского**, его учеников и последователей приведены данные обширных исследований **бактерицидной активности ионов серебра**. Установлено, что бактерицидность серебра зависит от формы его введения в воду: **наибольшей активностью обладают свежеприготовленные посредством электролиза ионы серебра**. Дезинфицирующая способность последних проявляется в широком диапазоне значений рН, она существенно возрастает с ростом температуры, что выгодно отличает их от таких бактерицидных веществ, как хлор, озон, диоксид хлора и гипохлорит натрия. Академик Кульский указывал на чрезвычайно широкий диапазон микроорганизмов, в отношении которых серебро проявляет бактерицидные свойства.

Во многих современных работах приведено экономическое обоснование целесообразности встраивания в уже существующие системы обеззараживания воды хлором установки осеребрения последней. Указано, в частности, что использование **в хлорсеребряном способе** обеззараживания низкопробного серебра вместо серебра пробы 999,9 позволит сделать процесс более рентабельным

Считается перспективной практика доочистки артезианской воды предназначенной для питья, с использованием на заключительной стадии водоподготовки **колонки с активированным углем, обработанным солями серебра**, что позволяет не только задерживать случайные взвеси, но и увеличить значительно срок хранения бутилированной воды.

Помимо высоких бактерицидных свойств серебра многие ученые отмечают замечательные возможности этого металла в профилактике и лечении многочисленных болезней. Известен факт, когда в результате налаживания процесса обеззараживания питьевой воды в **Индии** ликвидирована эпидемия холеры и дизентерии. Серебро – незаменимый микроэлемент в суточном рационе человека в среднем должно содержаться около 0.9 мг ионов серебра. Имеются сведения, что серебро позитивно влияет на иммунную систему человека.

Для обеззараживания воды ионами серебра разработаны **электролизеры серии ЛК** различной производительности (от 4 до 1500 мг ионов серебра в час), позволяющие проводить «серебрение» более 100 м³/ч воды.

Поскольку **бактерицидная активность серебра возрастает с температурой**, введение ионов следует осуществлять перед теплообменником. При одновременной обработке воды хлором и ионами серебра наблюдается синергизм, обеспечивающий высокий эффект обеззараживания за меньшее время, чем при использовании каждого препарата в отдельности. Существенным является и то обстоятельство, что появляется

возможность в значительной степени (на 30-50%) снижать количество наиболее опасного в санитарно-экологическом отношении бактерицидного агента, каким является хлор.

Наряду с неоспоримыми достоинствами серебра ему присущ ряд недостатков, которые в меньшей степени характерны для меди.

Во-первых, это ***высокая стоимость*** (на 01.03.2001 г. мировая цена 1 г металлического серебра составляла 0,17 центов). Во-вторых, при наличии в воде ***хлорид анионов*** активные ионы серебра быстро связываются в нерастворимую соль хлорид серебра, что сильно снижает бактерицидную активность. В силу указанной причины присутствие в воде 10-15 мг/л хлоридов увеличивает необходимое время контакта на 25%, а 100 мг/л хлоридов – на 70%.

Относительно бактерицидной активности ***ионов меди*** в научной литературе последних лет встречается много работ, особенно касающихся подготовки питьевой воды. В основном ионы меди (в виде ***медного купороса***) используются для борьбы с «цветением» воды в каналах, сооружениях, а также в системах оборотного водоснабжения. ***Бактерицидная активность ионов меди Cu^{2+}*** наблюдается при концентрации 0.01 – 1 мг/л. Установлено, что в интервале значений pH=6.5-9 (обычная реакция поверхностных вод) ионы меди Cu^{2+} характеризуются наибольшей активностью. Таким образом, ионы меди, обладая высоким бактерицидным потенциалом, но значительно более низкой ценой, по сравнению с ионами серебра, имеют хорошие перспективы на широкое использование в качестве дополнительного дезинфектанта.

Общим недостатком, присущим всем дезинфектантам – ионам металлов, является их неспособность окислять органические соединения, присутствующие в воде (основная функция озона, хлора, гипохлорита). Поэтому в системах подготовки питьевой воды указанные ионы могут применяться, по нашему мнению, только в сочетании с окислителями, выполняя бактерицидные функции.

Поиск альтернативных методов обеззараживания воды продолжается. И здесь не обойти вниманием продукты ***электрохимической активации воды (ЭХА)***, в частности ***- анолит***.

ЭХА воды - это отечественное открытие, сделанное в 1975 году, которое и сегодня активно изучается как в России, так и за рубежом. Электрохимически активные растворы ***производятся путем катодной или анодной электрохимической обработки воды в диафрагменном электрохимическом реакторе***.

Суть ЭХА заключается в том, что разбавленные водные растворы минеральных солей, к которым относится так же и обычная питьевая вода, в результате униполярной электрохимической обработки переходят в метастабильное состояние. Это состояние характеризуется аномальными и релаксирующими (изменяющимися во времени) физико-химическими параметрами и свойствами, достигающими стабильных значений спустя длительное время – от минут до сотен часов. ***Электрохимически активированные растворы проявляют каталитическую активность и повышенную реакционную способность в окислительно-восстановительных реакциях***.

Обеззараживание с применением ЭХА обладает большим ***рядом преимуществ*** по сравнению с другими методами. Например, по данным ***фирмы Джонсон и Джонсон (США)***, 5% раствор гипохлорита натрия или хлорамина может использоваться только для дезинфекционной обработки, но не для стерилизации. В то же время в соответствии с рекомендациями ***ВНИИ профилактической токсикологии и дезинфекции (Россия)***, активированный нейтральный анолит с содержанием оксидантов 0.03% (т.е. при концентрации действующих веществ в 160 раз меньшей) используется не только для дезинфекции, но и для стерилизации. При этом время стерилизации с помощью анолита, как правило, в 4-5 раз меньше, чем с использованием ***препарата «Сайдекс»***, который

во многих странах оценивается специалистами как один из лучших стерилизующих растворов. На основе многочисленных наблюдений установлено, что **биоцидная активность анолита в 100 – 300 раз выше, чем гипохлоритного раствора.**

Сегодня ЭХА нашла свое применение во многих отраслях. В медицине анолит применяют для дезинфекции и стерилизации изделий, дезинфекции ран и порезов. В пищевой промышленности кислотные свойства анолита позволяют продлить сроки хранения продуктов. В растениеводстве использование ЭХА растворов позволяет влиять на рост растений. Кроме того, они нашли применение в животноводстве, в производстве кормов, борьбе с вредителями в сельском хозяйстве, в горном деле, биологии, и других отраслях.

ЭХА применяется и для обеззараживания воды. При этом такая вода приобретает свойства катализатора биохимических реакций в организме человека, способствует выводу шлаков и укреплению иммунной системы. Современные электрохимические активаторы имеют производительность от 0.1 до 1000 л/ч. Количество выпущенного и использованного анолита выросло с 2300 л в 1992 г. до 529200 л в 1997 г. Безусловно, все свойства ЭХА растворов еще не изучены, работы в области ЭХА продолжаются. Но уже сегодня есть все основания полагать, что в недалеком будущем применение анолита для обеззараживания на предприятиях водоснабжения и канализации найдет свое достойное место.

14. МЕТОДЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОДЫ

Методы кондиционирования воды позволяют улучшить качество природной воды, которая используется в быту или на производстве. К числу таких, - относятся обезжелезивание и деманганация воды.

14.1. Обезжелезивание воды

14.1.1. Проблемы потребления воды с высоким содержанием железа

Кто из нас в жизни не сталкивался с проблемами ржавой воды! Для многих картина льющейся из крана воды цвета хорошего кваса стала привычной и не вызывает особого удивления. К большому сожалению, ситуация с качеством водопроводной воды в нашей стране пока не улучшается. Вода с муниципальных очистных сооружений, содержащая нормативное содержание железа, проходя по водопроводным сетям к конечному потребителю «вторично» загрязняется продуктами коррозии. Железо, содержащееся в воде, может вызывать у человека аллергические реакции, провоцировать другие заболевания, не говоря уже об эстетическом неприятии такой воды. Когда речь заходит о бане или бассейне, представить такое количество ржавой воды почему-то практически невозможно и даже неприятно.

При загородном строительстве воду часто берут **из артезианских скважин**, а не из колодцев. Во-первых, потому, что состав артезианской воды наиболее стабилен, не подвержен сезонным колебаниям и влиянию поверхностных загрязнений на близлежащих территориях. Вода в колодце зависит, например, от соседа, который устроил туалет на своем участке, от количества удобрений на соседних полях и от много другого. Во-вторых, вода в скважинах, как правило, не содержит наиболее сложных с точки зрения водоочистки загрязнений: органических веществ, бактерий, вирусов, тяжелых металлов. С другой стороны, **вода из скважины часто имеет повышенное содержание железа и солей жесткости.** Рассмотрим опасности, «подстерегающие» тех, кто использует скважину с повышенным содержанием железа.

Типичная картина, которая наблюдается при подъеме железистой воды из скважины, такова. Вначале вода, выкаченная из скважины, абсолютно прозрачна и кажется чистой, но проходит несколько десятков минут и **вода мутнеет, приобретая специфический желтоватый цвет**. Спустя несколько часов муть начинает оседать, **образуя рыхлый осадок**. Процесс осаждения может длиться несколько дней. Скорость осаждения зависит от температуры и состава воды. Наличие железа можно определить и на вкус. Начиная с концентрации 1,0-1,5 мг/л вода имеет характерный **неприятный металлический привкус**.

Железо в воде не позволяет приготовить **хороший чай или кофе, нельзя делать соки, компоты, квас**. Высокие концентрации железа в воде вызывают **аллергические реакции, могут привести к заболеваниям крови**. Если железа больше 1 мг/л - желтеет кожа, волосы блекнут и теряют естественный цвет, седые и светлые приобретают рыжеватый оттенок. При концентрации железа 10 мг/л волосы теряют свою естественную структуру.

Стирка в «железистой» воде губельна для белья - если концентрация железа больше 1,0 мг/л, то всё бельё желтеет. Добавка стиральных порошков, и особенно отбеливателя, приводит к интенсивному образованию хлопьев железа уже при концентрации 0,3 мг/л. **«Железистая» вода портит кафельную плитку, эмаль и фаянс сантехнических изделий**. Желто-коричневые натеки на их глазурованной поверхности можно удалить только кислотосодержащими моющими средствами. Но кислота разрушает глазурь, которая является защитой для керамики. И как только она разрушается, железо проникает в поры керамики и эмали, откуда его уже никак не достать, после чего белизна ванн, раковин, унитазов навсегда утрачивается.

В системе горячего водоснабжения проблемы, обусловленные повышенным содержанием железа, многократно возрастают. Уже при концентрации 0,5 мг/л идет интенсивное появление хлопьев, образующих **рыхлый иллам, который забивает теплообменники, радиаторы, трубопроводы, сужает их проходное сечение**. Шлам попадает в краны, смесители, приборы автоматики. При концентрации 1,5-3 мг/л шаровые краны и смесители выходят из строя уже через несколько месяцев. При высоких температурах шлам затвердевает в виде осадка на металлических поверхностях, что **проводит к снижению теплоотдачи и коррозии**.

В железистых отложениях идёт **размножение железобактерий**. Оно начинается уже при концентрации железа 1-2 мг/л, и скорость их размножения зависит от того, насколько много кислорода и тепла - процесс активно идет уже при 30-45 градусах. Эти микроорганизмы образуют ветвящиеся колонии, которые осложняют работу гидротехнических сооружений, а система горячего водоснабжения - просто идеальное для них место. Буквально за несколько месяцев водопровод может полностью зарости шламом из железобактерий грязного бурого цвета. А о приборах автоматики и сантехники, в которые «выстреливают» шламовые пробки, и говорить нечего. В условиях малого протока воды через полгода эксплуатации водопровода на внутренней поверхности труб железобактерии образуют обрастания в виде бугров высотой до 10 мм. Именно под такими буграми начинается разрушение материала труб, а при более длительной эксплуатации образуются свищи. В дальнейшем образование бугров на стенках водопроводов приводит к зарастанию всей внутренней поверхности, что сопровождается потерей напора воды. Интенсивные биообрастания, связанные с жизнедеятельностью бактерий, также происходят и в теплообменных аппаратах систем теплоснабжения; даже относительно тонкий слой обрастания сильно снижает эффективность работы систем. В отложениях, образованных железобактериями, находят благоприятные условия для жизни и другие микроорганизмы, в том числе кишечные палочки, гнилостные бактерии, различные черви и другие.

В настоящее время известно более двадцати видов железобактерий, которые широко распространены в различных районах нашей страны. Ликвидация последствий

железобактериальных обрастаний – это трудоемкое и не всегда достаточное мероприятие, требующее значительных материальных затрат.

Сами по себе эти бактерии не представляют опасности для человека, однако продукты их жизнедеятельности канцерогенны.

Российские санитарные нормы ограничивают концентрацию железа в воде предназначенной для хозяйственно-питьевых нужд в количестве 0,3 мг/л. В подземной же воде концентрация железа колеблется в пределах от 0,5 до 50 мг/л. В Центральном регионе, включая Подмоскowie – от 0,5 до 10 мг/л, наиболее часто 3-5 мг/л. На Дальнем Востоке и в Западной Сибири практически все эксплуатируемые водозаборные скважины имеют повышенное содержание железа (до 50 мг/л), причем иногда оно находится в трудно-окисляемых органических комплексах. Как правило, в подземных водах наблюдается высокая (до 300 мг/л) концентрация углекислоты и сероводорода, что свидетельствует о повышенной ее кислотности, последнее обуславливает увеличение растворимости железа в воде.

В последнее время все больше домовладельцев и руководителей предприятий приходят к пониманию того, что без систем удаления железа не обойтись. Игнорирование проблемы железа в воде стоит им дорого и приводит к выходу из строя импортных смесителей, отказу импортной бытовой техники, систем отопления и нагрева воды к потере «белизны» ванн, кафельной плитки. **Обезжелезивание воды крайне необходимо предприятиям пищевой промышленности**, поскольку для своих нужд они, как правило, берут воду из подземных источников.

14.1.2. Методы обезжелезивания воды

Все многообразие методов, применяемых в технологии обезжелезивания воды, можно свести к двум основным типам – **реагентные и безреагентные**.

Обезжелезивание поверхностных вод, как правило, осуществляют реагентными методами, а для удаления железа из подземных вод наибольшее распространение получили безреагентные методы.

Безреагентные методы обезжелезивания воды могут быть применены, когда исходная вода характеризуется следующими показателями: pH – не менее 6,7; щелочность – не менее 1 мг-экв/л; перманганатная окисляемость – не более 7 мг O₂/л.

Окисление двухвалентного железа при аэрации воды кислородом воздуха. Воду насыщают кислородом воздуха в специальных установках (пункт 14.1.3). По стехиометрии на окисление 1 мг железа (II) расходуется 0,143 мг растворенного в воде кислорода, щелочность воды при этом снижается на 0,036 мг-экв/л.



Метод окисления железа путем упрощенной аэрации основан на способности воды, содержащей двухвалентное железо и растворенный кислород, при фильтровании через зернистый слой выделять железо на поверхности зерен, образуя каталитическую пленку из ионов и оксидов двух- и трехвалентного железа. Эта пленка, активно интенсифицирует процесс окисления и выделения железа из воды. В самом начале процесса обезжелезивания при поступлении на фильтр первых порций воды, когда загрузка еще чистая, адсорбция соединений железа на ее поверхности происходит в мономолекулярном слое, то есть имеет место физическая адсорбция. После образования мономолекулярного слоя процесс выделения соединений железа на зернах песка не прекращается, а наоборот, усиливается, вследствие того, что образовавшийся монослой химически более активен, чем чистая поверхность загрузки (песка). Адсорбционные свойства пленки из соединений железа на зернах фильтрующей загрузки, высокая ее удельная поверхность и наличие

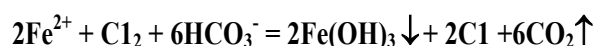
большого количества связанной воды позволяют сделать вывод, что пленка представляет собой очень сильный адсорбент губчатой структуры. Одновременно, пленка является катализатором окисления поступающего в загрузку железа (II). В связи с этим эффект очистки воды зернистым слоем несравненно выше, чем это могло бы быть в гомогенном слое.

Обезжелезивание воды в загрузке, покрытой пленкой, является гетерогенным автокаталитическим процессом, в результате чего обеспечивается непрерывное обновление пленки как катализатора непосредственно при работе фильтра.

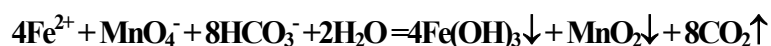
Обезжелезивание воды методом напорной флотации основано на действии молекулярных сил, способствующих слипанию отдельных частиц гидроксида железа с пузырьками тонкодиспергированного в воде воздуха и всплывании образующихся при этом агрегатов на поверхность воды. Метод флотационного выделения дисперсных и коллоидных примесей природных вод весьма перспективен вследствие резкого сокращения продолжительности процесса (в 3-4 раза) по сравнению с осаждением или обработкой в слое взвешенного осадка.

Процесс напорно-флотационного отделения хлопьев гидроксида железа включает в себе несколько стадий: растворение воздуха в воде и образование пузырьков; образование комплексов «пузырек воздуха -хлопья гидроксида железа»; подъем этих комплексов на поверхность воды.

Реагентные методы обезжелезивания хлором и перманганатом калия следует применять при низких значениях pH, высокой окисляемости, нестабильности воды. По стехиометрии на окисление 1 мг железа (II) расходуется 0,64 мг хлора; щелочность воды при этом снижается на 0,018 мг-экв/л. **Реакция окисления хлором** протекает по следующему уравнению:



При **обработке воды перманганатом калия** реакция окисления и последующего гидролиза протекает по уравнению:



По стехиометрии на окислении 1 мг железа (II) расходуется 0,71 мг перманганата калия; щелочность воды при этом уменьшается на 0,036 мг-экв/л.

Обезжелезивание воды фильтрованием через модифицированную загрузку основано на увеличении сил адгезии путем воздействия на молекулярную структуру поверхности зерен фильтрующей загрузки. Для увеличения сил адгезии на поверхности зерен фильтрующей загрузки необходимо образовать пленку из соединений, имеющих более высокое значение константы Ван-дер-Ваальса. Кроме того, электростатические свойства этих соединений должны обеспечить изменение дзетта-потенциала поверхности зерен в нужном направлении. **Методика модификации загрузки предусматривает ее последовательную обработку 1,5%-ным раствором сернокислого железа (II), а затем 0,5%-ным раствором перманганата калия.** Суммарная продолжительность контакта 30 мин. Спустя 20 мин. после начала работы фильтрат отвечает лимитам качества «Вода питьевая».

Обезжелезивание воды упрощенной аэрацией, хлорированием и фильтрованием заключается в удалении избытка углекислоты и обогащения воды кислородом при аэрации, что способствует повышению pH и первичному окислению железо-органических соединений. Окончательное разрушение комплексных соединений железа (II) и частичное его окисление достигается путем введения в обрабатываемую воду окислителя (хлора, озона, перманганата калия и т.п.). Нерастворимые гидроксиды железа извлекаются из воды при фильтровании.

Биосорбционное обезжелезивание воды позволило реализовать нетрадиционный подход в очистке, превратив врага – железобактерии в верного помощника. Метод

основан на использовании свойств каталитической пленки, образующийся на песчано-гравийной загрузке, а также на способности железобактерий обеспечивать течение сложных химических процессов без каких-либо затрат энергии и использования реагентов. Обильное развитие железобактерий отмечается в воде с большим содержанием железа от 10 до 30 мг/л, однако, как показывает опыт, их развитие возможно даже при концентрации железа в сто раз меньше. Единственное условие - это поддержание кислотности среды на достаточно низком уровне при одновременном доступе кислорода из воздуха, хотя бы в ничтожно малых количествах. Бактерии потребляют соединения железа, удовлетворяя свои жизненные потребности и, таким образом снижают концентрацию железа в очищаемой воде. В некоторых случаях биоочистка является единственным возможным способом приведения воды в нормальное для потребления состояние. Железобактерии извлекают соединения железа из воды для удовлетворения своих жизненных потребностей, тем самым, снижая его концентрацию в очищаемой воде.

14.1.3. Установки обезжелезивания воды

Установки для обезжелезивания воды методом аэрации могут *быть открытыми — самотечными и закрытыми — напорными.*

Установки открытого типа включают устройства для аэрации воды (градири или брызгальные бассейны, отстойники, а при концентрации в воде железа более 5 мг/л — песчаные фильтры). Обязательный заключительный элемент такой схемы — обеззараживание воды. Громоздкость схемы, необходимость постоянного квалифицированного наблюдения за ее работой не позволяют рекомендовать установки открытого типа для предприятий пищевой промышленности и индивидуального пользования.

Наиболее целесообразным способом обезжелезивания воды на предприятиях пищевой промышленности является напорная фильтрация после принудительной подачи воздуха во всасывающий патрубок насоса. Этот способ рекомендуется при концентрации железа в воде не более 5 мг/л. Напорные установки для обезжелезивания воды (**рис.28**) включают контактный и осветлительный фильтры, которые загружают обычными фильтрующими материалами. Воздух подают в воду из расчета 1,5—2,0 л на 1 г двухвалентного железа. Фильтр промывают 5—10%-ным раствором ингибированной соляной кислоты.

Контроль за эффективностью работы установки сводится к систематическому ежесуточному определению содержания железа в исходной и обработанной воде для того, чтобы констатировать время исчерпания сорбционной емкости фильтрующей загрузки.

Благодаря герметичности схемы можно не предусматривать обеззараживание, если позволяет качество исходной воды.

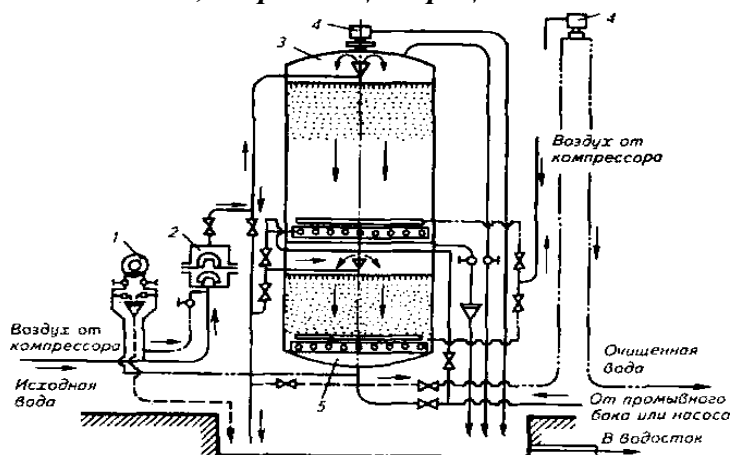


Рис. 28 . Схема установки напорного типа для обезжелезивания воды

1— дифференциальный манометр; 2— смеситель;
3— верхняя секция (контактный фильтр); 4— вентиль;
5— нижняя секция (осветлительный фильтр)

В последние годы в практику коммунального водоснабжения внедряют способ обезжелезивания воды в «водоносном пласте». Данный способ требует специального оборудования и режима работы скважины, что затрудняет его использование в автономных системах предприятий пищевой промышленности.

Однако, в связи с тем что существуют проекты заводов, в которых он применен, целесообразно ознакомить с ним специалистов. В основу способа положен также метод окисления железа аэрацией. Установки представляют собой водозаборные скважины, оборудованные трубопроводами для закачки в пласт окислителя, роль которого играет аэрированная подземная вода. Эффект очистки достигается за счет создания в водоносном пласте геохимического барьера с резко выраженной окислительной средой, а в качестве фильтра служат водовмещающие породы. Установки рассчитаны на периодическую работу с чередованием циклов «закачка—откачка». При эксплуатации системы необходимо соблюдать регламент работы установки во избежание преждевременного колюматажа скважин. Регламент эксплуатации составляют по технологическим расчетам в каждой конкретной ситуации.

Для крупных промышленных производителей, предприятий малого и среднего бизнеса, а также владельцев загородных коттеджей, использующих воду подземных источников, специалистами известных фирм HBP и BWT разработаны эффективные конструкции сорбционных и ионообменных фильтров обезжелезивания воды и фильтров одновременной очистки воды от соединений железа и марганца. Конструкции этих фильтров изображены в **приложении 6**.

14.2. Методы деманганизации воды

Известные в технологии улучшения качества воды методы ее деманганизации можно классифицировать на ***безреагентные и реагентные; на окислительные, сорбционные, ионообменные и биохимические.***

К числу безреагентных методов удаления марганца из воды следует отнести: ***глубокую аэрацию с последующим отстаиванием и фильтрованием на скорых осветительных фильтрах с сорбцией марганца на свежееобразованном гидрооксиде железа.***

При фильтровании происходят следующие процессы. Поверхность песка при pH~7 имеет малый электрический отрицательный заряд и поэтому обладает слабыми сорбционными свойствами по отношению к ионам марганца (II) и железа (II), имеющим положительный заряд. С ростом pH эти свойства усиливаются. При фильтровании через песок сначала происходит адсорбция ионов железа (II) и марганца (II) поверхностью его зерен. Под действием растворенного в воде кислорода ион железа(II) окисляется до железа (III), который, гидролизуясь, образует на поверхности зерен загрузки качественно новый сорбент, состоящий из соединений железа, который и сорбирует ионы марганца(II).

Растворимая в воде свободная углекислота также сорбируется этим сорбентом, ухудшая эффект очистки за счет снижения значения pH.

К числу реагентных методов деманганизации воды, прежде всего, относятся ***окислительные с использованием хлора и его производных, озона, перманганата калия, технического кислорода.***

Наиболее эффективным и технологически простым методом удаления марганца из вод поверхностных и подземных источников в настоящее время является - ***обработка их перманганатом калия (KMnO₄).***



Очень важным аспектом применения перманганата калия для очистки воды от марганца является образование дисперсного осадка оксида марганца MnO_2 , который, имея большую удельную поверхность порядка $300 \text{ м}^2/\text{г}$, является эффективным сорбентом. При обработке воды перманганатом калия снижение привкусов и запахов происходит также вследствие частичной сорбции органических соединений образующимся мелкодисперсным хлопьевидным осадком гидроксида марганца. Таким образом, применение перманганата калия дает возможность удалить из воды, как марганец, так и железо независимо от форм их содержания в воде.

В водах с повышенным содержанием органических веществ железо и марганец образуют устойчивые органические соединения (комплексы), медленно и трудно удаляемые при обычной обработке хлором и коагулянтном. Применение перманганата калия, сильного окислителя, позволяет разрушить эти комплексы с дальнейшим окислением ионов марганца (II) и железа (II) и коагуляцией продуктов окисления. Кроме того, коллоидные частички гидроксида марганца $\text{Mn}(\text{OH})_4$ в интервале $\text{pH}=5\ldots 11$ имеют заряд, противоположный зарядам коллоидов коагулянтов $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и $\text{Al}(\text{OH})_3$, поэтому добавление перманганата калия в воде интенсифицирует процесс коагуляции.

На удаление 1 мг $\text{Mn}(\text{II})$ расходуется 1,88 мг KMnO_4 .

Таким образом, перманганат калия, оказывая совокупное действие окислителя, сорбента и вспомогательного средства коагуляции, является высокоэффективным реагентом для очистки воды от целого ряда загрязнений, в том числе и от марганца.

Удаление марганца (II) и железа (II) из воды методом ионного обмена. Данный процесс происходит как при натрий-, так и водород-катионировании при фильтровании воды через катионитовую загрузку в ходе умягчения. Метод целесообразно применять при необходимости одновременного глубокого умягчения воды и освобождении ее от железа (II) и марганца(II).

Биохимический метод удаления марганца. Данный метод заключается в *высевании на зерна загрузки фильтра марганцепортебляющих бактерий типа *Bacteria manganicus*, *Metallogenium personatum*, *Caulococcus manganifer* и последующем фильтровании обрабатываемой воды*. Эти бактерии поглощают марганец из воды в процессе жизнедеятельности, а отмирая, образуют на зернах песка пористую массу, содержащую большое количество *оксида марганца Mn_2O_3* , служащего катализатором окисления марганца(II). При скорости фильтрования до 22 м/час фильтры практически полностью удаляют из воды марганец.

14.3. Оборудование комплексной очистки воды от соединений железа и марганца

Проблемы, связанные с потреблением воды с высоким содержанием железа и марганца могут быть решены при использовании сорбционных и ионнообменных фильтров выпускаемых отечественными и зарубежными производителями. Представим некоторые *разработки германской фирмы BWT и российской компании НВР*, конструкции фильтров приведены в **приложении 6**.

Комплексная очистка воды от механических примесей, железа, марганца и сероводорода производится *на НВР- фильтрах серии BF* после ее предварительного насыщения кислородом. Фильтры рекомендуются для очистки подземных вод.

Производительность фильтров серии BF от 0,6 до $31.5 \text{ м}^3/\text{ч}$. Это скорые напорные фильтры с загрузкой из сыпучего материала. В качестве фильтрующей загрузки применяют антрацит, кварцевый песок, каталитические материалы, такие как BIRM, MTM, AMDX и др., ускоряющие процесс окисления соединений железа. Подбор состава загрузки для фильтров производится специалистами компании индивидуально для каждого конкретного объекта, в зависимости от примесей содержащихся в воде. Преду-

смотрено вспомогательное оборудование: автоматические комплексы предварительной аэрации воды и системы дозирования реагентов. Восстановление активности фильтра осуществляется периодической промывкой обратным током воды, при этом происходит отмывка фильтрующей загрузки от накопленных загрязнений, а промывочные воды сбрасываются в канализацию. Предусмотрены режимы автоматической (по таймеру) и ручной промывок фильтра. В первом случае фильтры не требуют обслуживания и выходят на промывку в ночное время. Существуют также установки непрерывного действия в различных вариантах комплектации, в зависимости от качества исходной воды и условий эксплуатации.

НВР - фильтр серии CR позволяет удалять железо, марганец, аммоний из воды с одновременным ее умягчением и корректировкой величины pH. Основным элементом в установке является уникальный фильтрующий материал искусственный кристаллический цеолит CR-100 и CR-200. Природные цеолиты - это класс минералов (алюмосиликатов натрия), обладающих уникальной кристаллической решеткой, свойства которой придают этим веществам способность удерживать в своих порах ионы многих элементов, в том числе железа, кальция, магния и марганца. Однако примеси, присутствующие в составе природных цеолитов, существенно ограничивают их практическое применение. Синтетические цеолиты семейства **CRISTAL RIGHT**, свободны от таких примесей и могут с успехом применяться в водоочистке. Для эффективного удаления железа с помощью цеолита не требуется предварительная аэрация воды. Регенерация фильтрующего материала осуществляется периодически раствором поваренной соли автоматически в двух вариантах: либо по сигналу таймера (один раз в заданное количество суток), либо по команде водосчетчика, измеряющего количество воды, прошедшей через установку. Производительность фильтров варьируется от 1 до 5,5 м³/ч. Такие установки идеально подходят для подготовки воды в загородных домах и поселках, использующих в качестве источников водоснабжения подземные воды. Они могут быть эффективно использованы для предварительной подготовки воды перед обессоливанием методом обратного осмоса, для химводоподготовки в котельных, в пищевой промышленности. Такие фильтры позволяют предотвратить образование накипи в системах горячего водоснабжения и отопления, существенно замедлить или устранить коррозию металлических трубопроводов, позволяют получить воду, отвечающую требованиям СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода» по содержанию железа и марганца.

ВВТ - фильтры, предназначенные для обезжелезивания воды, снижают концентрацию железа и марганца в воде. Фильтрующий материал регенерируется с помощью раствора перманганата калия. Производительность фильтров от 1 до 5 м³/ч.

15. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКА

Обработка и утилизация осадка в нашей стране является одной из самых острых и актуальных проблем.

Органами санитарно-эпидемиологического надзора и охраны природы предъявляются очень жесткие, часто практически невыполнимые требования к качеству очищенной воды, которое может превышать качество воды водоема-приемника. При этом некоторые населенные пункты открыто сбрасывают избыточный активный ил и другой осадок в те же водоемы, что в значительной степени снижает, или сводит на нет экологический эффект, получаемый при очистке сточных вод. В результате такой экологической политики многие очистные станции не имеют полной мощности сооружений по обработке осадка.

Приемлемыми способами ликвидации обработанного осадка могут быть только сельскохозяйственное использование или хранение (депонирование) осадка. Сельскохозяйственное использование чаще всего не применяется из-за высокой концентрации в осадках **солей тяжелых металлов**. Для решения этой проблемы **нужно за счет локальной очистки исключить или хотя бы снизить поступление тяжелых металлов со сточными водами, либо** разрабатывать технологии по выделению из осадков тяжелых металлов, т.е. по **детоксикации осадков**

В настоящее время применяется много различных методов по обработке осадков с целью их последующего использования в хозяйственной деятельности или ликвидации. При обработке осадков достигается их стабилизация (или минерализация), обезвоживание (уменьшение объема) и обеззараживание. Применение одного какого-либо метода, как правило, не позволяет решить общую проблему и приходится использовать сочетание методов применительно к конкретному составу сточных вод, технологической схеме очистки, условиям эксплуатации очистных сооружений и практической возможности использования осадков. В таблице 11 представлены возможности наиболее распространенных методов обработки осадков, которые следует рассматривать как отдельные процессы в схемах полной обработки осадков.

Таблица 11. Результат обработки осадков различными способами

Метод обработки осадка	Результат обработки	
	обезвоживание	стабилизация
Гравитационное уплотнение	+	-
Флотация	+	-
Анаэробное сбраживание:		
мезофильное;	-	+
термофильное	-	+
Аэробная стабилизация	-	+
Компостирование	-	+
Сушка на иловых площадках	+	-
Вакуум-фильтрация	+	-
Фильтр-прессование	+	-
Центрифугирование	+	-
Тепловая обработка	-	+
Термическая сушка	+	+
Сжигание	+	+

Для уменьшения объема активного ила, образующегося на очистных сооружениях, используется его уплотнение. **Уплотнение** одновременно с уменьшением объема приводит к **увеличению удельного сопротивления** и, следовательно, к снижению эффективности обезвоживания. Активный ил без уплотнения из-за его малой концентрации обезвоживать нерационально с экономической точки зрения, но, учитывая, что его удельное сопротивление при уплотнении возрастает очень резко, следует выбирать оптимальную степень уплотнения. Наиболее распространенным и экономичным методом уплотнения осадка является **гравитационное уплотнение в илоуплотнителях** раз-

личных конструкций. Продолжительность уплотнения от 5 до 15 часов, влажность активного ила после уплотнения составляет 97-98%.

Другим способом уплотнения является **флотационное сгущение**, осуществляемое методом напорной флотации при непосредственном насыщении воздухом осадка или при насыщении рециркулирующей части осветленной воды. Влажность уплотненного этим методом активного ила составляет в среднем 94,5-96,5%. Флотационное уплотнение из-за относительно сложной технологии применяется редко и расчетные параметры установок следует определять экспериментально.

Стабилизация осадка различными методами применяется для предотвращения его загнивания при хранении в естественных условиях, а также для уменьшения объема осадка в результате разложения органического вещества.

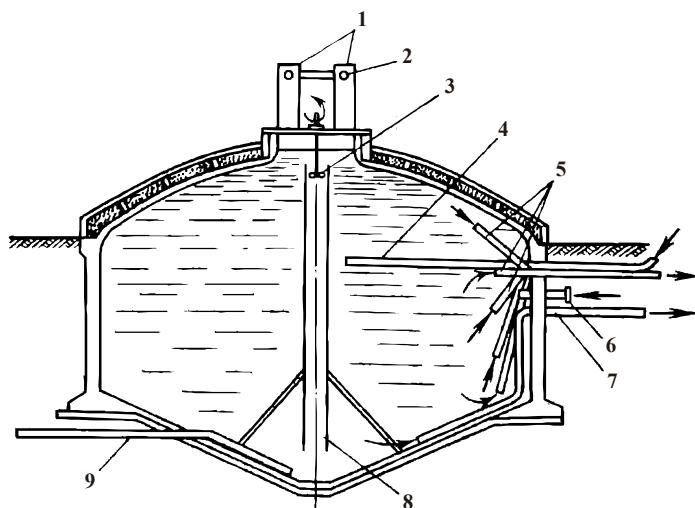
Стабилизация или минерализация органического вещества осадка может осуществляться **в анаэробных условиях (метановое брожение) и в аэробных условиях (окисление органического вещества бактериями при аэрации осадка воздухом).**

Сбраживание осадка в метантенках осуществляется **в мезофильном** (при 33°C) или **термофильном** (53°C) режимах, что определяется способом дальнейшей обработки осадка. Для нормальной работы метантенков осадок в них должен поступать равномерно и при сбраживании подогреваться до заданной температуры. Количество осадка, подаваемого ежесуточно в метантенки должно составлять при мезофильном режиме 7-10% от объема метантенка, при термофильном режиме - 14-19%. Продолжительность сбраживания в мезофильных условиях 10-14 суток, в термофильных - 5-7 суток. Величина максимально возможного сбраживания для разных по химическому составу осадков в среднем составляет - для осадка первичных отстойников до 53%, для активного ила - до 44%.

При сбраживании осадка в метантенках образуется **метаносодержащий газ (биогаз)**, весовое количество которого составляет примерно 1 г на 1 г разложившегося органического вещества, теплотворная способность - 5000 ккал/м³. В **состав биогаза** входят: **метан (до 70%), углекислый газ, азот, водород, окись углерода**. Получаемый газ после соответствующей обработки может использоваться для **получения тепла для подогрева метантенков**.

Термофильное сбраживание требует большего расхода тепла, а образующийся осадок плохо отдает воду и требует более тщательной подготовки к обезвоживанию, чем осадок, полученный в мезофильных условиях. С другой стороны, при термофильном сбраживании происходит обеззараживание осадка.

Сбраживание в метантенках - процесс довольно сложный в конструктивном исполнении и в обслуживании, требует больших капитальных и эксплуатационных затрат, образующийся газ взрывоопасен. **Объем метантенков может достигать 25% объема всех очистных сооружений.** Однако до сих пор сохранился большой удельный вес метантенков среди сооружений по обработке осадка на очистных станциях, построенных 25-30 лет назад, когда этот метод был наиболее изученным и широко применяемым. Типовая конструкция метантенка изображена на **рисунке 29**.



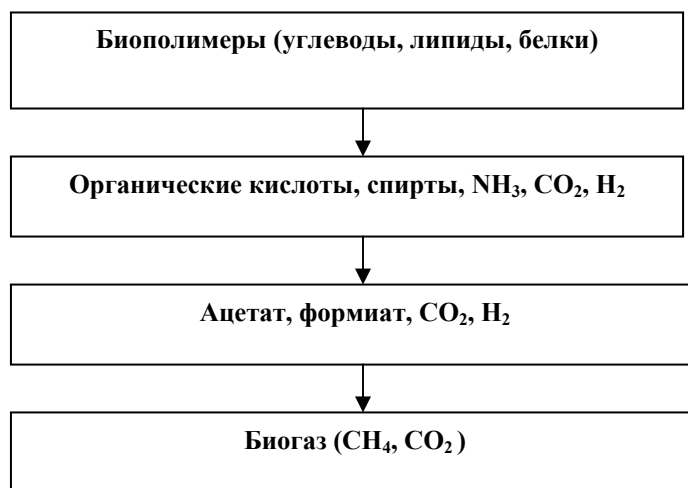
Внешний вид метантенков может быть различным, хотя внутреннее устройство практически неизменно.

Метантенки классической, европейской, англо-американской и яйцевидной формы представлены в приложении 6.

Рис. 29. Метантенк

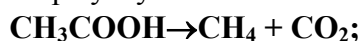
- 1-газовый колпак для сбора газа; 2- газоотвод;
3- мешалка; 4- загрузка сырого осадка;
5-удаление иловой воды или выгрузка сброженного осадка с разных уровней; 6-инжектор подачи острого пара;
7- выгрузка твердых продуктов сбраживания; 8- циркуляционная труба; 9- опорожнение метантенка

Этапы анаэробного брожения можно схематически представить следующим образом:



Химизм процесса метанового брожения:

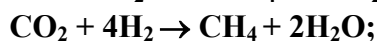
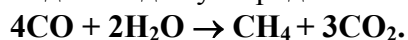
- 1) брожение кислот на примере уксусной кислоты:



- 2) брожение спиртов на примере этанола:



- 3) восстановление моно- и диоксидов углерода:



Процесс метанового брожения осуществляется бактериями *Methanobacterium Omelanskii*, *Methanobacterium Sohngenei* и др

Процессы анаэробного сбраживания до сих пор детально изучаются с целью сокращения продолжительности сбраживания, повышения выхода биогаза и увеличения в нем содержания метана, улучшения водоотдающих свойств сброженного осадка. ***Основными путями интенсификации технологии анаэробного сбраживания являются:***

- 1) оптимизация исходной влажности осадка и нагрузки на метантенки;
- 2) конструктивное разделение двух свойственных процессу фаз - кислого брожения и метанового брожения - на две и более ступени;
- 3) повышение температуры сбраживания и улучшение условий перемешивания содержимого метантенков.

При фазовом разделении анаэробного сбраживания на две и более ступеней общая продолжительность процесса может быть сокращена до 3 - 4 суток. В целом, анаэробное сбраживание целесообразно применять для крупных очистных станций.

Процесс аэробной стабилизации осадка значительно проще и безопаснее анаэробных процессов и конструктивно, и в эксплуатации. Аэробная стабилизация осуществляется в резервуарах ***типа аэротенков при длительной аэрации осадка воздухом.***

При аэробной стабилизации осадки приобретают хорошую водоотдачу. Стабилизации подвергаются, как правило, активный ил или смесь активного ила с осадком первичных отстойников.

Процесс при температуре около 20 °С длится от 2 до 15 суток в зависимости от вида осадка. При изменении температуры на 10 °С аналогично другим биологическим процессам продолжительность стабилизации изменяется в 2-2,5 раза. Длительность процесса зависит от состава осадка, температуры, интенсивности аэрации и необходимой степени распада органического вещества для получения максимальной зольности и улучшения водоотдачи. Распад органического вещества колеблется в широких пределах в зависимости от свойств осадка: от 5 до 50%.

Расход воздуха, подаваемого в аэробные стабилизаторы, принимается 1-2 м³/ч на 1 м³ объема стабилизатора. Интенсивность аэрации - не ниже 6 м³/(м².ч) для поддержания осадка во взвешенном состоянии.

Объем аэробного стабилизатора для активного ила (W) определяется из соотношения:

$$W=GT/C,$$

где **G** - суточное количество сухого вещества осадка, подаваемого в стабилизатор, т/сут;

T - требуемая продолжительность сбраживания, сут;

C - концентрация сухого вещества, поддерживаемая в сооружении, т/м³.

Для увеличения концентрации осадка в стабилизаторе выделяется успокоительная зона, из которой отводится иловая вода. Более высокой концентрации (до 20 г/л) можно достичь сочетанием аэробного стабилизатора и уплотнителя, связанных аналогично аэротенку и вторичному отстойнику системой возврата осадка. Влажность осадка после аэробной стабилизации 98-99%, а из уплотнителя - 96,5-97%. Такая система применена в ряде проектов **АООТ ЦНИИЭП инженерного оборудования (Россия).**

В аэробных стабилизаторах используется *пневматическая аэрация, так как механические аэраторы частично разрушают хлопья осадка, что ухудшает его водоотдающие свойства.*

После аэробных стабилизаторов осадок направляется для подсушивания на иловые площадки или на механическое обезвоживание, иловая вода - в аэротенки.

Основным, наиболее часто применяемым методом обезвоживания осадка является *подсушивание его на иловых площадках.* Иловые площадки еще долго будут использоваться в практике очистки сточных вод, особенно на очистных сооружениях небольшой производительности. Даже при строительстве на больших станциях цехов механического обезвоживания осадка со сложными и трудоемкими процессами, иловые площадки обязательно предусматриваются как аварийные сооружения.

На иловых площадках осуществляется уплотнение осадка и удаление жидкости с поверхности, фильтрация ее через слой осадка, удаление с помощью дренажа, испарение с поверхности осадка.

Применяются *различные типы иловых площадок: на естественном основании с дренажом или без дренажа, на искусственном асфальтобетонном основании с дренажом, каскадные с отстаиванием и удалением воды с поверхности.*

Нагрузка на иловые площадки в зависимости от климатических условий, вида осадка, метода его предварительной подготовки и типа иловых площадок составляет 0,8-2,5 м³/м² в год.

Длительность процесса, неблагоприятные для естественной сушки атмосферные условия, перегрузки по количеству поступающего осадка и отсутствие достаточного уровня эксплуатации в связи с несовершенством или отсутствием уборочных механизмов, зачастую определяет неудовлетворительную работу иловых площадок, независимо от их конструкции. Все это, наряду с антисанитарным состоянием иловых площадок, вторичным загрязнением природной среды на прилегающих территориях, а главное, необходимостью отвода больших площадей под иловые площадки, привело к развитию методов механического обезвоживания.

Для сокращения площади, занимаемой иловыми площадками, предлагаются разнообразные конструктивные усовершенствования, которые, как правило, не дают заметного результата. Значительно больший эффект можно получить используя технологические приемы, повышающие водоотдачу осадка: наиболее перспективным является *применение флокулянтов. Сущность действия высокомолекулярных флокулянтов заключается в ускорении процесса образования и повышении прочности коллоидных структур, а также связывании микрохлопьев в крупные агрегаты.* При применении катионных флокулянтов для предварительной обработки осадков нагрузка на иловые площадки может быть увеличена в 2-3 раза. Методика использования флокулянтов для повышения водоотдачи осадков на иловых площадках существенно отличается от таковой для механического обезвоживания и ее применение должно быть тщательно отработано для различных видов осадка.

Механическое обезвоживание осадков происходит в центрифугах, различных прессах и фильтрах.

Перед механическим обезвоживанием осадка *для снижения его удельного сопротивления* необходимо *применять реагентную обработку.* Традиционно в качестве реагентов используется *хлорное железо (FeCl₃) и известь (CaO)* с дозами по сухому веществу до 6% и 15-20%, соответственно. Удельное сопротивление после реагентной обработки должно быть, в общем случае, в пределах 5-60*10¹⁰ см/г.

Учитывая сложность эксплуатации реагентного хозяйства, проблемы с транспортировкой и хранением большого количества реагентов, вредность производимых работ, цеха механического обезвоживания осадка на больших станциях не могут рабо-

тать на полную мощность. Так, в товарной извести, поставляемой на очистные сооружения, активное вещество составляет 10-20%. Следовательно, при дозах реагента 15% от сухого вещества осадка для обработки 1 т осадка на станцию необходимо завести 1 т извести. Для цеха обезвоживания осадка производительностью 60 т в сутки нужно ежедневно завозить на очистные сооружения 1 вагон товарной извести, что совершенно нереально. С минеральными реагентами в осадок вносится большое количество инертных веществ, увеличивающих стоимость вывоза и хранения осадка.

С целью интенсификации процесса обезвоживания осадков механическим методом сегодня **применяют эффективные полиэлектролиты - флокулянты**.

Метод обработки осадка флокулянтами прост и безопасен в эксплуатации, не вносит посторонних дополнительных компонентов, а по сравнению с хлорным железом - значительно меньшие дозы флокулянтов снижают удельное сопротивление осадков до величин, позволяющих обрабатывать осадок на вакуум-фильтрах фильтр-прессах, и при этом не требуют применения извести.

Для быстрого обезвоживания осадков большое распространение получили **осадительные горизонтальные центрифуги непрерывного действия со шнековой выгрузкой кека**. Работу центрифуги характеризуют ее производительность, эффективность задержания сухого вещества осадка и влажность получаемого кека. Эффективность задержания сухого вещества в зависимости от вида осадка варьирует от 10 до 65%, влажность кека - от 60 до 85%. **Конструкции центрифуг де- и трикантаторов германской фирмы FLOTTWEG** представлены в приложении 6.

Для повышения эффективности центрифугирования используют **катионные флокулянты**, которые доводят эффективность задержания сухого вещества до 90-95%, а в некоторых случаях - до 99%, тогда как **минеральные коагулянты** повышают этот показатель лишь до 70-80%.

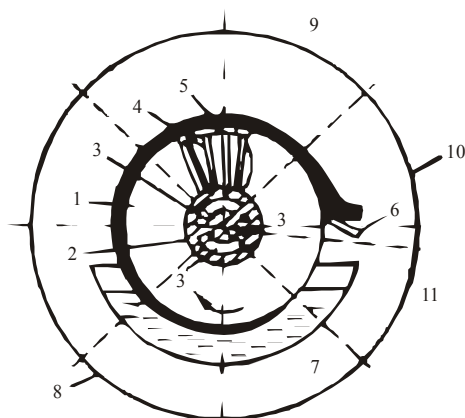


Рис.30. Барабанный вакуум-фильтр

1- цилиндрический барабан;
2- распределительная головка; 3- камеры распределительной головки; 4- отводящий коллектор; 5- секция; 6- нож для съема осадка; 7- корыто с осадком; 8- зона фильтрации; 9- зона сушки; 10- зона съема осадка; 11- зона регенерации

Эффективными способами обезвоживания осадка является также **фильтрование на вакуум-фильтрах и фильтр-прессах**. Процесс отделения жидкости от твердой фазы осуществляется при разности давлений над фильтрующей средой и под ней. В начале процесса фильтрующим материалом является фильтровальная ткань, на которой затем образуется слой осадка, который создает добавочный фильтрующий слой.

Барабанные вакуум-фильтры непрерывного действия общего назначения (**рис. 30**) применяются для обезвоживания сырых и сброженных осадков.

На фильтрах под действием вакуума (300-500 мм рт.ст.) обезвоживаются осадки первичных отстойников или смесь их с избыточным активным илом, за 3-4 минуты образующие слой кека не менее 5 мм влажностью 75-80%. При обезвоживании только активного ила влажность кека значительно выше - до 85-87%. Производительность вакуум-фильтров составляет для осадков из

первичных отстойников 20-40 кг/м.кв в час по сухому веществу, и для активного ила - 8-12 кг/м² в час.

Вакуумный дисковый фильтр КЕРАМЕК компании **OUTOKUMPU MINTEC** (Финляндия) также предназначен для обезвоживания канализационных осадков. Он имеет общую площадь фильтрования от 5 до 45 м². Конструкция дискового фильтра и принцип его работы представлены в **приложении 6**.

Применение для обезвоживания осадков **фильтр-прессов** обеспечивает получение осадка влажностью 50-70%. **Рамные и камерные фильтр-прессы являются установками периодического действия, ленточные горизонтальные, вертикальные, барабанные фильтр-прессы - непрерывного действия.** Производительность фильтр-прессов - для сброженных осадков из первичных отстойников от 7 до 17 кг/м² в час, для активного ила от 2 до 7 кг/м² в час. Через каждые 20-24 часа работы требуется **регенерация фильтровальной ткани 10%-ным раствором ингибированной соляной кислоты.** Конструкция ленточного фильтр-пресса германской фирмы **DIEMME** представлена в **приложении 6**.

Высокоэффективное оборудование по обезвоживанию и сушению канализационных осадков предлагает фирма **KLEIN** (Германия). Это ленточные ситовые прессы (производительность 5–30 м³/ч), ленточные прессы высокого давления (производительность 2–30 м³/ч) и воздушосушки (производительность 2-8 м³/ч), которые нашли свое применение в различных очистительных станциях всего мира. Конструкции названного оборудования и технологическая схема процесса обезвоживания осадка с использованием данного оборудования представлены в **приложении 6**.

Технология обработки осадков Кляйн-процессом заключается в следующем. Для кондиционирования к мокрому осадку, после коагулирования полиэлектролитами, добавляется примерно от 20 до 200 % его твердого веса сухой продукт. Благодаря чему улучшается отдача воды осадком на прессе высокого давления. Затем жестко спрессованная лепешка кека размельчается в 5 мм гранулят и подается слоем 3-5 см на ленточное сито. Ленточное сито проходит через секцию сушилки, где гранулят продувается холодным воздухом. Благодаря коротким диффузионным путям и большой удельной поверхности влага испаряется очень быстро. Влажный отработанный воздух практически не содержит пыли (**приложение 6**).

Более глубокое обезвоживание осадков по сравнению с обезвоживанием на центрифугах и ленточных фильтрах достигается на **центрипрессах. Концентрация абсолютно сухого вещества в твердой фазе – кека после центрипресса на 5 – 10 % выше, чем у вышеуказанных машин.**

Разработка **центрипрессов фирмы Humboldt Wedag** (Германия) для глубокого обезвоживания осадков базируется на принципе известных барабанно-шнековых центрифуг с цельной оболочкой. **Устройство и принцип действия центрипресса** изображены в **приложении 6**. Как и стандартные центрифуги, центрипресс имеет зону осветления или осаждения. В приемной камере осадок смешивается с флокулянтom и ускоряется до скорости вращения барабана. Осаждение твердых частиц происходит благодаря центробежной силе, которая возникает при вращении цилиндрического барабана. Ускорение центробежной силы во много раз превышает ускорение силы тяжести. Осветленная жидкость (свободная влага) выходит в цилиндрической части из машины. Осажденные твердые частицы транспортируются с помощью шнека в сторону выгрузного отверстия. На этом пути твердая фаза уплотняется в зоне компрессии, прежде чем она подвергается в конической зоне сжатия характерному для центрипресса вальцево-прессовому эффекту. Здесь отделяется капиллярная влага. Необходимый для этого высокий крутящий момент обеспечивается специальным гидравлическим регулирующим устройством.

Любая технологическая схема обработки осадков должна отвечать следующим требованиям: возможность последующего использования или ликвидации осад-

ка; использование побочных продуктов (газа, тепла); экономия площадей, занимаемых очистными сооружениями; сокращение вредных выбросов в атмосферу.

В АООТ ЦНИИЭП инженерного оборудования (Россия) отработан и внедрен на очистных сооружениях г.Подольска метод обезвоживания осадка на вакуум-фильтрах с применением флокулянта КФ-91, выпускаемого Волжским производственным объединением "Оргсинтез" (Россия). Доза флокулянта КФ-91 составляет 0.1-0.15% от количества сухого вещества осадка, что в 100 раз меньше чем при применении хлорного железа и извести. Производительность вакуум-фильтров увеличилась почти в 2 раза, влажность получаемого кека менее 80%, причем общее количество вывозимого осадка уменьшилось более чем на 15%.

В АООТ ЦНИИЭП инженерного оборудования разработаны типовые проекты цехов механического обезвоживания осадка на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах и центрифугах. На **рисунках 31, 32 и 33** приведены некоторые **наиболее распространенные принципиальные комплексные технологические схемы обработки осадка**. Та или иная схема может применяться в определенном ограниченном диапазоне производительности сооружений для обработки осадка.

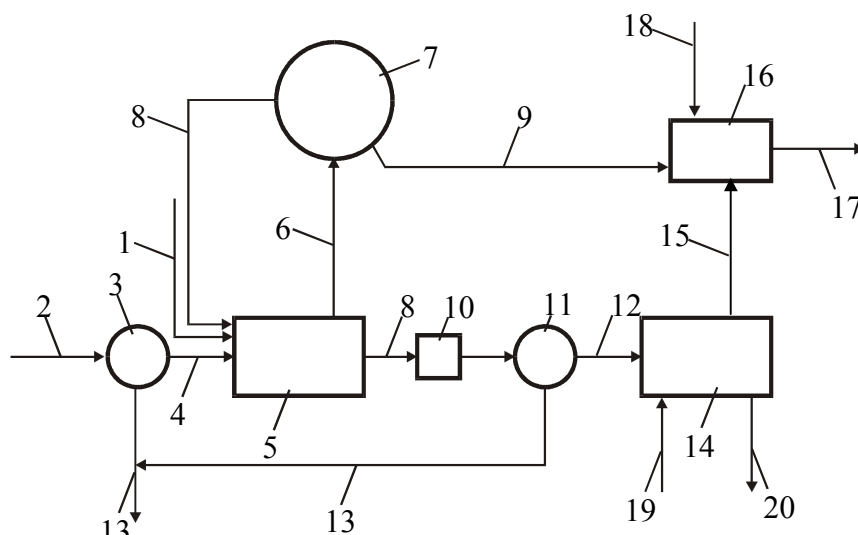


Рис. 31 - Комплексная схема анаэробного сбраживания, вакуум-фильтрации и термической сушки осадков

1 - осадок из первичного отстойника; 2 - избыточный активный ил; 3 - илоуплотнитель; 4 - уплотненный избыточный активный ил; 5 - насосная станция; 6 - смесь осадка и активного ила; 7 - метантенк; 8 - сброженный осадок; 9 - выход газа из метантенка; 10 - промывная камера; 11 - уплотнитель; 12 - промытый и уплотненный осадок; 13 - иловая вода; 14 - цех вакуум-фильтрации; 15 - конвейеры; 16 - установка для термической обработки; 17 - осадок на утилизацию; 18 - газ; 19 - реагенты; 20 - фильтрат в голов сооружения

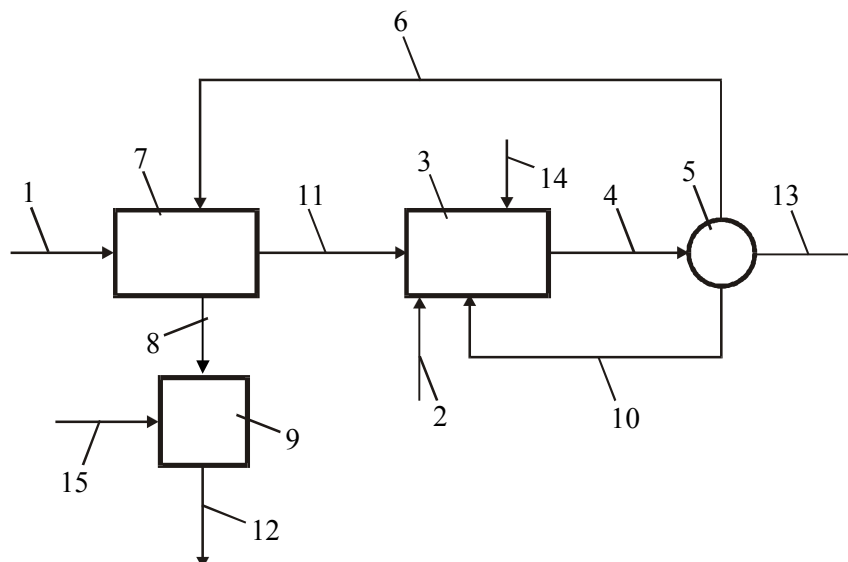


Рис. 32. Комплексная схема центрифугирования и аэробной минерализации активного ила и смеси фугатов

1 - осадок из первичного отстойника; 2 - избыточный активный ил; 3 - минерализатор; 4 - минерализованный ил; 5 - уплотнитель; 6 - уплотненный минерализованный ил; 7 - цех центрифугирования; 8 - конвейеры; 9 - установка для термической обработки; 10 - возврат ила; 11 - фугат; 12 - осадок на утилизацию; 13 - иловая вода; 14 - воздух; 15 –газ

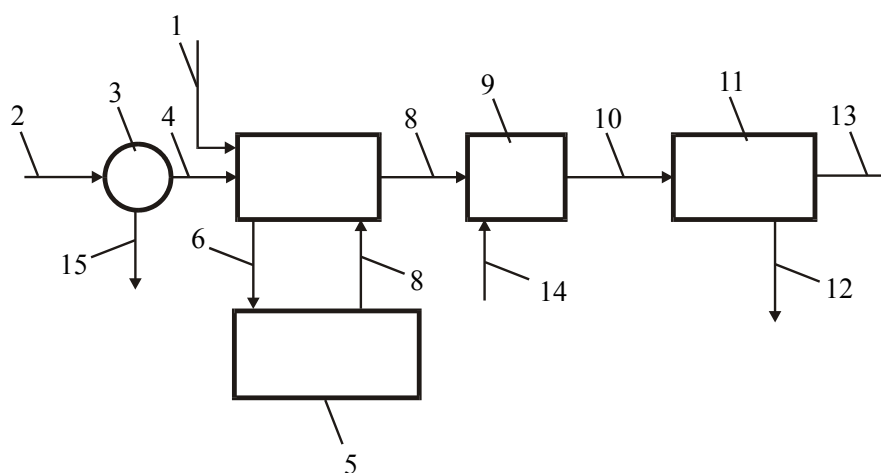


Рис. 33. Комплексная схема аэробной минерализации, тепловой обработки и фильтр-прессования осадков

1 - осадок из первичного отстойника; 2 - избыточный активный ил; 3 - уплотнитель; 4 -уплотненный избыточный активный ил; 5 - насосная станция; 6 - смесь осадка и ила; 7 -минерализатор; 8 -минерализованный осадок; 9 - установка для тепловой обработ-

В таблице 12, по данным *финской фирмы ПЛАЦЕНТР*, приведены методы и объемы утилизации осадков в различных европейских странах.

Таблица 12 . Утилизация осадков в различных странах

Страна	Методы утилизации, %			
	в сельском хозяйстве	складирование	сжигание	другие
Австрия	13	56	31	0
Швейцария	50	30	20	0
Германия	25	55	15	5
Дания	27	28	36	9
Швеция	15	70	0	15
Англия	53	16	7	24 (сброс в море – дампинг)
Финляндия	27	36	0	37

Наиболее приемлемым на сегодняшний день и, по-видимому, в ближайшем будущем является *складирование и хранение обработанного обезвоженного осадка на специально оборудованных полигонах*. Так, например, обезвоженный осадок сточных вод г. Санкт-Петербурга влажностью около 80% складировается на специальных полигонах, площадь которых в настоящее время уже достигла 150 га.

При этом должны быть приняты меры по защите подземных вод от загрязнения, а также проведены мероприятия по озеленению поверхности полигона, чтобы уменьшить возможный вред от биогаза, выделяемого осадком при хранении.

В приложении 6 представлена *схема утилизации осадка и очистки канализационных сточных вод города Санкт-Петербурга*. Станция введена в эксплуатацию в 1978 году. Полная мощность – 1,5 млн м³ очищенной воды в сутки. В состав Центральной станции входят: насосно-канализационный блок, сооружения механической очистки, сооружения биологической очистки, цех механического обезвоживания осадка; цех сжигания осадка. Полученная при сжигании осадка зола может быть использована в качестве добавки к цементу при изготовлении железобетонных конструкций.

Российская компания НВР разработала системы полной биологической очистки бытовых сточных вод от индивидуальных домов, группы коттеджей АЗС, кафе, moteлей и т.п. Это компактные очистные установки серии «АО», «ДО», «БФ», производительностью от 1 до 15 м³/сут.

В приложении 6 представлены эффективные *разработки компании НВР для предприятий малого и среднего бизнеса включающие следующие схемы:*

- *локальной очистки стоков мойки автомашин, производительностью 0.6 м³/ч;*
- *очистки моечного и поверхностного стоков, производительностью 3.0 м³/ч;*
- *очистки жиросодержащих сточных вод, производительностью 1,5 – 3,0 м³/ч.*

Данные технологии сочетают в себе вышеописанные методы очистки воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Debra E., Joan B. Emerging waterborne pathogens // Water Quality International. -1998.- November / December.- P.14 -18
2. Finch M. Multi - stream treatment for Cyprus // Water Quality International.-1999.-May / June.- P.14 -15
3. Glancer M., Soljan V. Beyond biological treatment // Water Quality International.-1998.- November / December.- P.18 - 20
4. Gousailles M., Binot P. Cutting wet weather pollution of the river Seine // Water Quality International.-1999.-May / June.- P.59 -61
5. Haarbo A., Dahl C., Rineau S. Successful applications // Water Quality International.-1998.- November / December.- P.29 - 30
6. Merkel W., Holy A., Stetter D., Overath H. Centralised softening in the lower Rhine basing // Water Quality International. Water 21-1999.-July / August.- P.19 - 22
7. Serra M., Sala L. Water resource management on the Costa Brava // Water Quality International. -1999.- May / June.- P.10 -13
8. Берне Ф., Кордонье Ж. Водоочистка. -М.: Химия, 1997. - 288 с.
9. Блохин А.И., Кенеман Ф.Е., Овчинникова Н.С. Монахова Е.М. // Экология и промышленность России. -М., 2000.- Февраль. - С.25-28
10. Блохин А.И., Кенеман Ф.Е., Овчинникова Н.С., Монахова Е.М. Сорбенты на пути загрязнения водоемов // Экология и промышленность России. -М., 2000 г -Февраль. -С.25-28
11. Брусницина Л.А., Пьянков А.А., Богомазов О.А., Лобанов Ф.И. и др. Опыт применения полиэлектролитов "Праестол" для повышения качества питьевой воды и обезвоживания осадков // Вода и экология: проблемы и решения - С.-Пб., 2000.-№1.-С.40-47
12. Вайсман Я.И., Зайцева Т.А., Рудакова Л.В., Глушакова И.С. и др. Биосорбционный фильтр для полигонов ТБО //Экология и промышленность России.- М., 2001.- Сентябрь С.15-18
13. Вестник Водоканала - газета / Под ред. В.Я.Штаненко, регистрационное свидет. № ПИ 12-0354. Барнаул, № 2 от 7 декабря 2000 года.
14. Вестник Водоканала - газета / Под ред. В.Я.Штаненко, регистрационное свидет. № ПИ 12-0354. Барнаул, № 1 от 15 ноября 2000 года.
15. Водный кодекс РФ. Принят государственной думой 18.10.95.
16. Волков С.В., Костюченко С.В., Красночуб А.В., Кудрявцев Н.Н., Якименко А.В., Гильбух А.Я., Петрова Н.Р., Альшин В.М. Опыт и перспективы применения УФ-обеззараживания. Часть 2. Обеззараживание очищенных сточных вод // Экология и промышленность России. -М., 2000.- Декабрь.- С.30-34
17. Волков С.В., Костюченко С.В., Красночуб А.В., Кудрявцев Н.Н., Якименко А.В. Опыт и перспективы применения УФ-обеззараживания. Часть 1.Обеззараживание воды в системах коммунального водоснабжения // Экология и промышленность России.-М., 2000.- Сентябрь.- С.30-34
18. Гандурина Л.В. Практический опыт применения флокулянтов в водоочистке // Вода и экология: проблемы и решения - С.-Пб., 2001.-№3.-С.48-61
19. Гигиеническая оценка химического состава питьевых вод Алтайского края как части полиэтологии мочекаменной болезни / И.П. Салдан, О.Н. Коршунова, Е.А. Хорошев. // Обеспечение качественной питьевой водой населения Сибири: Материалы научно-практической конференции.-Барнаул, 2000.- С.158-164
20. Грачев В.А. О предмете правового регулирования и основных положениях Федерального закона "О питьевой воде и питьевом водоснабжении" / Экос информ: Федеральный вестник экологического права - М., 2001. - № 1.- 3 с.
21. Грачев В.А. Экологическое законодательство Российской Федерации: перспективы развития // Экология и промышленность России. - М., 2001 - Февраль.- С.4-6
22. Гутене В.В., Хасанов М.Б., Монтвила О.И., Ажгиревич А.И. Бактерицидные свойства ионов меди и влияние на них различных факторов // Вода и экология: проблемы и решения - С.-Пб., 2001.-№ .- С.21-27

23. Данилов-Данильян В.И. Государственный комитет РФ по охране природы среды / На пути к устойчивому развитию России // Бюллетень Центра экологической политики России. – М., 1999.- №7(11).- С. 4-7
24. Данилович Д.А., Козлов М.Н., Бочарова И.Н., Дворецкая И.С. Сравнительная оценка методов обеззараживания сточных вод // Вода и экология: проблемы и решения- С.-Пб., 2000.- №4.-С.41-46
25. Денисов В.В., Гутенев В.В. Хасанов М.Б., Гутенева Е.Н. Сокращение использования хлора в системах оборотного водоснабжения (на примере плавательных бассейнов) // Вода и экология.- М.-2000.-№4. -С.20-27
26. Иванов В.Г. Хмяляйнен М.М. Обеззараживание. Альтернатива традиционным методам // Вода и экология: проблемы и решения - С.-Пб., 2000. -№1. -С.33-39
27. Иоранссон И. Современные методы очистки сточных вод и утилизации осадка // ВСТ.- 1996.-N1.-С.29-30.
28. Ищенко И.Г., Кузьмина Н.П., Прянишникова Е.Н., Пензин Р.А. и др. Технология производства высококачественной питьевой расфасованной воды // Экология и промышленность России.-М., 2000- Январь.- С.22-25
29. Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Техника защиты атмосферы и гидросферы от промышленных загрязнений: Учебное пособие. - Барнаул, 2000.- 391 с.
30. Кручинина Н.Е., Бакланов А.Е., Кулик А.Е., Тимашева Н.А. и др. Очистка сточных вод алюмокремниевым флокулянт-коагулянтом. // Экология и промышленность России - М., 2001.- Март. - С.19-22
31. Мазаев В.Г., Шлепнина Т.Г., Мандрыгин В.И. Контроль качества воды. М.: Колос, 1999.-168 с.
32. Медико-экологические аспекты водных ресурсов Алтайского края. Ю.И. Винокуров, И.Н. Ротанова, И.А. Хлебович // Обеспечение качественной питьевой водой населения Сибири: Материалы научно-практической конференции. - Барнаул, 2000.-С.44-50
33. "О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1999 году" Государственный доклад / Экос информ: Федеральный вестник экологического права. - М., 2000. -№ 11-12. -Т. 4. - 88 с.
34. "Обеспечение населения России питьевой водой" Концепция Федеральной целевой программы, утвержденной постановлением правительства РФ от 6 марта 1998, № 292
35. Оборудование, сооружение, основы проектирования химико-технологических процессов защиты биосферы от промышленных выбросов / Родионов А.И., Кузнецов Ю.П., Зенков В.В., Соловьев Г.С. Учебное пособие для ВУЗов. - М., Химия, 1985.-352 с.
36. Онищенко Г.Г. От экологического благополучия к здоровью среды / На пути к устойчивому развитию России // Бюллетень Центра экологической политики России.- М.,1999.-№7 (11).- С. 7-9
37. Очистка природных и сточных вод: Справочник. - М.: Высш.шк., 1994.- 336 с.
38. Очистка хозяйственно-питьевых сточных вод и обработка осадков / Проблемный доклад - М.: Строительство и архитектура, 1998.-69 с.
39. Пономарев В.Г., Чучалин И.С. Использование импеллерной флотации для очистки нефтесодержащих сточных вод // Вода и экология: проблемы и решения- С.-Пб., 2000.-№1.-С.29-32
40. Проблемы и перспективы водоснабжения и водоотведения Барнаула / А.П.Кротов, Т.В. Дубровская, А.А. Маслов, Е.В. Королева и др. // Обеспечение качественной питьевой водой населения Сибири: Материалы научно-практической конференции. - Барнаул, 2000.-С.55-62.
41. Программа обеспечения питьевой водой населения Алтайского края / В.Г.Чернобаев // Обеспечение качественной питьевой водой населения Сибири: Материалы научно-практической конференции. - Барнаул, 2000.-С.8-12.
42. Разработка технологии и техники повышения эффективности очистки сточных, пластовых вод от нефти и нефтепродуктов / Р.М. Хасаев, А.А. Халилова, С.А. Гусейнова, М.Н. Караханов // Вода: экология и технология Экватэк -1998: Тез. докл. второго междунаро. конгресса. - Москва, 1996.-С.389

43. Родионов А.И., Клушин В.Е.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды.- М.: Химия.-1989.- 512 с.
44. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности /Основы энвайроменталистики/: Учебник для студентов технических и технологических специальностей. 3-е изд., перераб. И доп. - Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 2000. - 800 с.
45. Санитарно-гигиеническая оценка питьевых вод и их влияние на здоровье населения / И.П. Салдан, О.Н. Коршунова, Е.А. Хорошев. // Обеспечение качественной питьевой водой населения Сибири: Материалы научно-практической конференции. - Барнаул, 2000.-С.165 -174
46. СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. - М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзор России, 1996.-111 с.
47. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод.- М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2000.- 24 с.
48. Скурлатов Ю.И., Штамм Е.В. Ультрафиолетовое излучение - технология настоящего и будущего в процессах водоподготовки и водоочистки // Экология и промышленность России. - М., 2000.- Апрель. - С.24-27
49. СНиП. Водоснабжение. - М.: Стройиздат, 1985.- 136 с.
50. СНиП. Канализация. - М.: Стройиздат, 1986.- 72 с.
51. Состояние окружающей среды в Алтайском крае / Дайджест материалов Государственного комитета по охране окружающей среды Алтайского края и Института водных и экологических проблем СО РАН - Барнаул, 1999.- 23 с.
52. Старинский В.П., Михайлик Л.Г. Водозаборные и очистные сооружения коммунальных водопроводов: Учебное пособие. - Мн.: Высш.шк., 1989.-262 с.
53. Судо М.М. Геоэкология. Учебное пособие. - М.: Изд-во МНЭПУ, 1999.-116 с.
54. Технология водоснабжения / А.Е. Белан. - Киев: Наук. Думка, 1985.- 264с.
55. Труды НПП "Импульс" Показатели качества воды и их определение.- М., 2000.- 311 с.
56. Труды НПП "Импульс" Технологии обезжелезивания и деманганации воды М., 2000.-7 с.
57. Флегентов И.В., Дегтерев Б.И., Беляев А.Н., Акчурин Р.Ю. Гидродинамическая кавитация обеззараживает воду // Экология и промышленность России. -М., 2000.- Ноябрь.- С.14-15
58. Флокулянты: Свойства. Получение. Применение. Справ. Пособие / С.А. Бутова, П.П.Гнатюк, А.П. Кротов и др.; / Под ред. А.П. Кротова. - М.: Стройиздат, 1997. -200 с.
59. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка.- М.: Изд. МГУ, 1996.- 680 с.
60. Экологические проблемы и охрана водных ресурсов Алтайского края В.П. Колотилин // Обеспечение качественной питьевой водой населения Сибири: Материалы научно-практической конференции. - Барнаул, 2000.-С. 20-28.
61. Яковлев С.В., Демидов О.В. Современные решения по очистке природных и сточных вод // Экология и промышленность России. -М., 2000.- Декабрь. - С.12-15
62. Яковлев С.В., Мясников И.Н., Потанина В.А., Буков Ю.Б., Ляхтеэнмяки Х., Кескинен Т. Применение реагентной очистки на муниципальных очистных сооружениях // ВСТ.-1995.-N3.-С.2-8

Приложение 1
Качество питьевой воды и заболеваемость мочекаменной болезнью в отдельных районах Алтайского края в 1996-1998 гг.

Район	Показатель заболеваемости на 100 тыс. населения			Общая жёсткость, мг экв./л	Сухой остаток, мг/л	Содержание железа, мг/л
	1996	1997	1998			
Алейский	699,2	525,8	557,5	7,2-24,8	700-2850,7	0,29-6,29
Мамонтовский	671,4	710,2	540,63	10,1-26,5	1000-2800	1,0-3,0
Смоленский	757,6	962,2	988,67	5,8-7,8	до 1000	1,0-6,75
Тюменцевский	349,5	849,5	828,00	4,6-37,5	626,5-1980	0,15-28,5
Пакрушихинский	749	676,6	643,03	5,4-36,0	896,0-3992,0	0,14-4,01
Баевский	463,0	503,2	684,56	5,4-36,0	896,0-3992,0	0,14-4,01
Волчихинский	696,3	557,3	739,8	4,21-21,8	505,3-29972,2	0,14-4,14
Благовещенский	675,4	551,4	398,41	6,6	807,0-2829,5	0,23-3,87
Завьяловский	655,2	810,3	801,72	8,8-45,5	634,0-5680,0	0,17-5,05
Поспелихинский	640,9	577,2	634,24	8,4-34,9	1017-3649,3	3,6-11,5
Егорьевский	1069,8	772,4	784,43	9,0-23,0	2042,0	4,2-10,3
Крутихинский	775,6	802,7	898,02	21,5	2303,0	2,3-4,5
Локтевский	647,7	1011,9	619,96	5,0-32,6	1098,0-3500,0	2,1-4,5
Немецкий	707,0	920,9	939,57	12,0	1590	1,7-3,8
Рубцовский	725,0	696,4	850,0	14,0-22,0	2022,0	1,3-3,7
Контрольная группа районов						
Советский	101,6	112,4	149,73	менее 10	менее 1000,0	менее 1,0
Табунский	189,3	189,3	149,6	менее 10	менее 1000,0	менее 1,0
Тальменский	346,6	187,2	334,66	менее 10	менее 1000,0	менее 1,0
Заболеваемость по краю	543,96	597,53	699,88			

Приложение 2

Гигиенические нормативы содержания вредных веществ в питьевой воде по СанПиН 2.1.4.559-96

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям		
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 мл.	Отсутствие
Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием следующим нормативам		
Обобщенные показатели		
Водородный показатель	единицы pH	в пределах 6-9
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000 (1500)
Жесткость общая	ммоль/л	7,0 (10)
Окисляемость перманганатная	мг/л	5,0
Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1
Поверхностно - активные вещества (ПАВ), анионоактивные	мг/л	0,5
Органолептические свойства		
Запах	Баллы	Не более 2
Привкус	Баллы	Не более 2
Цветность	Градусы	Не более 20 (35)
Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину), или мг/л (по каолину)	2,6(3,5) 1,5(2)

Показатели	Единица измерения	Нормативы (ПДК), мг/л	Показатель вредности	Класс опасности
<i>Неорганические вещества</i>				
Алюминий (Al^{3+})	мг/л	0,5	Санит. – ток.	2
Барий (Ba^{2+})	мг/л	0,1	Санит. – ток.	2
Бериллий (Be^{2+})	мг/л	0,0002	Санит. – ток..	1
Бор (В, суммарно)	мг/л	0,5	Санит. – ток.	2
Железо (Fe, суммарно)	мг/л	0,3(1,0)	Органолепт.	3
Кадмий (Cd, суммарно)	мг/л	0,001	Санит. – ток.	2
Марганец (Mn, суммарно)	мг/л	0,1(0,5)	Органолепт.	3
Медь (Cu, суммарно)	мг/л	1,0	Органолепт.	3
Молибден (Mo, суммарно)	мг/л	0,25	Санит.- ток.	2
Мышьяк (As, суммарно)	мг/л	0,05	Санит. – ток.	2
Никель (Ni, суммарно)	мг/л	0,1	Санит.-ток..	3
Нитраты (по NO_3^-)	мг/л	45	Органолепт.	3
Ртуть (Hg, суммарно)	мг/л	0,0005	Санит.- ток.	1
Свинец (Pb, суммарно)	мг/л	0,03	Санит.- ток.	2
Селен (Se, суммарно)	мг/л	0,01	Санит.- ток.	2
Стронций	мг/л	7,0	Санит. – ток.	2
Сульфаты (SO_4^{2-})	мг/л	500	Органолепт.	4
Фториды для климат. районов – 1 и 2 – 3	мг/л	1,5	Санит. – ток.	2
	мг/л	1,2	Санит.- ток.	2
Хлориды	мг/л	350	Органолепт.	4
Хром	мг/л	0,05	Санит. - ток.	3
Цианиды	мг/л	0,035	Санит. – ток.	2
Цинк	мг/л	5,0	Органолепт.	3

Показатели	Единица измерения	Нормативы (ПДК), мг/л	Показатель вредности	Класс опасности
Органические вещества				
γ-ГХЦГ (линдан)	мг/л	0,002	Санит. - ток.	1
ДДТ (сумма изомеров)	мг/л	0,002	Санит. – ток.	2
2,4-Д	мг/л	0,03	Санит. - ток.	2
Вещества, поступающие или образующиеся в воде при ее обработки в системе водоснабжения				
Хлор остаточный свободный, остаточный связанный	мг/л	в пределах 0,3-0,5 в пределах 0,8-1,2	Органолепт. Органолепт.	3 3
Хлороформ (при хлорировании воды)	мг/л	0,2	Санит. - ток.	2
Озон остаточный	мг/л	0,3	Органолепт.	
Формальдегид (при озонировании воды)	мг/л	0,05	Санит. - ток.	2
Полиакриламид	мг/л	2,0	Санит. – ток.	2
Активированная кремневая кислота	мг/л	10	Санит. - ток.	2
Полифосфаты (по PO_4^{3-})	мг/л	3,5	Органолепт.	3

Примечание: Величина, указанная в скобках может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории

Приложение 3

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования

Показатели	Категории водопользования	
	для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест
Взвешенные вещества*	При сбросе сточных вод, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на	
	0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³
	Для водных объектов, содержащих в межень более 30 мг/дм ³ природных взвешенных веществ, допускается их увеличение содержания в воде в пределах 5% Взвеси со скоростью выпадения более 0,4мм/с для проточных водоемов и более 0,2мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются	
Плавающие примеси	На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей	
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике	
	20 см	10 см
Запахи	Вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемые:	
	непосредственно или при последующем хлорировании или других способах обработки	непосредственно
Температура	Летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более чем на 3 ⁰ С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет	
Водородный показатель (рН)	Не должен выходить за пределы 6,5-8,5	
Минерализация воды	Не более 1000 мг/дм ³ , в т.ч.: хлоридов - 350 мг/дм ³ ; сульфатов -500 мг/дм ³	
Растворенный кислород	Не должен быть менее 4 мг/дм ³ в любой период года, в пробе, отобранной до 12 часов дня	
Биохимическое потребление кислорода (БПК)	Не должно превышать при температуре 20 ⁰ С	
	2 мг О ₂ /дм ³	4 мг О ₂ /дм ³

Показатели	Категории водопользования	
	для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест
Химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость), ХПК	Не должно превышать:	
	15 мг O ₂ /дм ³	30 мг O ₂ /дм ³
Химические вещества	Не должны содержаться в воде водных объектов в концентрациях, превышающих ПДК и ОДУ	
Возбудители кишечных инфекций	Вода не должна содержать возбудителей кишечных инфекций	
Жизнеспособные яйца гельминтов (аскарид, власоглав, токсокар, фасциол), онкосферы тениид и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших	Не должны содержаться в 25 л воды	
Термотолерантные колиформные бактерии**	Не более 100 КОЕ/100мл**	Не более 100 КОЕ/100мл
Общие колиформные бактерии**	Не более	
	1000 КОЕ/100мл**	500 КОЕ/100мл
Колифаги**	Не более	
	10 БОЕ/100мл**	10 БОЕ/100мл
Суммарная объемная активность радионуклидов при совместном присутствии***	$\Sigma(A_i/Y_{bi}) \leq 1$	

Примечания:

* содержание в воде взвешенных веществ природного происхождения (хлопья гидроксидов металлов, образующихся при обработке сточных вод, частички асбеста, стекловолокна, базальта, капрона, лавсана и т.д.) не допускается;

** для централизованного водоснабжения; при нецентрализованном питьевом водоснабжении вода подлежит обеззараживанию;

*** в случае превышения указанных уровней радиоактивного загрязнения контролируемой воды проводится дополнительный контроль радионуклидного загрязнения в соответствии с действующими нормами радиационной безопасности;

A_i – удельная активность i -го радионуклида в воде;

Y_{bi} – соответствующий уровень вмешательства для i -го радионуклида

Приложение 4

Перечень вредных веществ, которые могут содержаться в питьевой воде, их источников и характер воздействия на организм человека

Вещества	Источники	Воздействие на организм
Неорганические компоненты		
Алюминий	Водоочистные сооружения, цветная металлургия	Нейротоксическое действие, болезнь Альцгеймера
Барий	Производство пигментов, эпоксидных смол, обогащение каменного угля	Воздействие на сердечно-сосудистую и кроветворную (лейкозы) системы
Бор	Цветная металлургия	Снижение репродуктивной функции у мужчин, нарушение оварийно – менструального цикла женщин (ОМЦ), углеводного обмена, активности ферментов
Кадмий	Коррозия труб с гальваническим покрытием, красильная промышленность	Болезнь "итай-итай", увеличение сердечно-сосудистой заболеваемости (КВЗ), почечной, онкологической (ОЗ), нарушение ОМЦ, течения беременности и родов, мертворождаемость, повреждение костной ткани.
Молибден	Горнодобывающая промышленность, цветная металлургия	Увеличение КВЗ, подагра, эпидемический зоб, нарушение ОМЦ
Мышьяк	Плавильная, стекольная, электронная промышленности, фруктовое садоводство	Нейротоксическое действие, поражения кожи, ОЗ
Натрий	Шахтные, ливневые воды	Гипертензия, гипертония
Никель	Гальваника, химическая промышленность, металлургия	Поражение сердца, печени, ОЗ, кератиты
Нитраты, нитриты	Животноводство, удобрения, сточные воды	Метгемоглобинемия, рак желудка
Ртуть	Протравка зерна, гальваника, электродетали	Нарушение функции почек, нервной системы,
Свинец	Тяжелая промышленность, пайки, водопроводы	Поражение почек, нервной системы, органов кроветворения, КВЗ, авитаминозы С и В
Стронций	Естественный фон	Стронциевый рахит

Вещества	Источники	Воздействие на организм
Хром	Горнорудная промышленность, гальваника, электроды, пигменты	Нарушение функции печени, почек
Цианиды	Пластики, электроды, горнорудная промышленность, удобрения	Поражение нервной системы, щитовидной железы
Соли кальция и магния	Природный фон	Мочекаменная и слюнно-каменная болезнь, склероз, гипертония.
Бром	Естественный фон	Нарушение функции почек, печени, снижение калия
Фтор	Природная вода	Флюороз скелета и зубов, остеохондроз
Медь	Цветная металлургия	Гепатит, анемия, заболевание печени
Органические токсиканты		
Четыреххлористый углерод	Растворители, побочный продукт хлорирования воды (ППХВ)	ОЗ, мутагенное действие
Тригалометаны: -хлороформ; -бромформ	ППХВ, медицинская промышленность	Мутагенное действие, частично ОЗ
1,2- дихлорэтан	ППХВ, производство сжиженного газа, красок, фумигантов	ОЗ
Хлорированные этилены	ППХВ, текстильная, клеевая промышленность, обезжириватели металлов, химчистка, растворители,	Мутагенное действие, ОЗ
Ароматические углеводороды: - бензол; -бенз(а)пирен - пентахлор; - фенол.	Производство продуктов питания, лекарств, пестицидов, красок, пластиков, газов, каменноугольные смолы, горючие органические вещества, вулканизация лесозащита, гербициды	Воздействие на печень и почки ,ОЗ

Вещества	Источники	Воздействие на организм
Пестициды: - линдан; - ддт; - гексахлорбензол; - атразин-2,4-дихлорфеноуксусная кислота; - симазин	- инсектицид для рогатого скота, леса, овощей; - пестицид (запрещен для использования); - производство пестицидов, гербицид для зерновых; - протравление гербицидами пшеницы, кукурузы, корнеплодов, почвы, газонов; - гербицид для зерновых и водорослей	- Поражение печени, почек, нервной, иммунной, сердечно-сосудистой систем; - ОЗ, поражение нервной системы и печени; - ОЗ – опухоли молочной железы ; - повреждение печени, почек - ОЗ
Химические вещества, влияющие на органолептические свойства воды		
Железо	Поступление из водопроводной сети, природный фон	Аллергические реакции, болезни крови
Сульфаты	Природный фон	Диарея, увеличение числа гипоацидных состояний желудка, желчно- и мочекаменная болезнь.
Хлориды	Природный фон	Гипертензия, гипертоническая болезнь, заболевания сердечно-сосудистой системы.
Хлорированные фенолы	ППХВ	ОЗ
Марганец	Природный фон	Оказывает эмбриотоксическое и гонадотоксическое действие

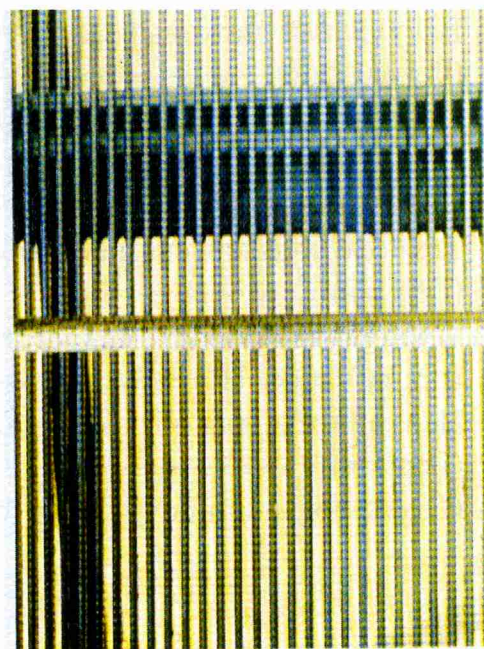
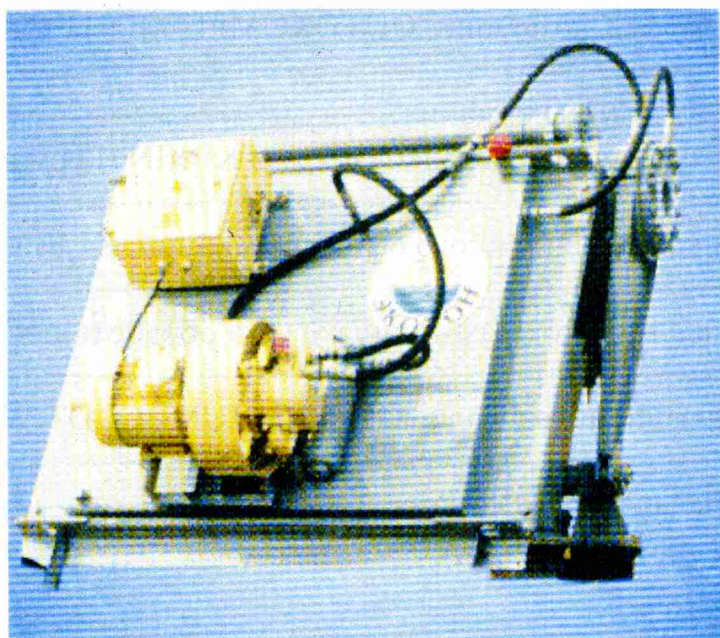
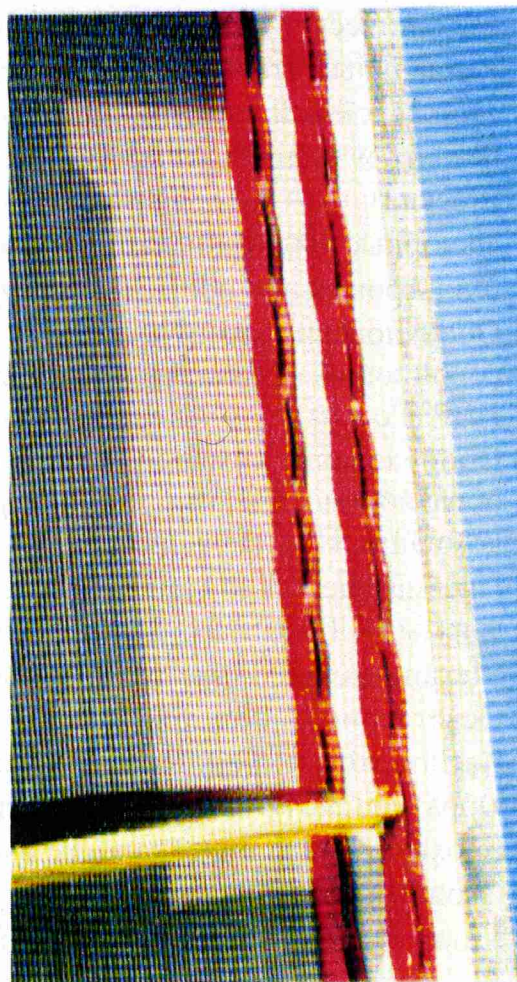
Ранговая экспертная оценка методов обеззараживания

Метод	Хлор-газ	Cl ₂ O	NaOCl	CaOCl	Хлорная известь	H ₂ O ₂	KMnO ₄	Озонирование	Озонифлота-ция	Известь-гашеная	УФ	Электро-импульс	Давер	Уско-ренные эле-ктро-тройы	Гамма-излу-чение
Ранг	7	11	6	9	10	12	13	2	3	14	1	12	4	5	8
Сумма	71	62	72	65	63	60	59	94	83	58	113	60	76	73	70
Частота применения в мире	5	2	4	1	2	1	1	3	2	1	5	1	1	1	1
Частота применения на крупных станциях	5	1	2	1	1	1	1	2	1	1	5	1	1	1	1
Длительность апробации метода	5	5	5	5	5	3	3	5	2	3	5	1	1	1	1
Развитость производства в России	5	3	5	3	3	5	4	4	4	5	5	1	4	4	4
Отсутствие возможности возникновения чрезвычайных ситуаций	1	1	4	4	5	2	2	4	4	4	5	5	5	5	1
Безопасность для обслуж. персонала	2	2	4	4	5	3	3	3	3	5	5	3	3	3	1
Экологическая безопасность при нормальной эксплуатации	2	2	2	2	2	4	4	4	4	5	5	2	5	5	5
Отсутствие мутагенной активности обеззараженной воды при нормальной эксплуатации	1	1	1	1	1	3	4	5	5	3	5	1	5	4	4
Отсутствие воздействия на вирусы и другие патогены	1	1	1	1	1	1	3	5	5	2	5	3	5	5	5
Интенсивность воздействия	3	4	3	3	2	1	1	5	5	1	5	5	5	5	5
Воздействие на вирусы и другие патогены	2	3	2	2	2	1	1	5	5	1	5	4	5	5	5
Отсутствие необходимости дополнительных НИОКР по техническому оформлению процесса	5	5	5	5	5	3	3	5	3	3	5	2	2	2	2
Отсутствие необходимости дополнительных НИР по санитарно-гигиенической оценке метода	5	5	5	5	4	3	3	5	4	1	5	1	2	2	2
Необходимость дополнит. обработки перед сбросом в водоем	1	1	1	1	1	1	1	5	5	1	5	3	5	5	5
Отсутствие образования отходов (осадков, флотоконденсатов)	3	3	3	3	1	5	3	5	3	1	5	4	5	5	3
Отсутствие большого объема капитальных затрат	3	3	2	2	1	2	2	3	3	1	5	3	3	3	3
Отсутствие сложности эксплуатации	2	2	4	4	3	4	3	4	4	3	5	3	3	3	3
Низкий расход электроэнергии	5	5	5	5	5	5	5	1	1	5	3	1	1	1	5
Отсутствие необходимости использования высококвалифицированного персонала	4	4	5	5	5	5	5	3	3	5	5	2	2	2	2
Отсутствие необходимости использования больших площадей	2	2	2	2	2	1	1	3	4	1	5	3	3	1	4
Отсутствие больших транспортных расходов	2	2	1	1	1	1	1	5	5	1	5	5	5	5	5
Низкая стоимость расходных материалов	3	1	2	1	3	1	1	5	5	3	5	3	2	2	1
Отсутствие дополнительных затрат	4	4	4	4	3	4	4	5	3	2	5	3	3	3	2

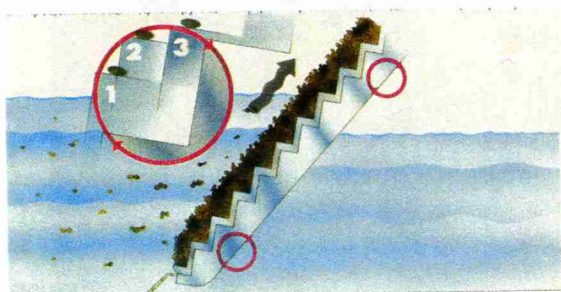
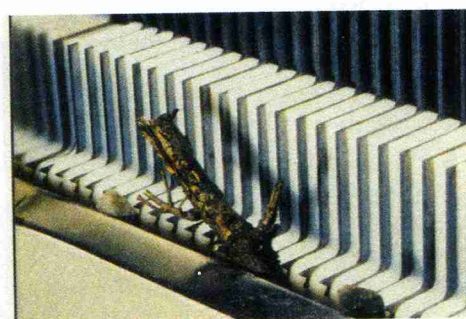
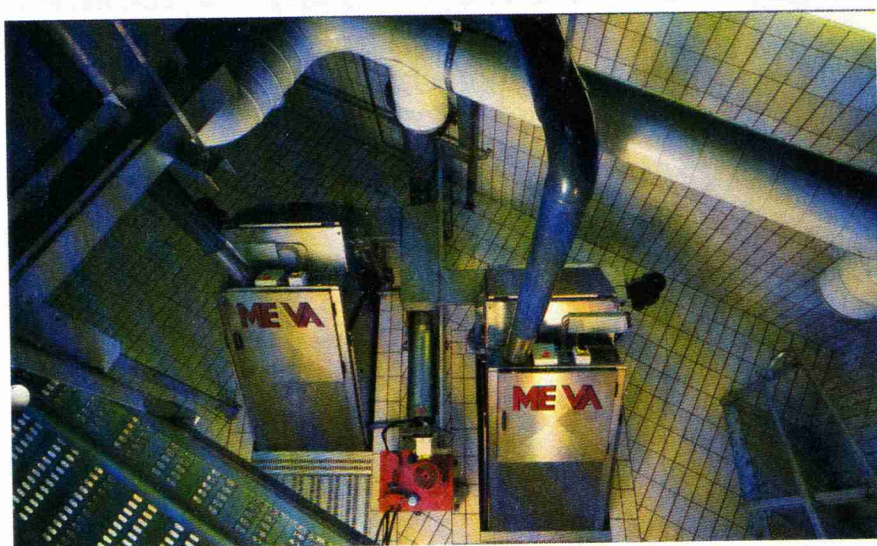
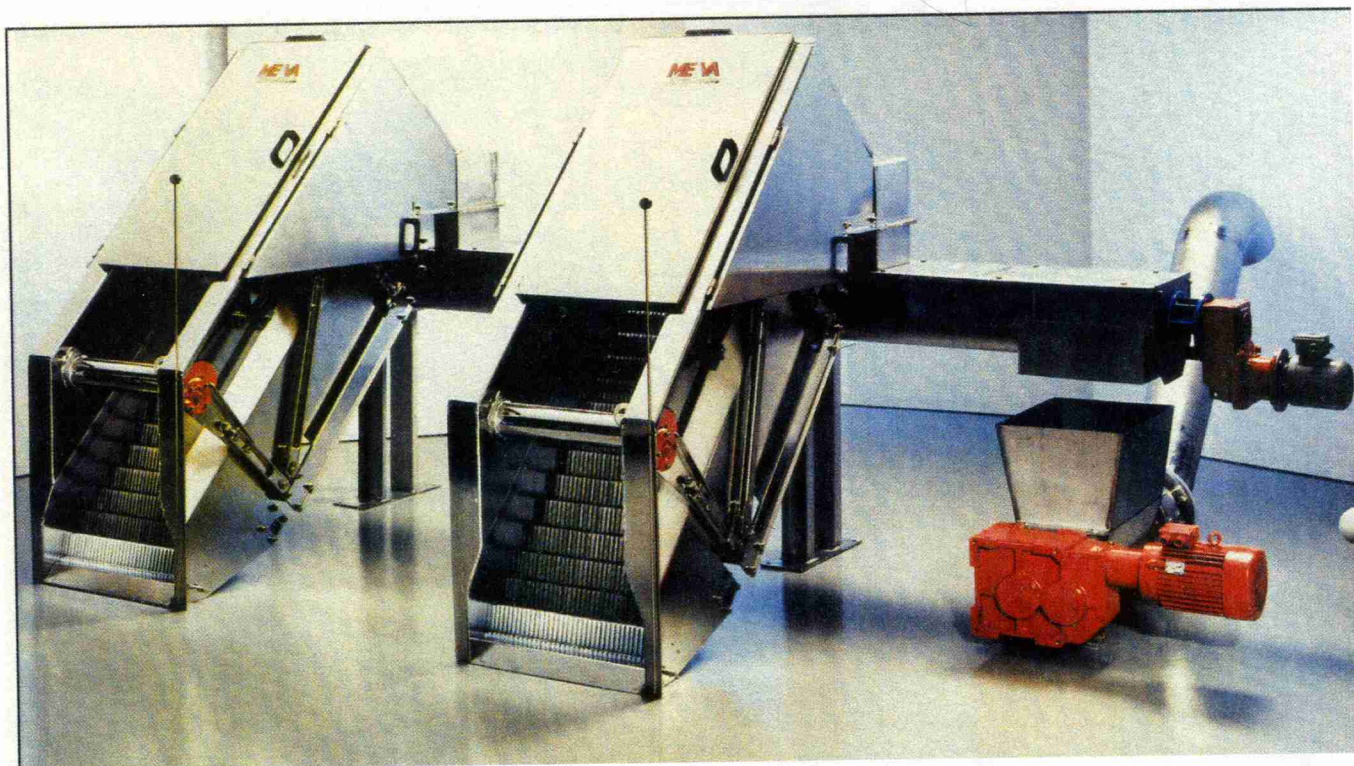
В данном приложении содержатся цветные иллюстрации водоочистного оборудования и конструкции аппаратов, предназначенных для обработки осадков сточных вод. Оборудование представлено в соответствии с изложением в тексте в следующем порядке:

• Механизированные решетки фирмы ЭКОТОН (Россия) -----	154
• Механические решетки фирмы MEVA (Скандинавия)-----	155
• Радиальный отстойник фирмы SUPAFLO TECHNOLOGIES (Австралия)-----	156
• Тонкослойный вертикальный отстойник фирмы LEIBLEIN (Германия) -----	157
• Фильтр и дренажные системы производственного предприятия ТЭКО-ФИЛЬТР (Россия) -----	158
• Напорные фильтровальные установки фирмы JUDO-----	159
• Фильтровальное оборудование фирмы BWT (Германия)-----	160
• Оборудование химводоочистки (гидроциклон, патронные и сетчатые фильтры, сорбционные фильтры, фильтры обезжелезивания и умягчения воды) компании НВР (Россия)-----	161
• Оборудование химводоочистки (лампа УФ-обеззараживания воды «Блеск», обратноосмотическая установка, бытовые устройства доочистки питьевой воды) компании НВР (Россия)-----	162
• Пневматическая аэрационная система (дисковый аэратор и перфорированные трубы фирмы HUBER SUHNER (Германия); трубчатый аэратор фирмы ЭКОТОН (Россия) -	163
• Механический аэратор фирмы NOPON (Финляндия)-----	164
• Осветление воды в присутствии химических реагентов -----	165
• Катионитовые и анионитовые фильтры фирмы JUDO-----	166
• Обратноосмотические установки фирмы JUDO и BWT-----	167
• Биохимическая очистка воды в аэротенке-----	168
• Озонаторные установки фирмы WEDECO (Германия)-----	169
• Установки ультрафиолетового обеззараживания воды фирмы WEDECO (Германия) ---	170
• Анаэробное сбраживание в метантенках -----	171
• Декантирующие центрифуги (декантаторы и трикантаторы) фирмы FLOTTWEG (Германия)-----	172
• Вакуумный дисковый фильтр КЕРАМЕК компании OUTOKUMPU MINTEC (Финляндия)-----	173
• Ленточный фильтр-пресс фирмы DIEMME (Германия)-----	174
• Оборудование для обработки канализационных осадков фирмы KLEIN (Германия)----	175
• Технологическая схема обработки канализационного осадка компании KLEIN (Германия) -----	176
• Технологическая схема очистки канализационных сточных вод и обработки осадка города Санкт-Петербурга-----	176
• Центрипресс для обработки канализационных осадков фирмы HUMBOLDT WEDAG (Германия)-----	177
• Схемы локальной очистки стоков компании НВР (Россия)-----	178

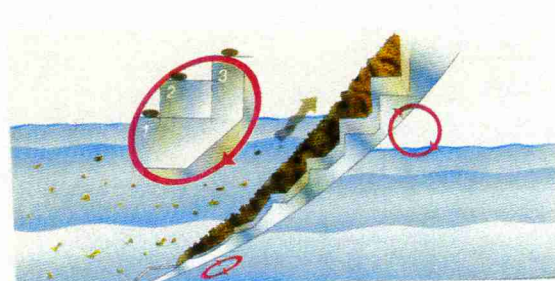
МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ РЕШЕТКИ ФИРМЫ ЭКОТОН (РОССИЯ)



МЕХАНИЧЕСКИЕ РЕШЕТКИ ФИРМЫ MEVA (СКАНДИНАВИЯ)

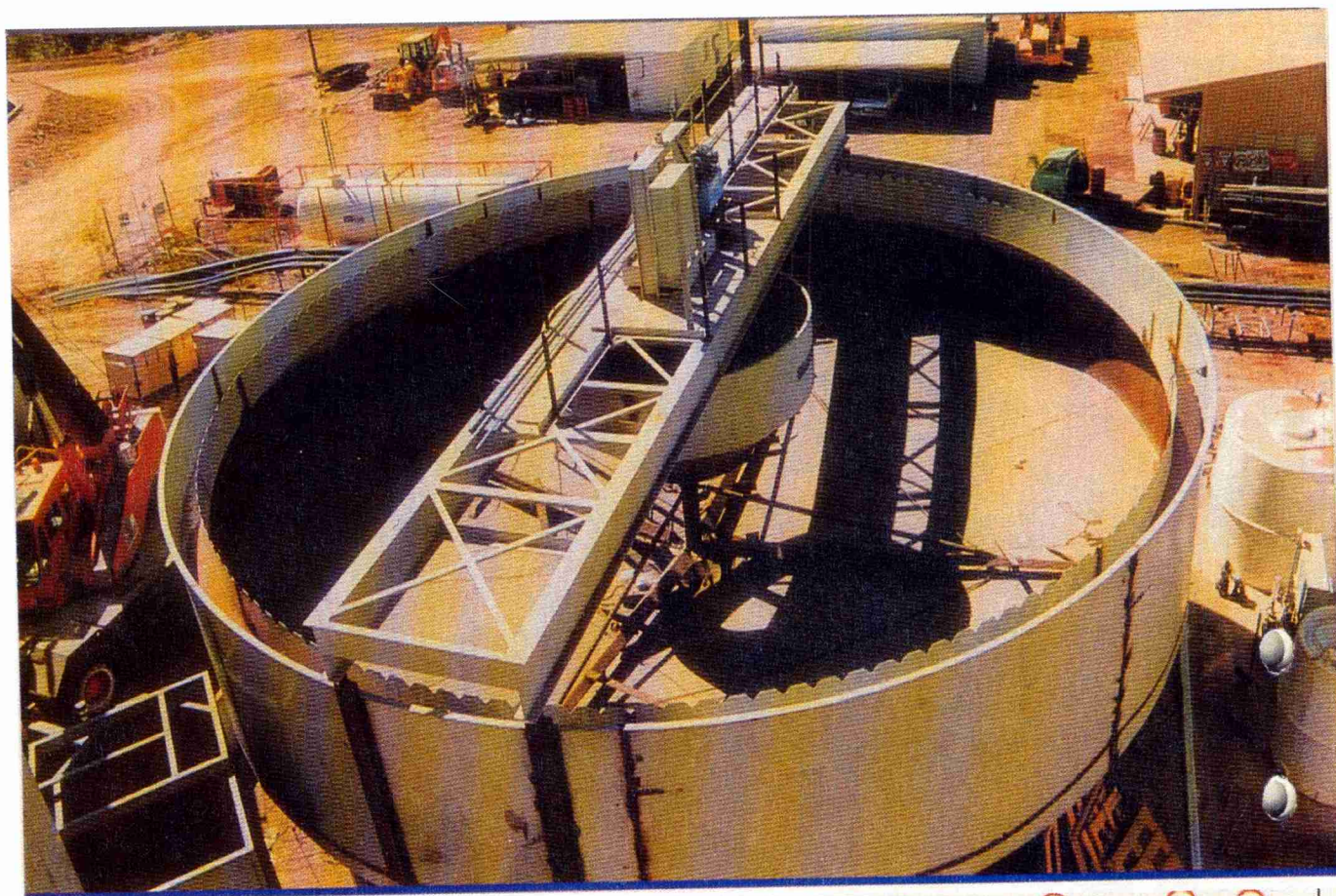


Принцип работы решетки
РотоСкрин

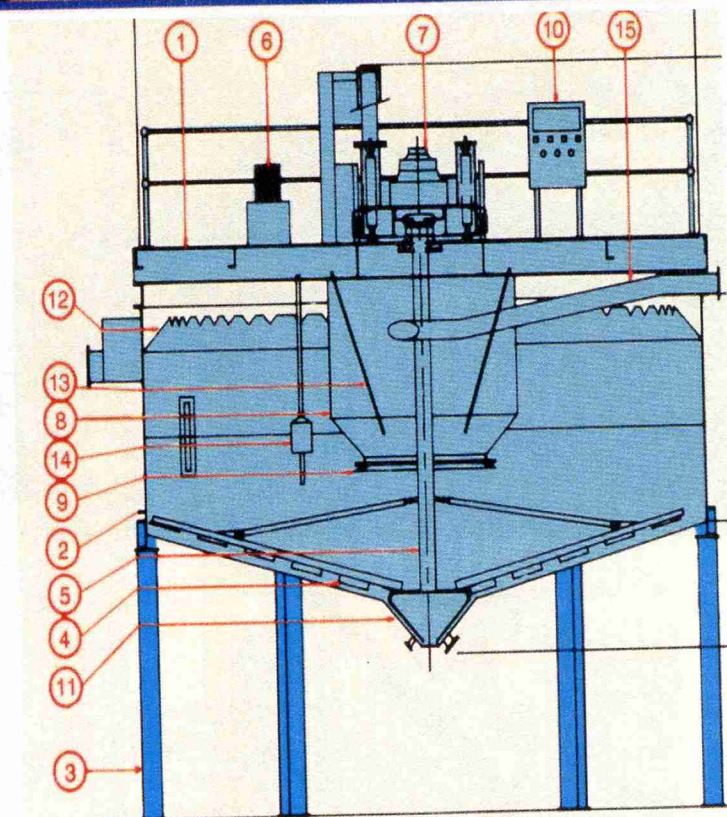


Принцип работы решетки
МоноСкрин

РАДИАЛЬНЫЙ ОТСТОЙНИК ФИРМЫ SUPAFLO TECHNOLOGIES (АВСТРАЛИЯ)

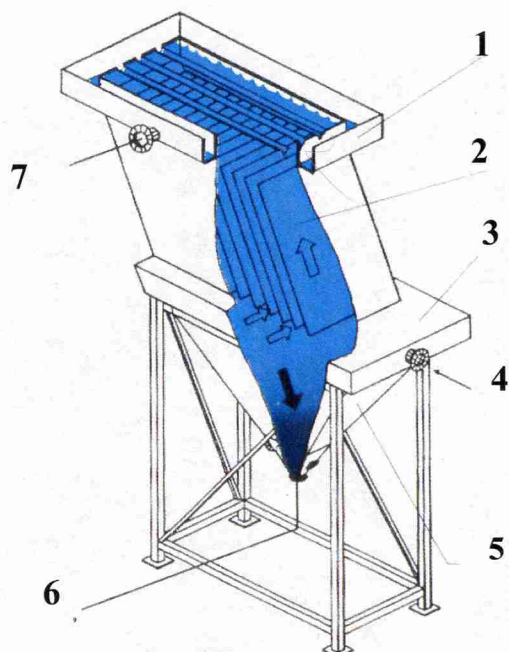


- 1 - мост;
- 2 - корпус;
- 3 - опора;
- 4 - скребковый механизм;
- 5 - вал;
- 6 - электродвигатель;
- 7 - редуктор;
- 8 - камера гашения напора;
- 9 - диффузор;
- 10 - панель управления;
- 11 - конический приямок для сбора шлама;
- 12 - зубчатый водослив для отвода осветленной воды;
- 13 - отражательная перегородка;
- 14 - пробоотборник;
- 15 - штуцер ввода исходной воды.

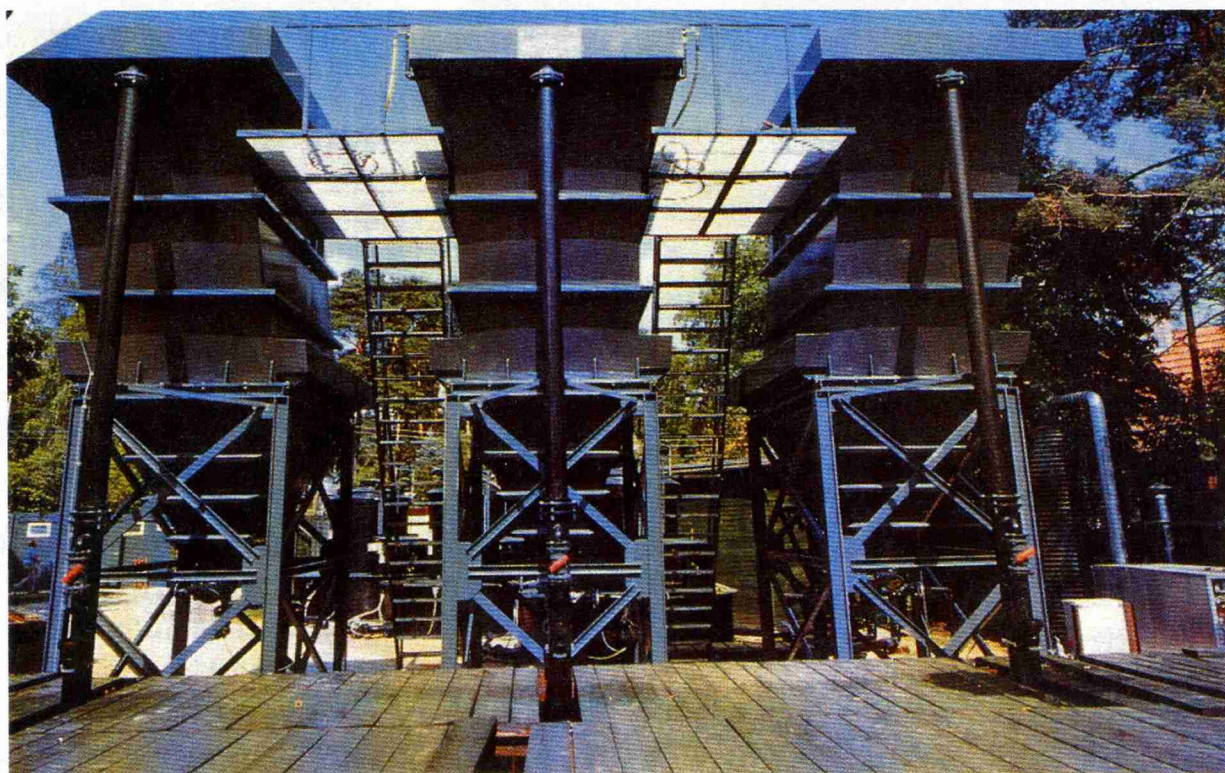


Устройство радиального отстойника

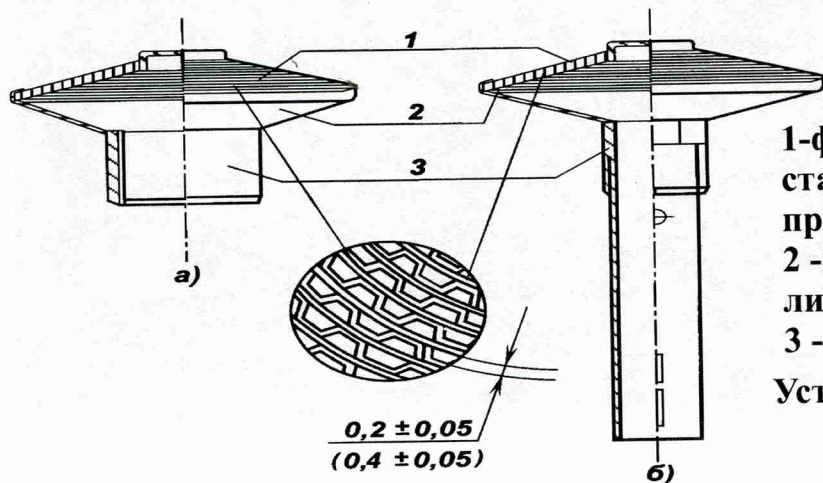
ТОНКОСЛОЙНЫЙ ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ОТСТОЙНИК ФИРМЫ LEIBLEIN (ГЕРМАНИЯ)



- 1 - сборный желоб;
- 2 - пластинка;
- 3 - напорный резервуар;
- 4 - подача исходной воды;
- 5 - грязесборник;
- 6 - вывод грязи;
- 7 - выход очищенной воды



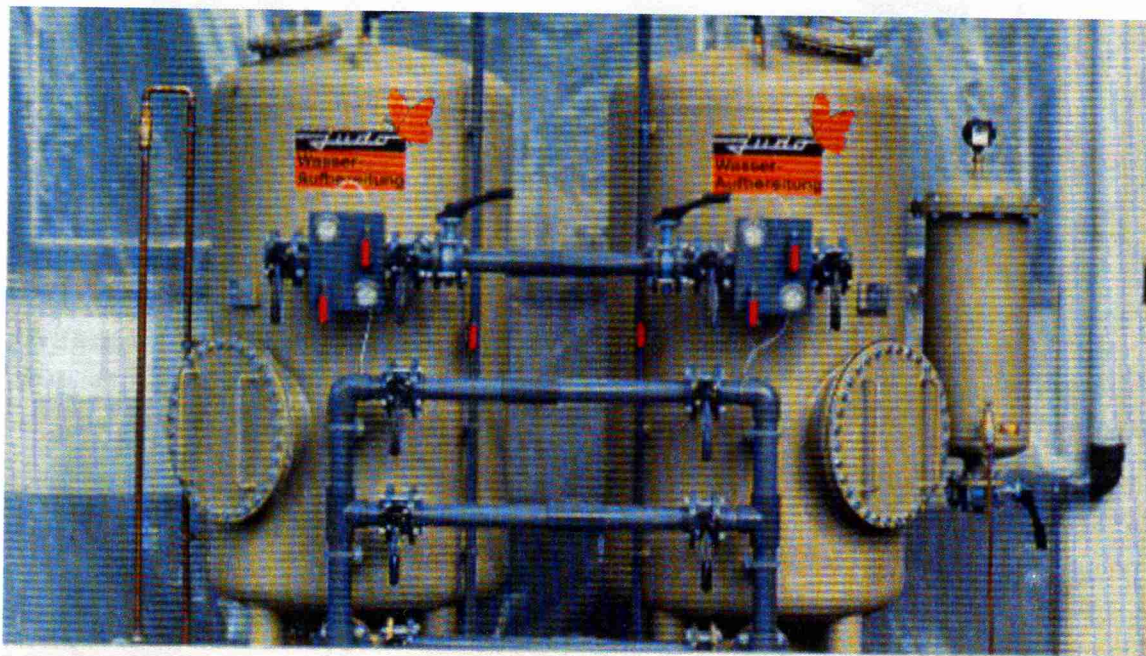
ФИЛЬТРЫ и ДРЕНАЖНЫЕ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ТЭКО-ФИЛЬТР (РОССИЯ)



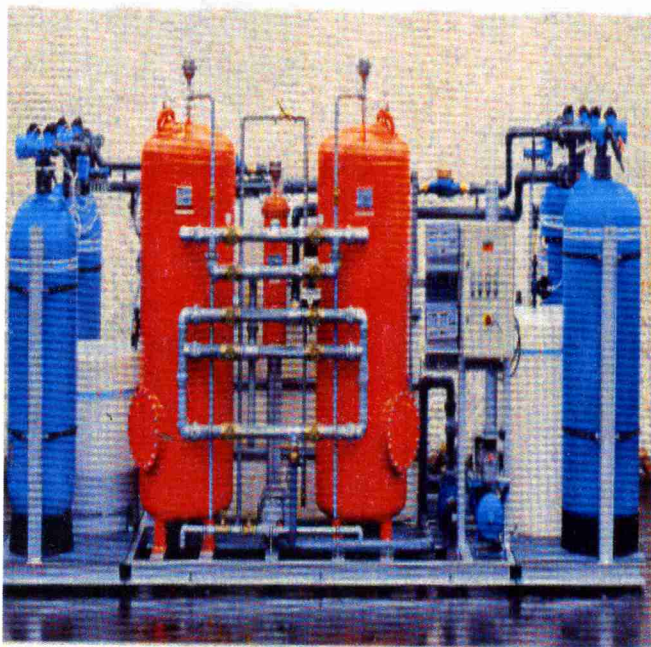
- 1-фильтроблок из двух свитых стальных лент, одна из которых прямоугольно изогнута
- 2 -корпус из штампованной листовой стали
- 3 - штуцер

Устройство колпачка дренажной системы

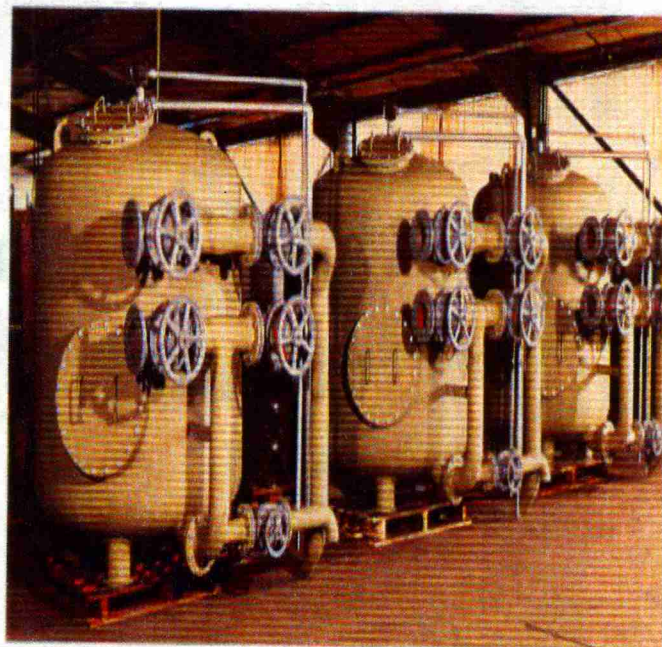
НАПОРНЫЕ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ФИРМЫ JUDO



Фильтровальная установка непрерывного действия
ДУПЛЕКС



Автоматизированная установка
удаления механических примесей из
воды и обессоливания

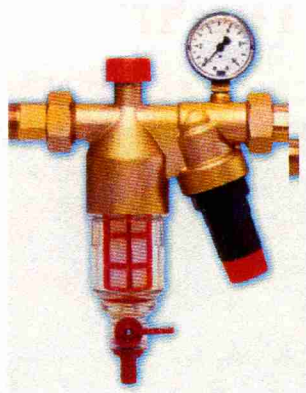


Фильтровальная установка
непрерывного действия ТРИПЛЕКС

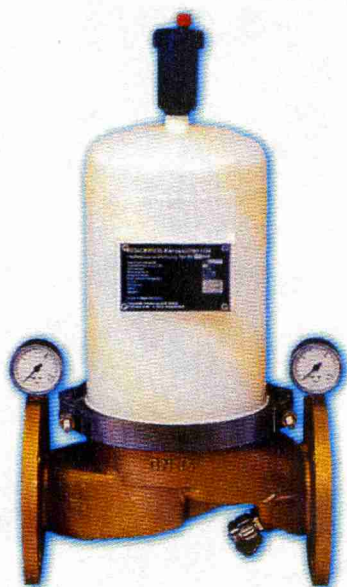
ФИЛЬТРОВАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ФИРМЫ BWT (ГЕРМАНИЯ)



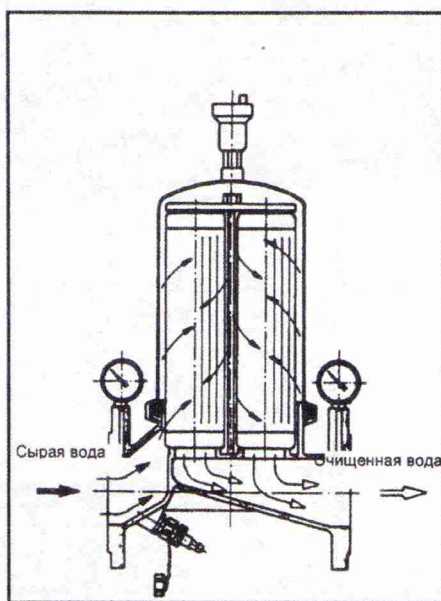
Автоматический механический
фильтр с обратной промывкой
Bewapur TA



Механический фильтр
с двухфазной обратной
промывкой **Diago Avanti HWS**



Патронный фильтр для механической очистки
горячей воды **DN 50-80**



Сорбционный угольный
фильтр **AKF**



Фильтр для
обезжелезивания
воды **ERF**



Водоумягчительная
установка
(Na-катионирования)
Bewmat Duo



Анионообменная установка
удаления нитратов
Denimat NP

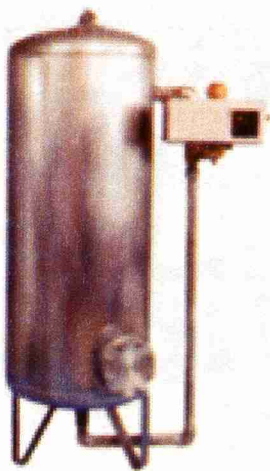
ОБРУДОВАНИЕ ХИМВОДООЧИСТКИ КОМПАНИИ НВР (РОССИЯ)



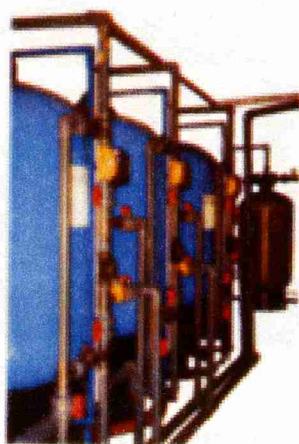
**Фильтр - гидроциклон
серии HUR**



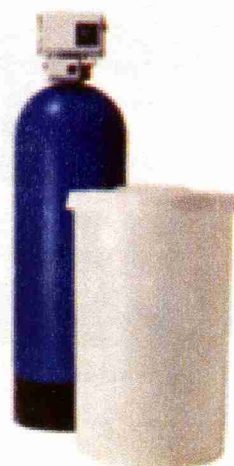
**Патронные и сетчатые
фильтры**



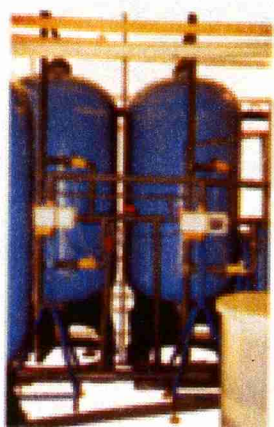
**Фильтр
обезжелезивания**



**Сорбционный
фильтр CF**



**Установка для очистки
подземных вод серии CR**

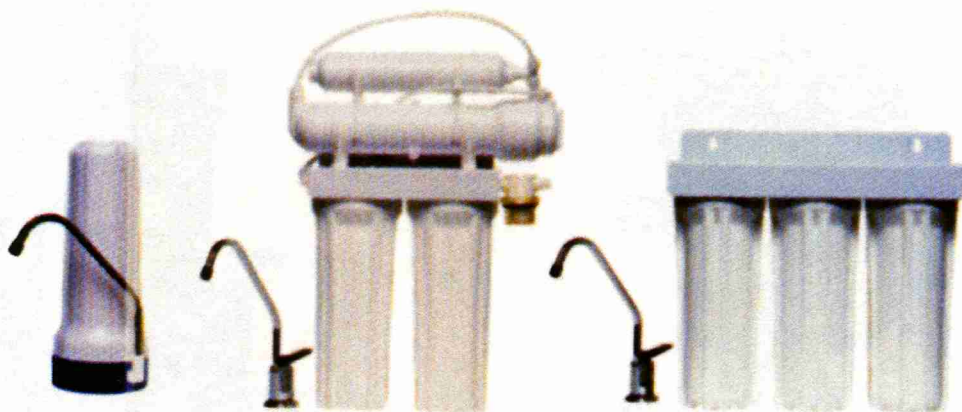


**Установка умягчения воды
серии SF**

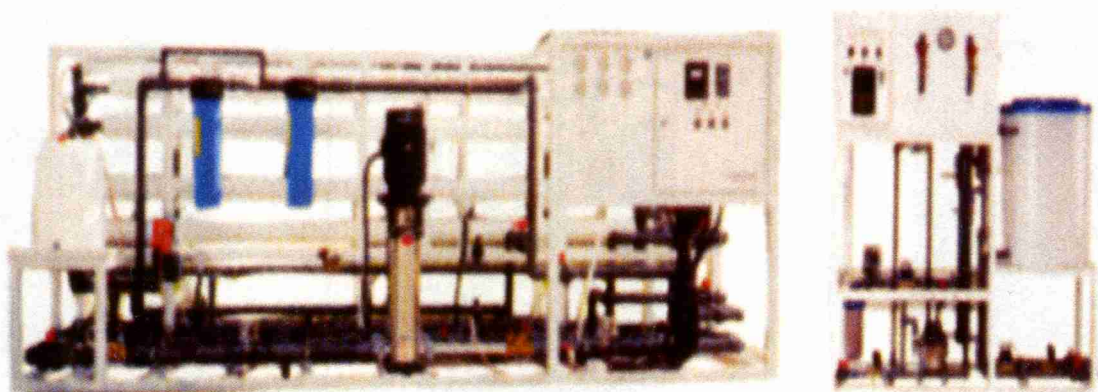


**Установка умягчения воды
серии SF-A**

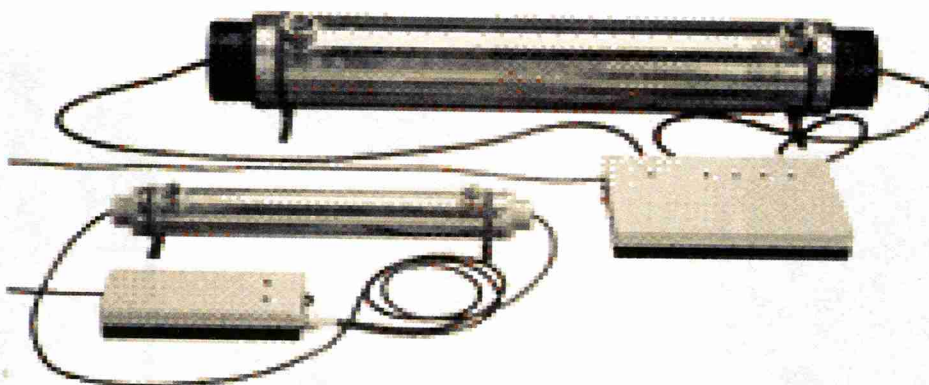
ОБРУДОВАНИЕ ХИМВОДООЧИСТКИ КОМПАНИИ НВР (РОССИЯ)



**Бытовые устройства доочистки
питьевой воды**

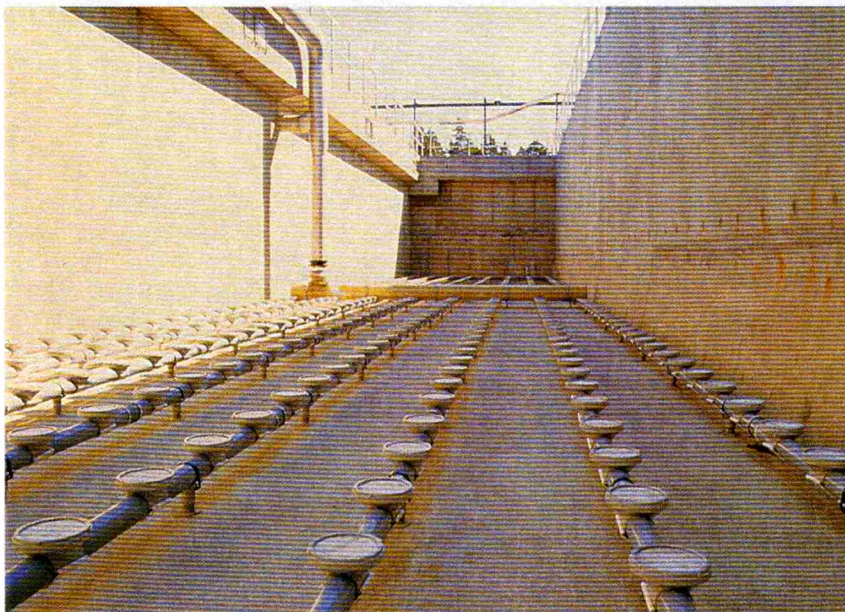


**Обратноосмотическая установка для
обессоливания воды**



Лампа УФ-обеззараживания воды “Блеск”

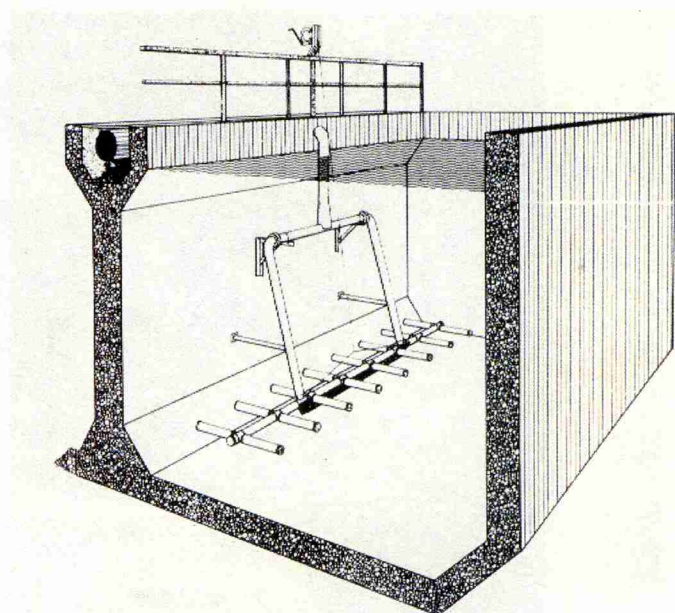
ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ АЭРАЦИОННАЯ СИСТЕМА



Дисковые аэраторы фирмы HUBER SUHNER (Германия)

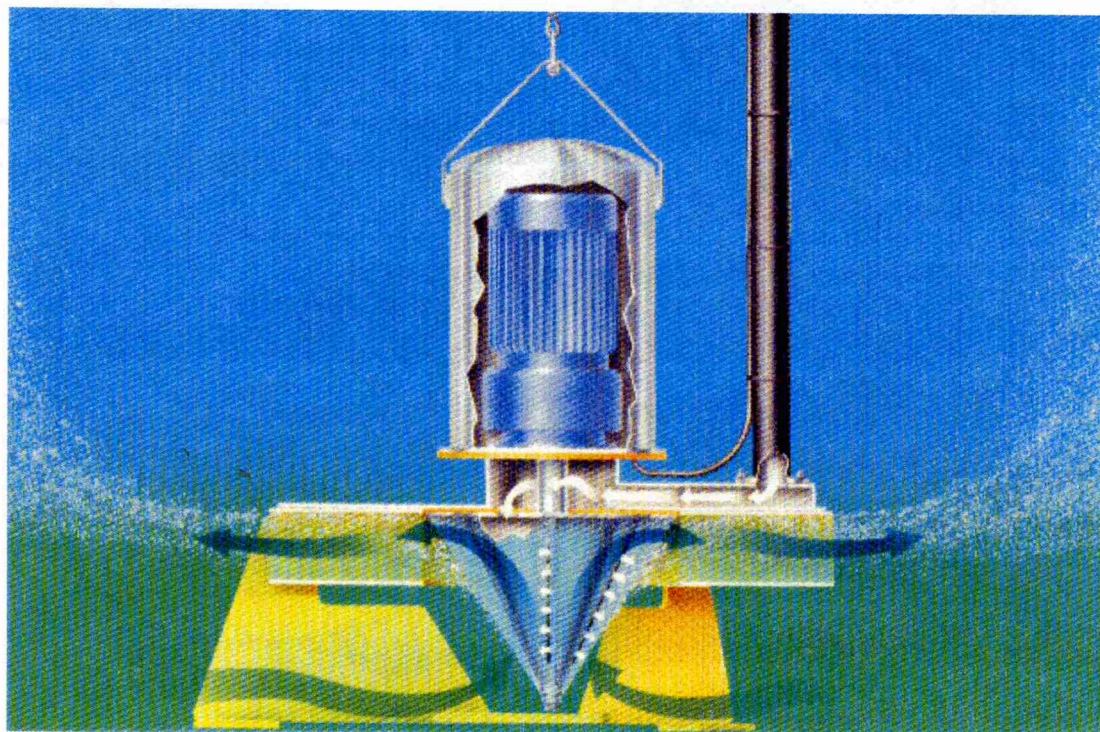
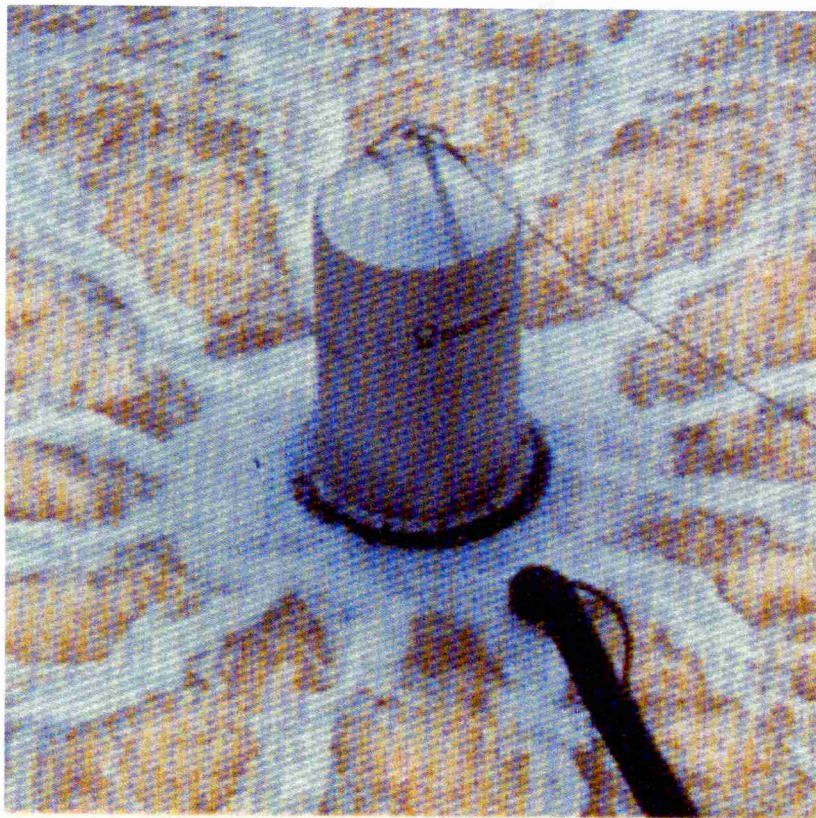


Трубчатый аэратор
фирмы ЭКОТОН (Россия)



Перфорированные трубы

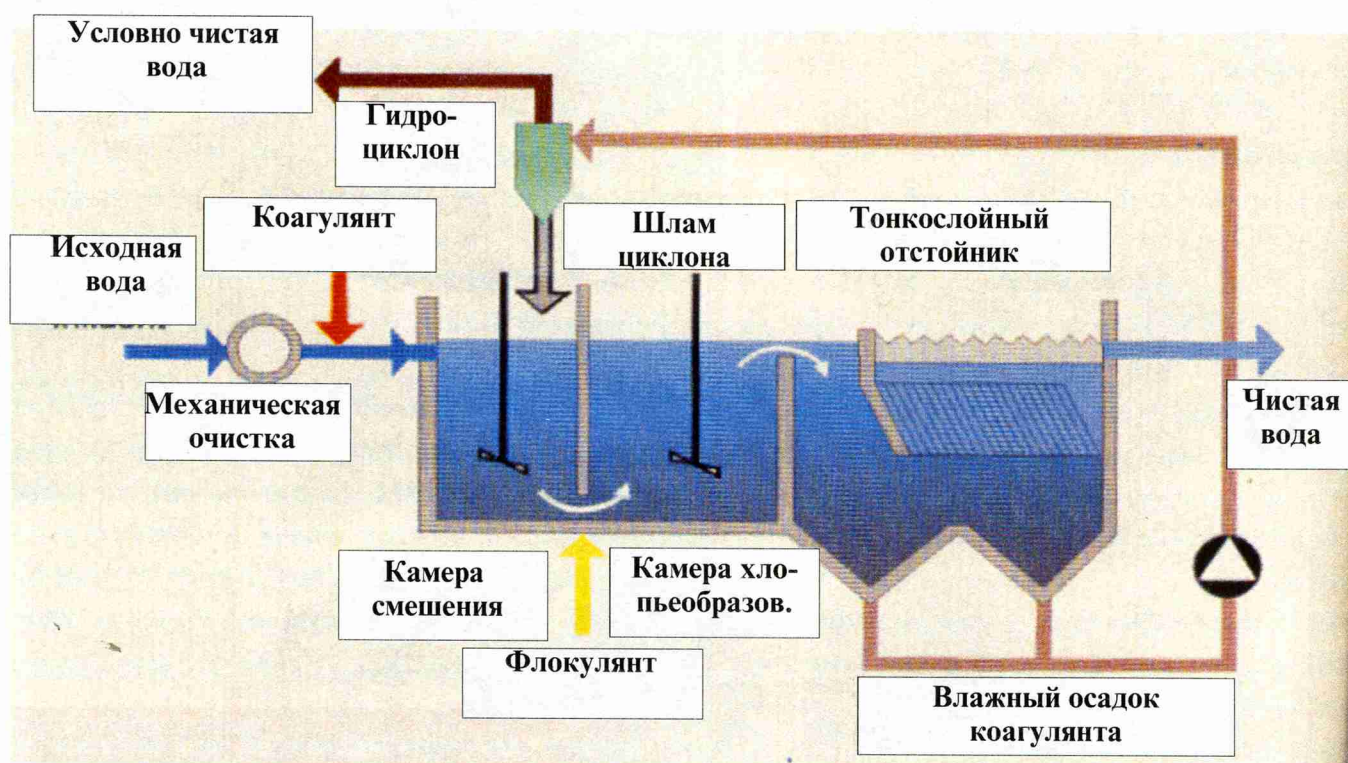
МЕХАНИЧЕСКИЙ АЭРАТОР ФИРМЫ НОРОН (ФИНЛЯНДИЯ)



Принцип работы механического аэратора

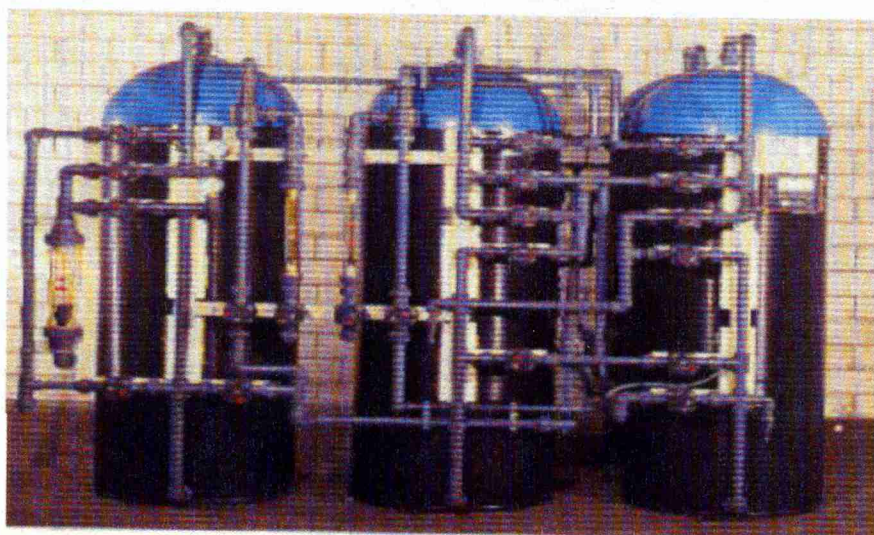
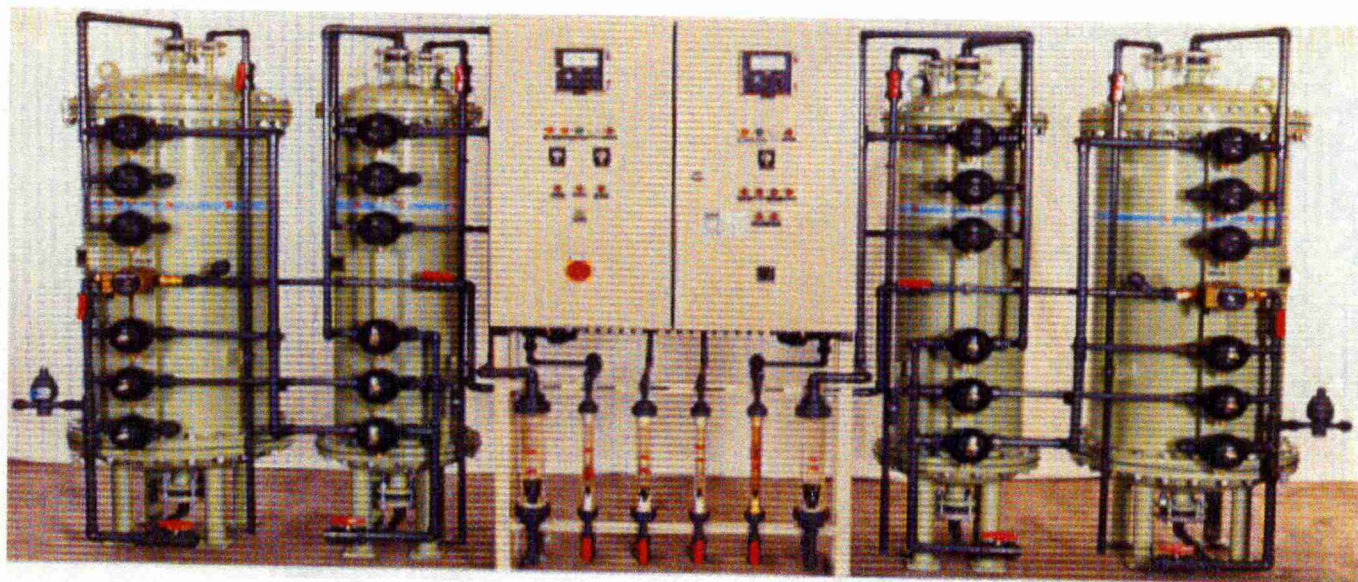
ОСВЕТЛЕНИЕ ВОДЫ В ПРИСУТСТВИИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ

Установка тонкослойного отстаивания воды

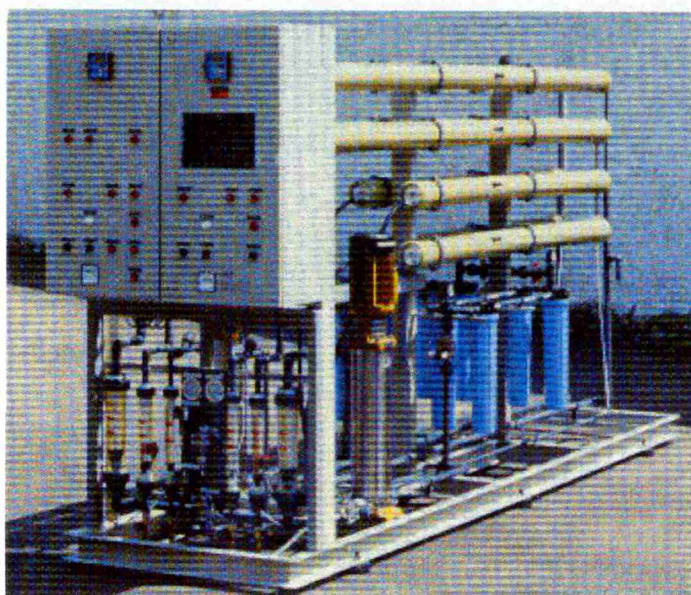
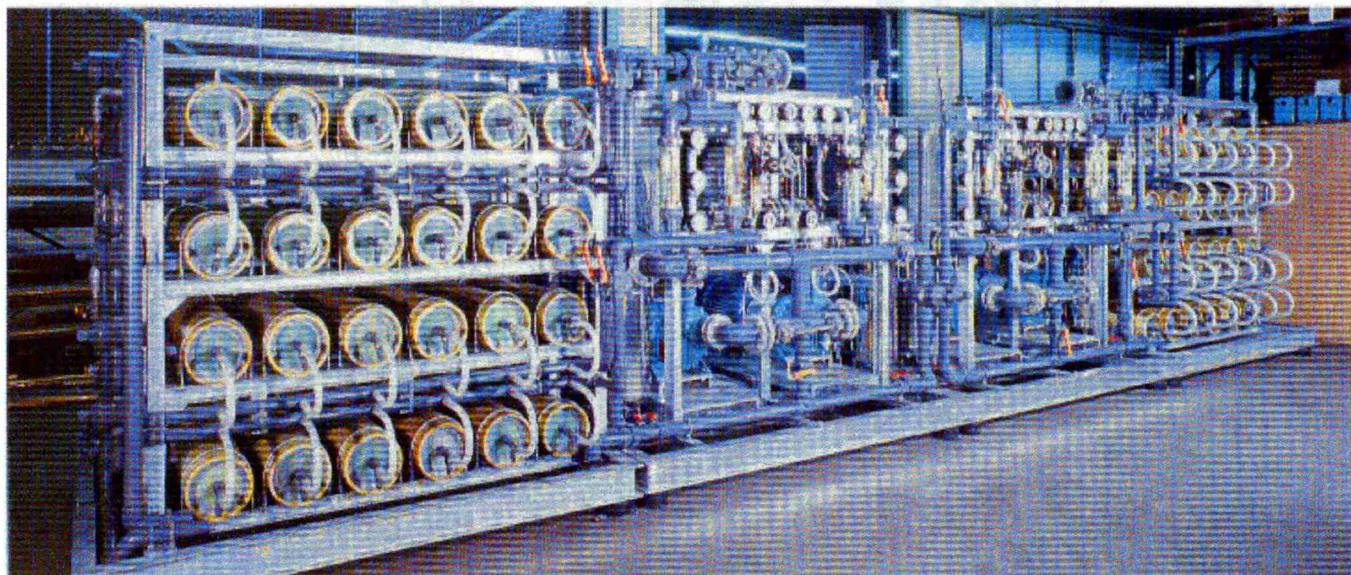


Принцип работы установки осветления воды в присутствии химических реагентов - коагулянта и флокулянта

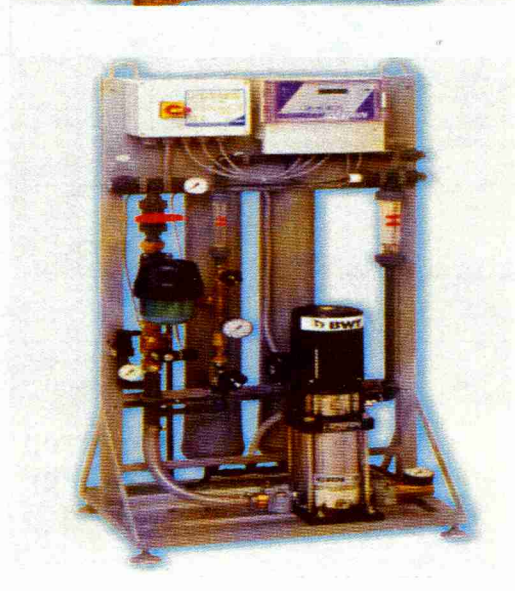
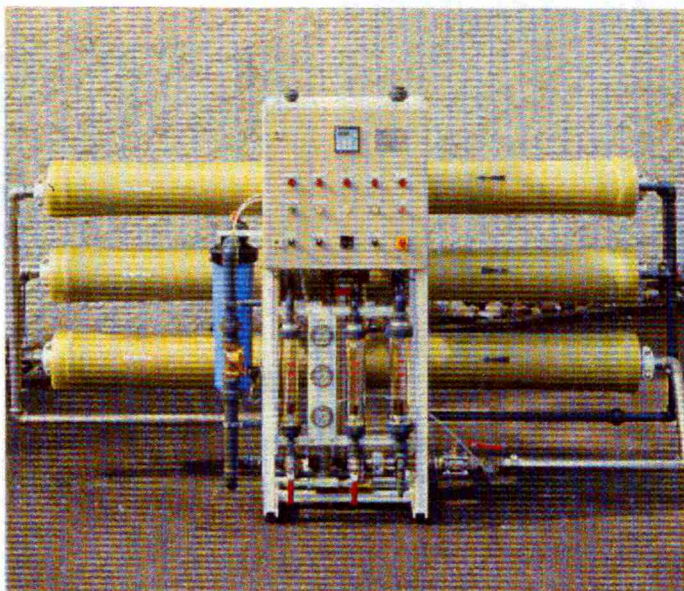
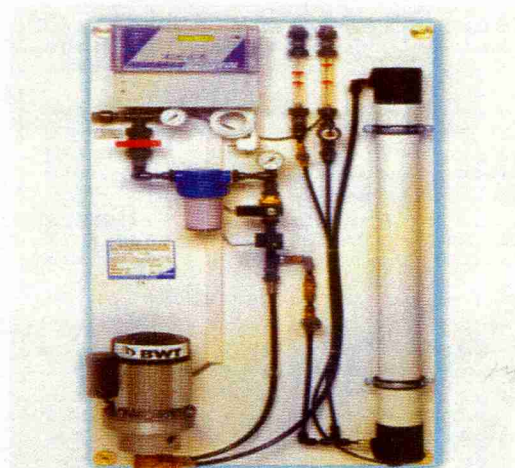
КАТИОНИТОВЫЕ И АНИОНИТОВЫЕ ФИЛЬТРЫ ФИРМЫ JUDO



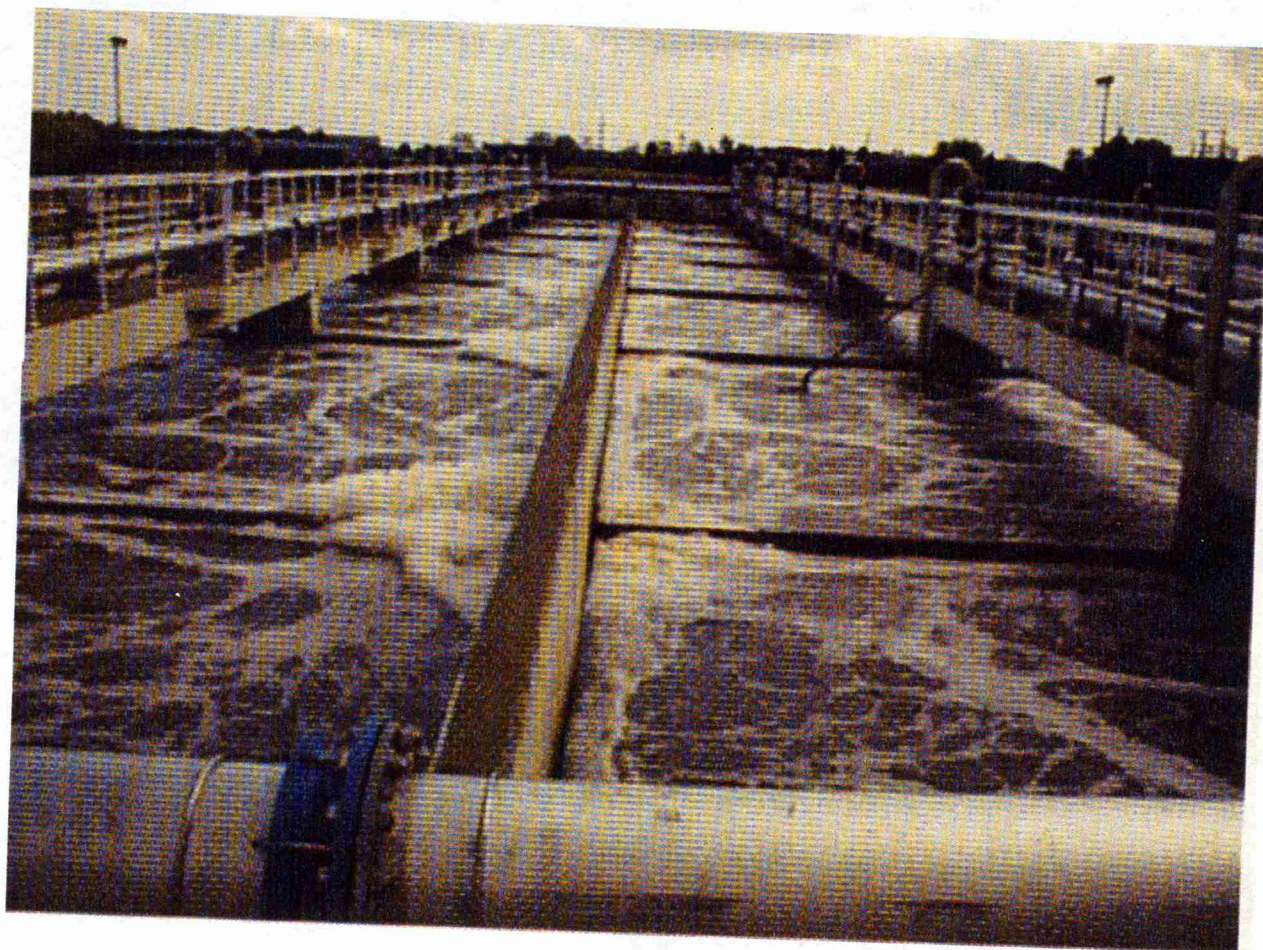
ОБРАТНООСМОТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ФИРМЫ JUDO



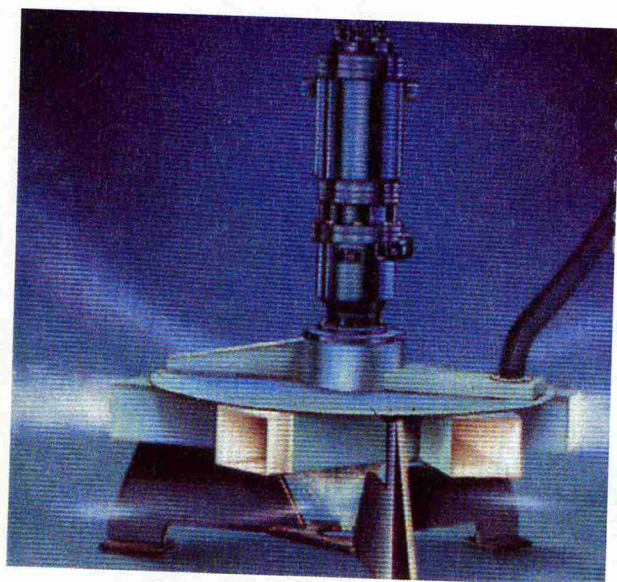
Обратноосмотические установки фирмы BWT



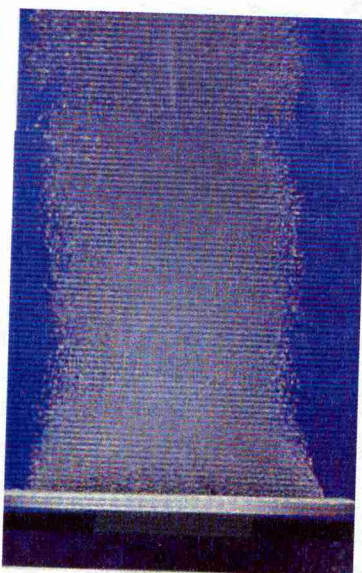
БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ В АЭРОТЕНКЕ



Коридорный аэротенк - смеситель



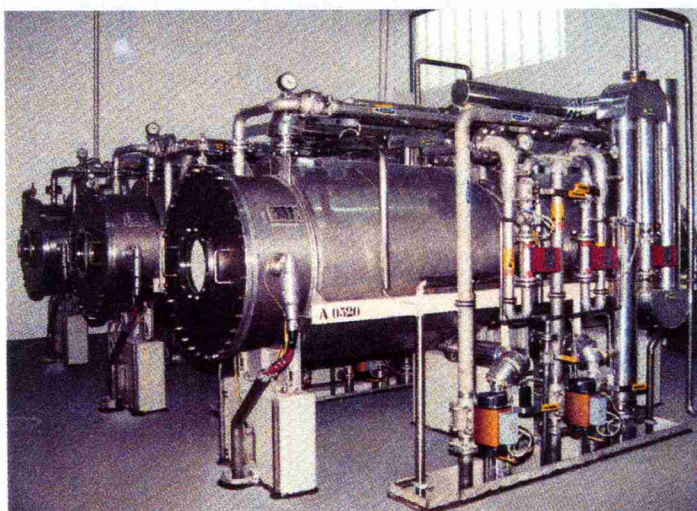
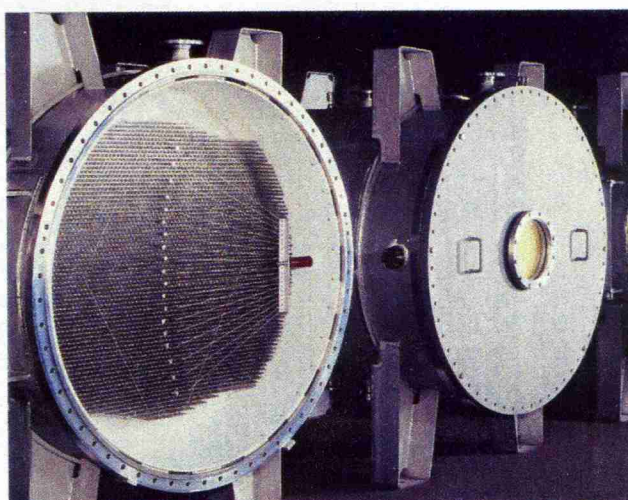
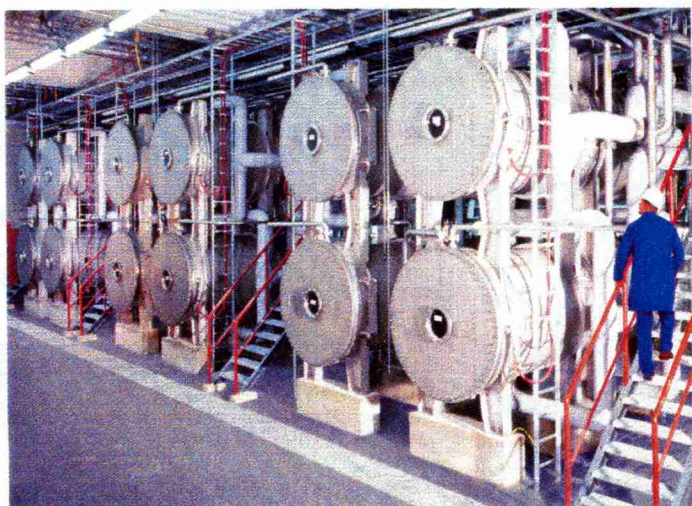
Механический аэратор
NORON (Финляндия)



Пневматический дисковый
аэратор NORON (Финляндия)

Варианты аэрирования воды в аэротенках

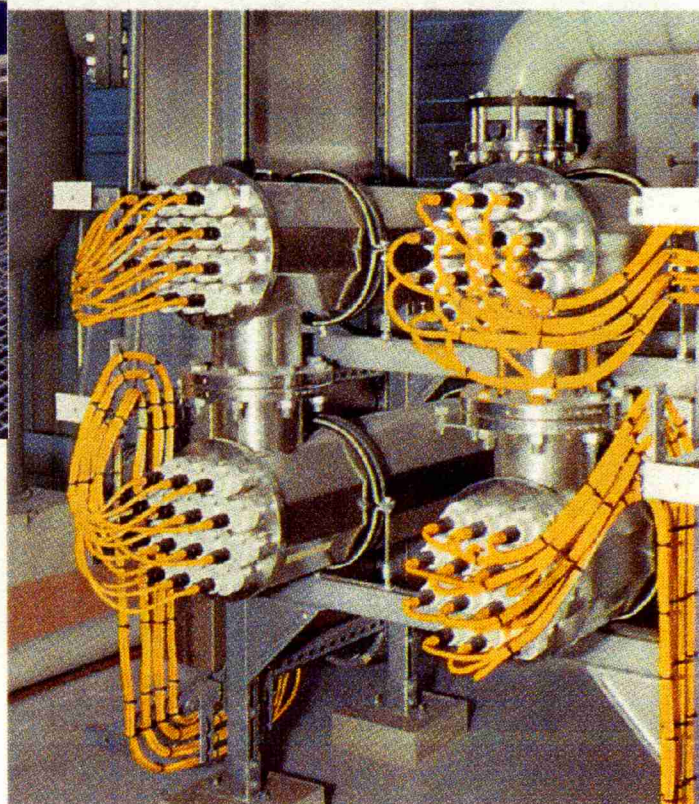
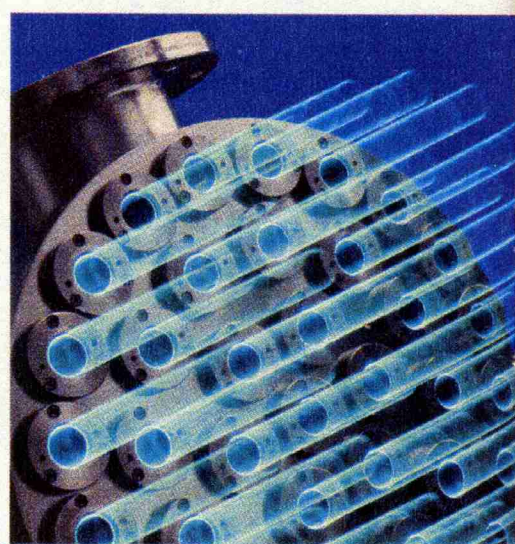
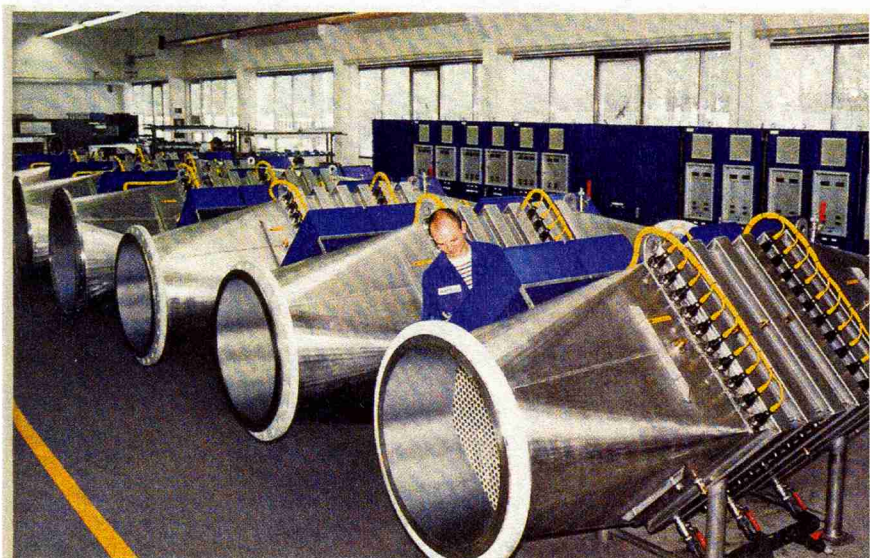
ОЗОНАТОРНЫЕ УСТАНОВКИ ФИРМЫ WEDECO (ГЕРМАНИЯ)



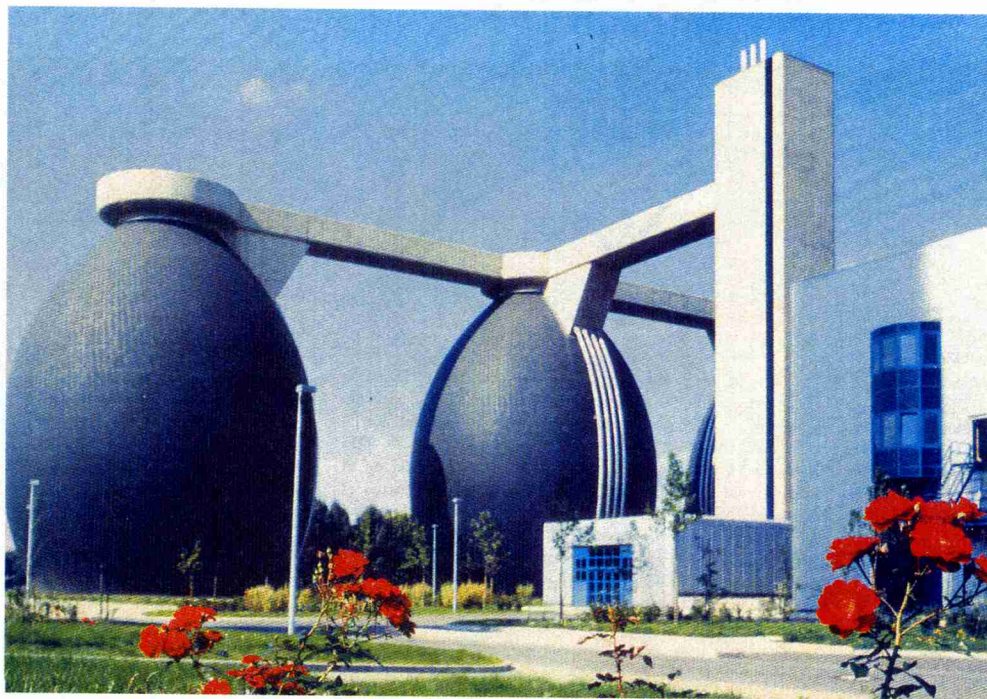
**Насыщение воды озоном
дисковым пористым элементом
в контактных камерах**



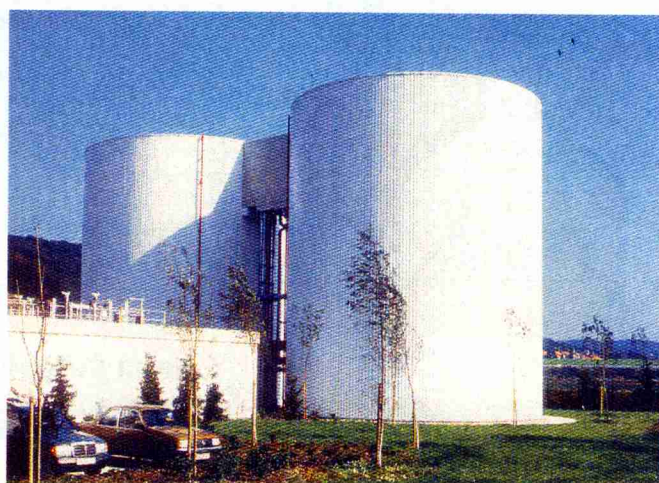
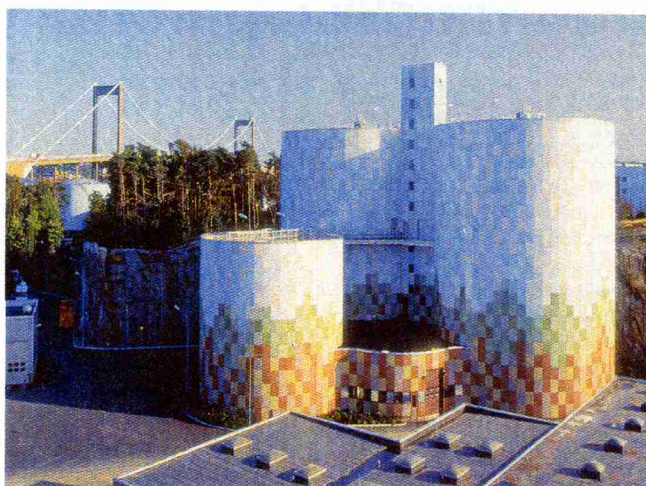
УСТАНОВКИ УЛЬТРАФИОЛЕТОVOГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ ФИРМЫ WEDECO (ГЕРМАНИЯ)



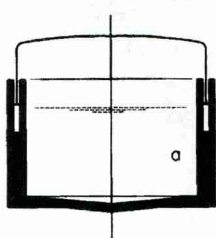
АНАЭРОБНОЕ СБРАЖИВАНИЕ В МЕТАНТЕНКАХ



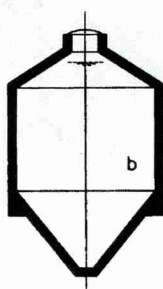
Яйцевидные метантенки (egg- shaped)



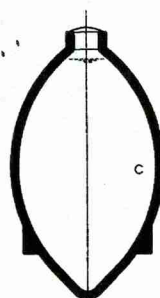
Англо-американская конструкция метантенков



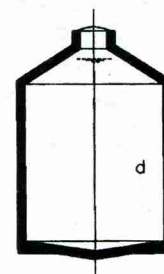
anglo-american



classical



egg-shaped



european-plain

Разновидности конструкций метантенков

ДЕКАНТИРУЮЩИЕ ЦЕНТРИФУГИ ФИРМЫ FLOTTWEG (ГЕРМАНИЯ)

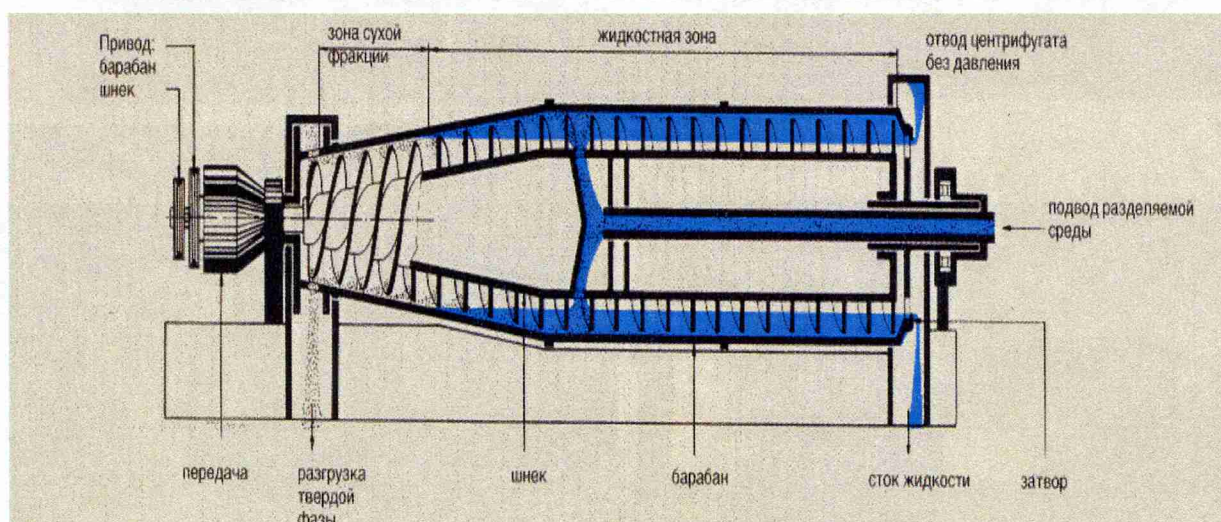


Схема устройства декантатора

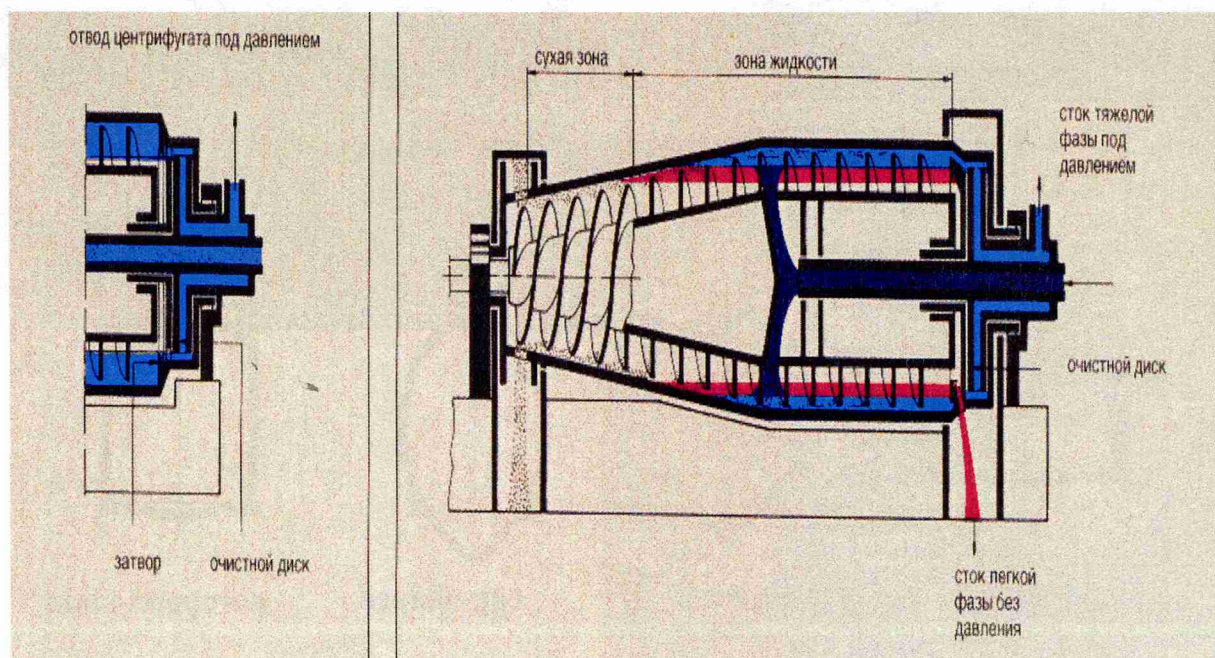
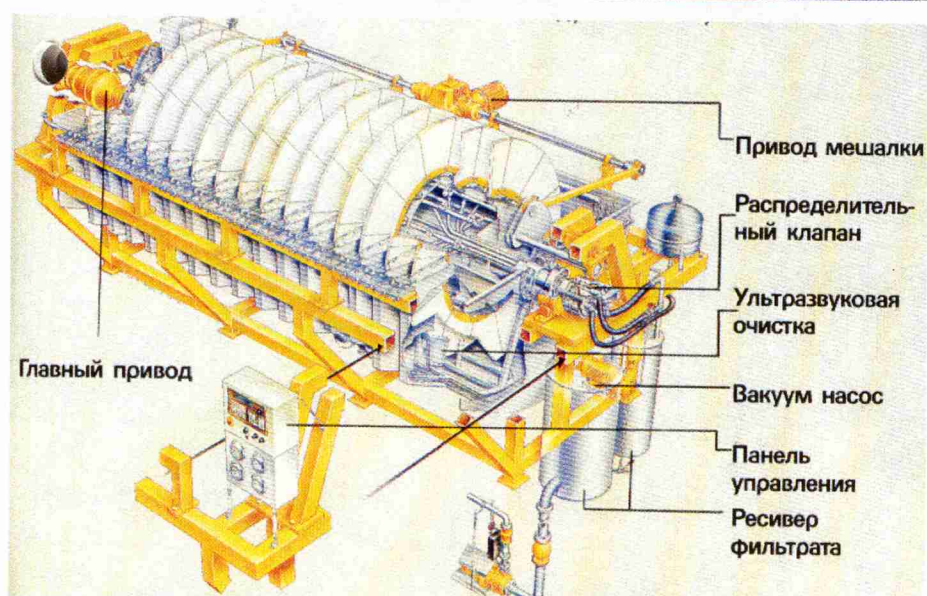
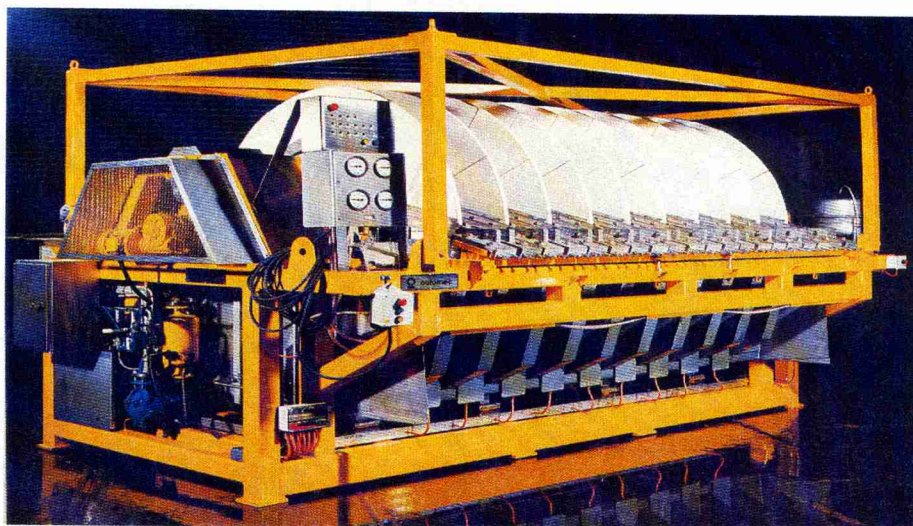
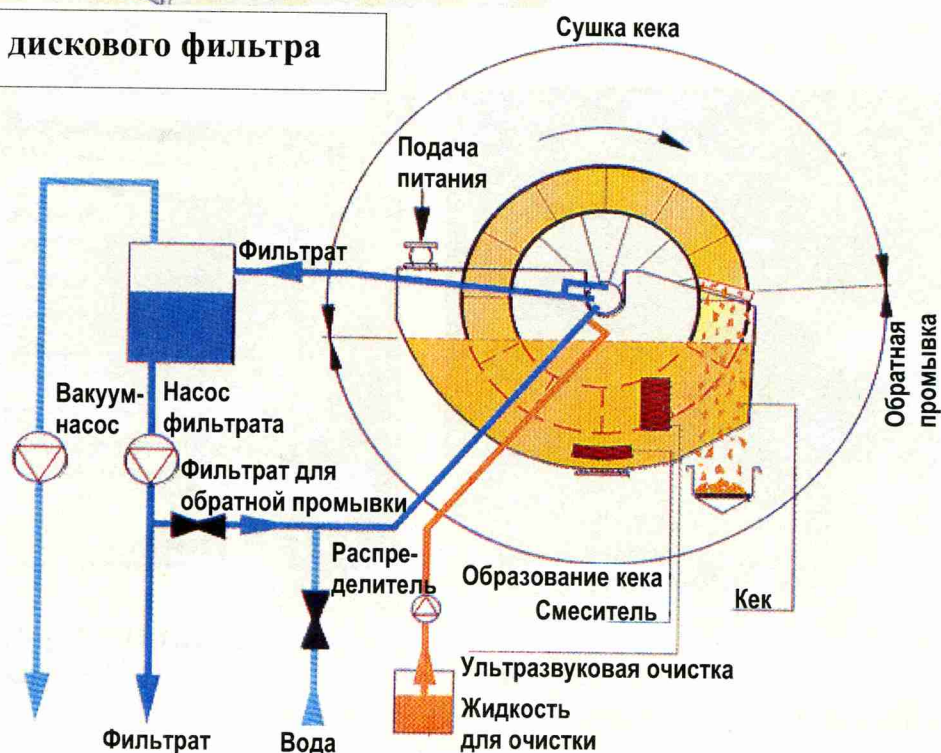


Схема устройства трикантатора

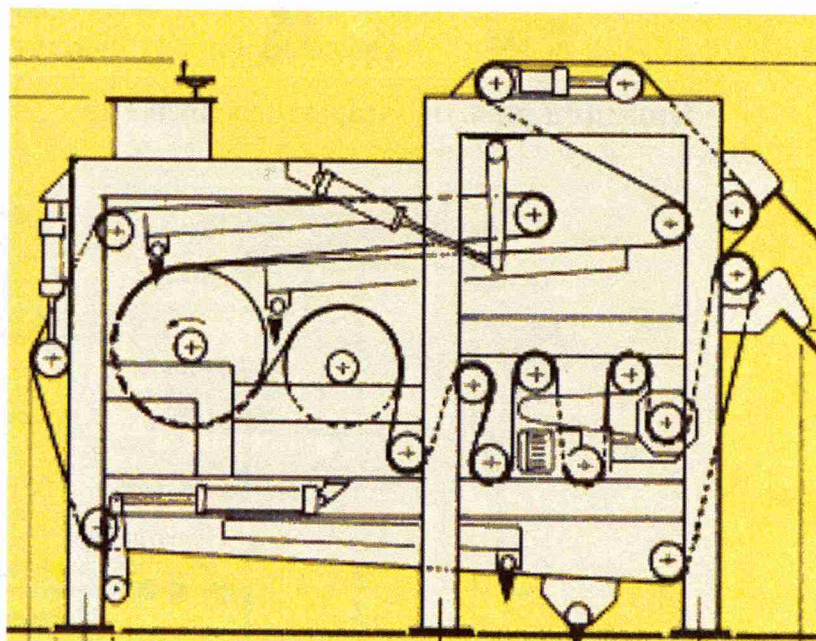
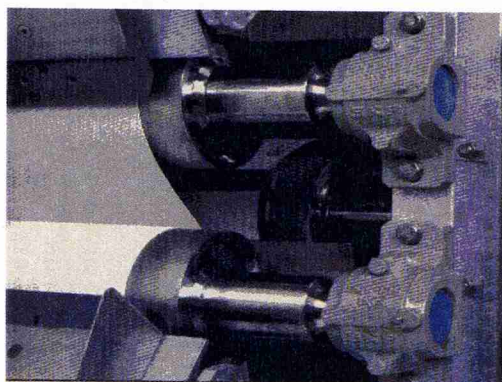
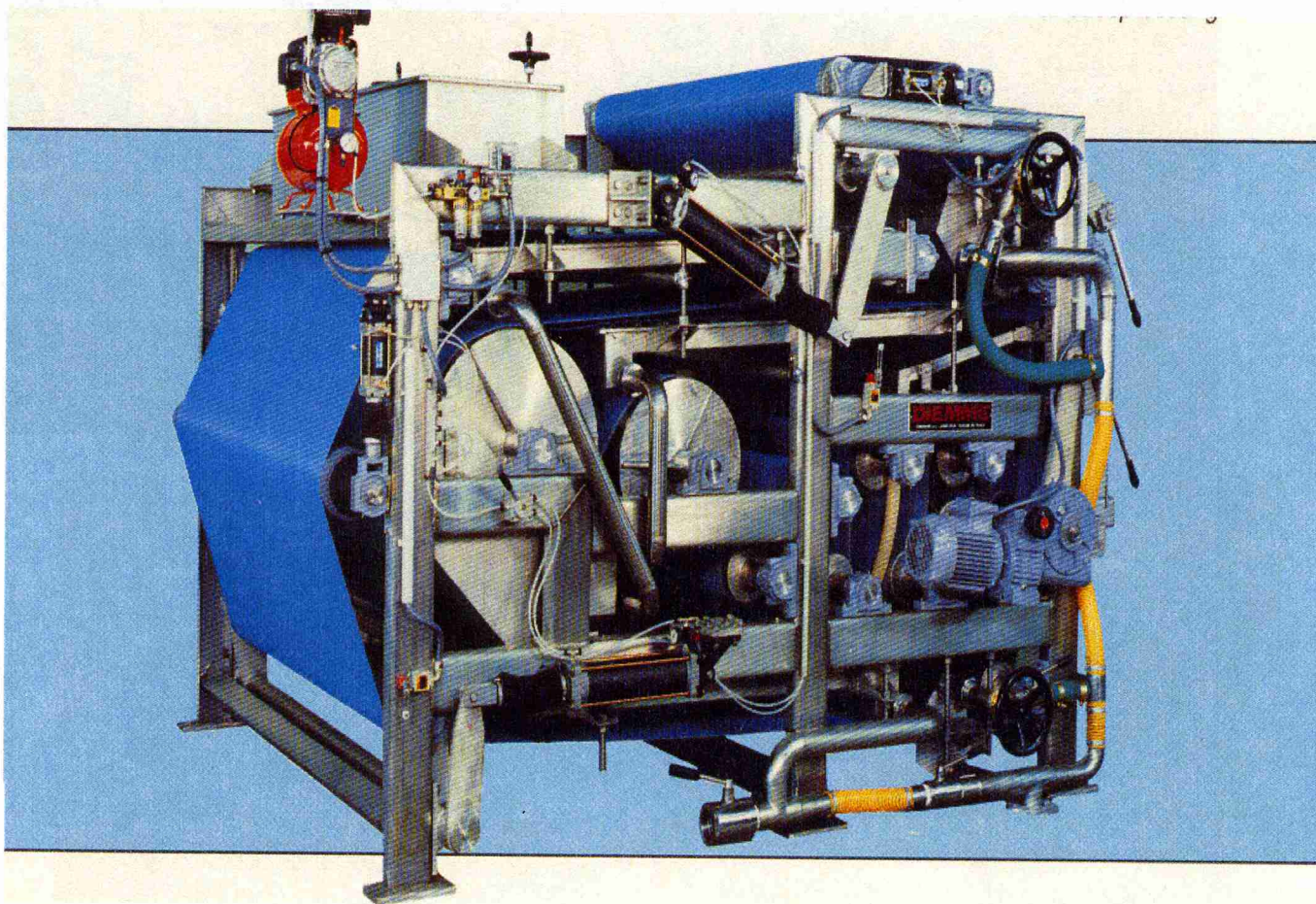
ВАКУУМНЫЙ ДИСКОВЫЙ ФИЛЬТР КЕРАМЕК КОМПАНИИ OUTOKUMPU MINTEC (ФИНЛЯНДИЯ)



Принцип работы дискового фильтра



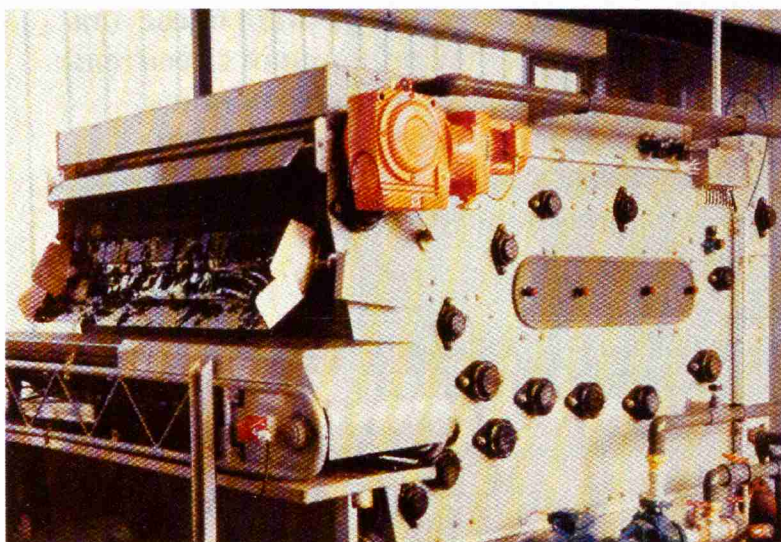
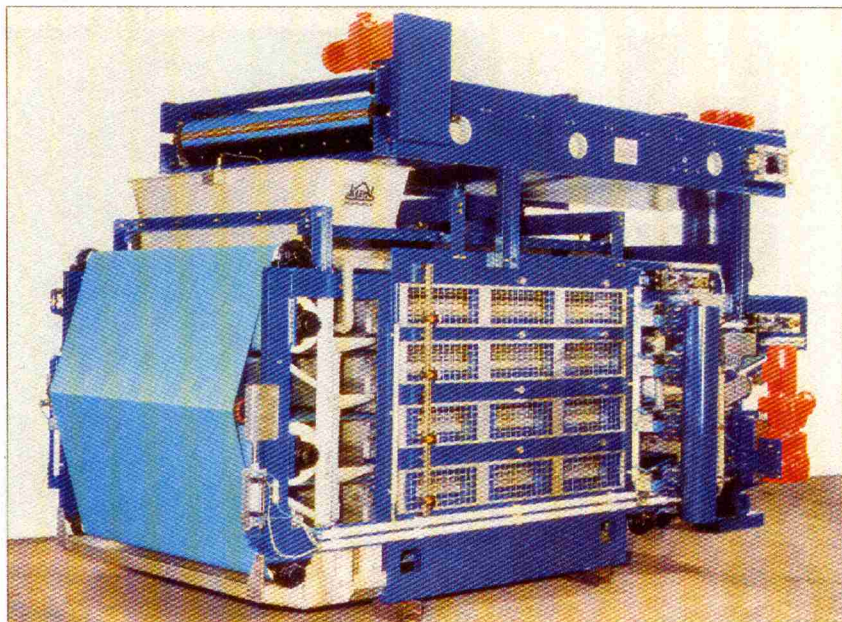
ЛЕНТОЧНЫЙ ФИЛЬТР - ПРЕСС ФИРМЫ DIEMME (ГЕРМАНИЯ)



Принцип работы ленточного
фильтра

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОСАДКОВ ФИРМЫ KLEIN (ГЕРМАНИЯ)

**Ленточный пресс высокого
давления НР**



**Ленточный ситовой
пресс KS**

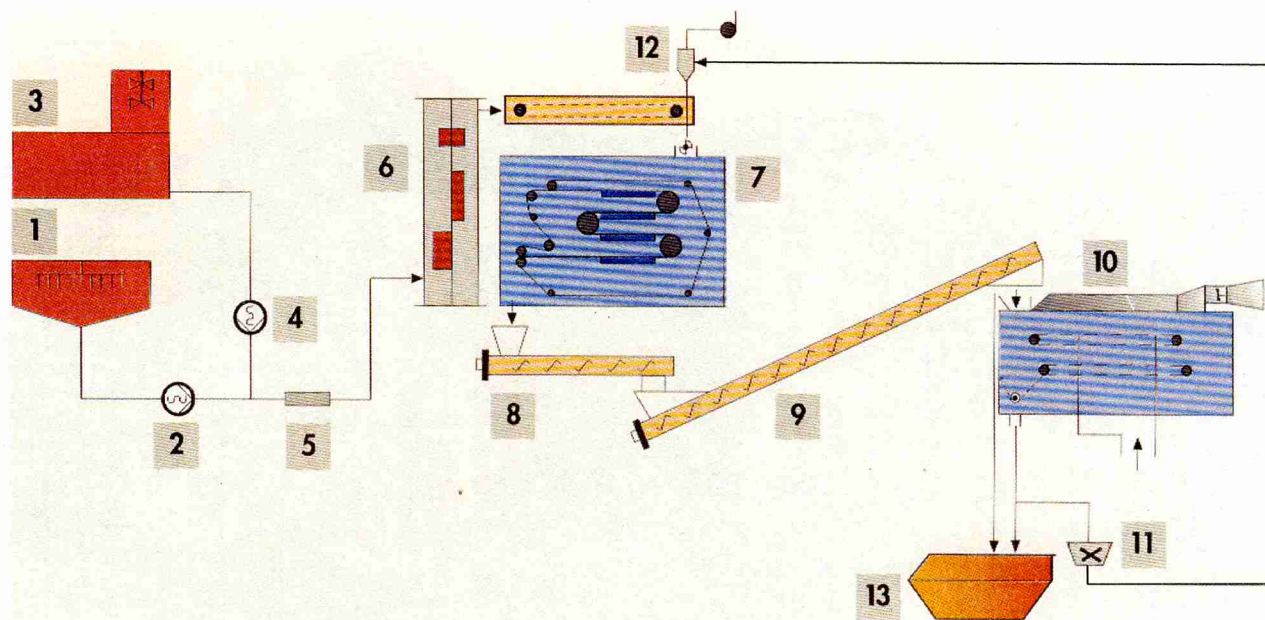


Воздухосушка ККК



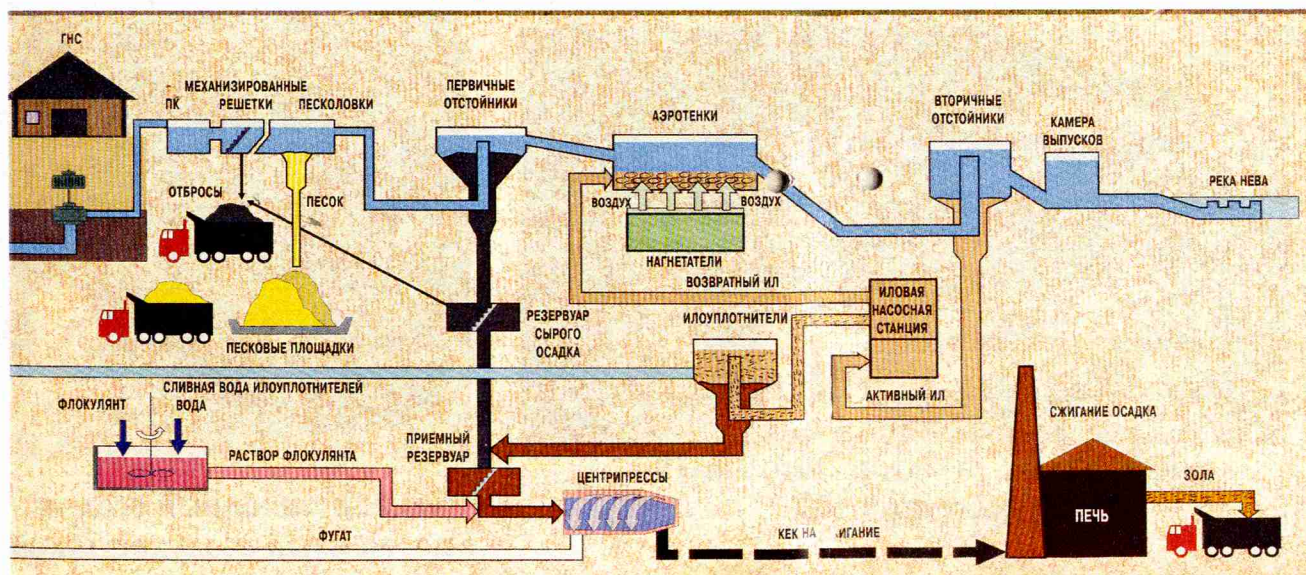
**Канализационный осадок
высушенный воздуходсушкой**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОБРАБОТКИ КАНАЛИЗАЦИОННОГО ОСАДКА КОМПАНИИ KLEIN (ГЕРМАНИЯ)

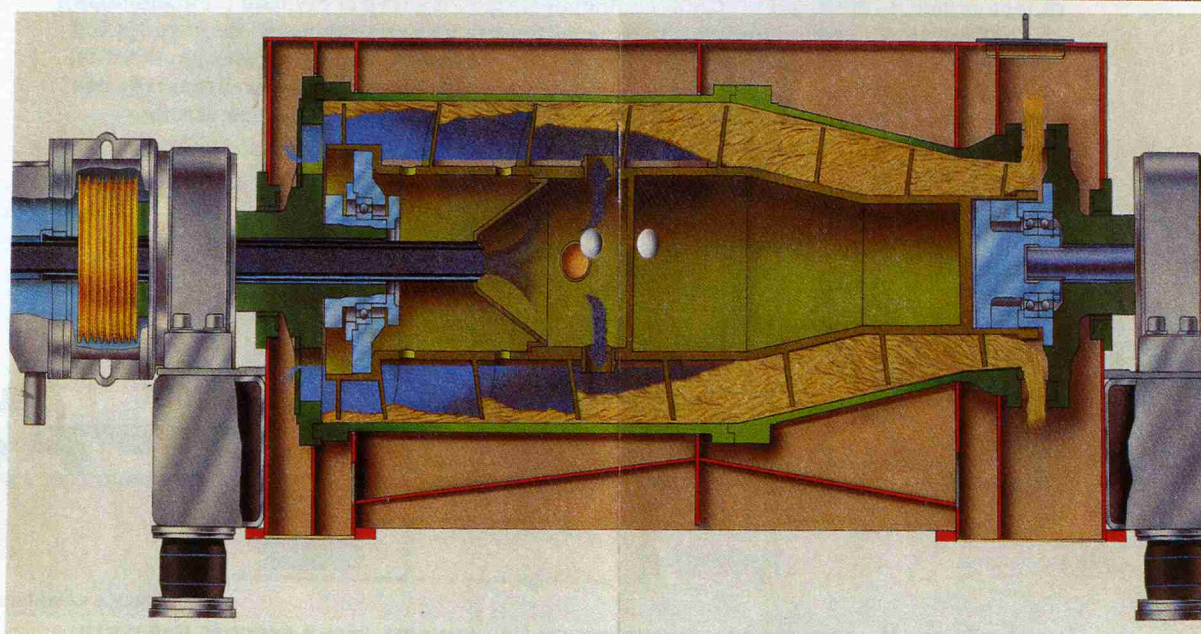
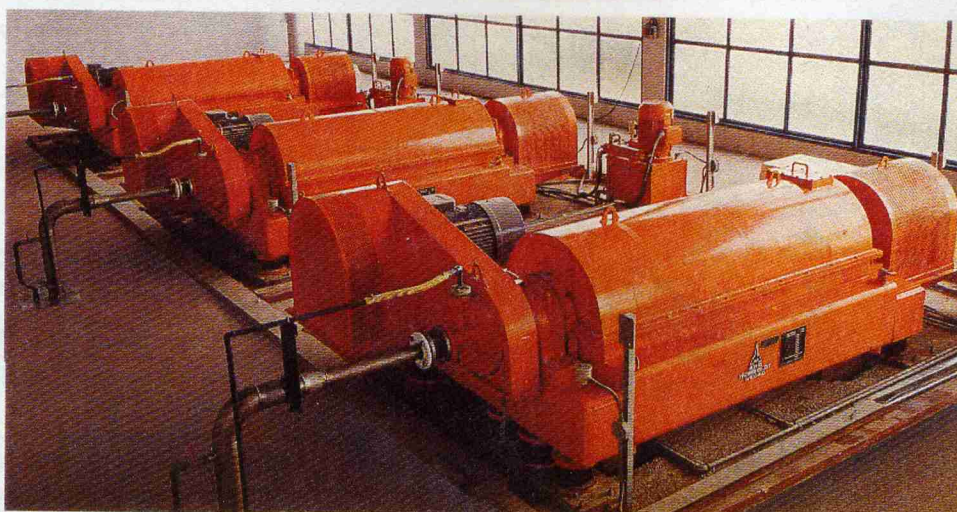


- 1- осадкоуплотнитель; 2- дозировочный насос для осадка;
3- приготовление раствора коагулянта; 4- дозировочный насос для раствора коагулянта; 5- вариосмеситель; 6- реакционный смеситель;
7- ленточный пресс высокого давления; 8- лопастной шнек;
9- шнек для гранулята; 10-воздухосушилка; 11-дробилка;
12- резервуар для хранения дробленого продукта; 13- контейнер для сухого спрессованного продукта.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОЧИСТКИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СТОЧНЫХ ВОД И ОБРАБОТКИ ОСАДКА ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА



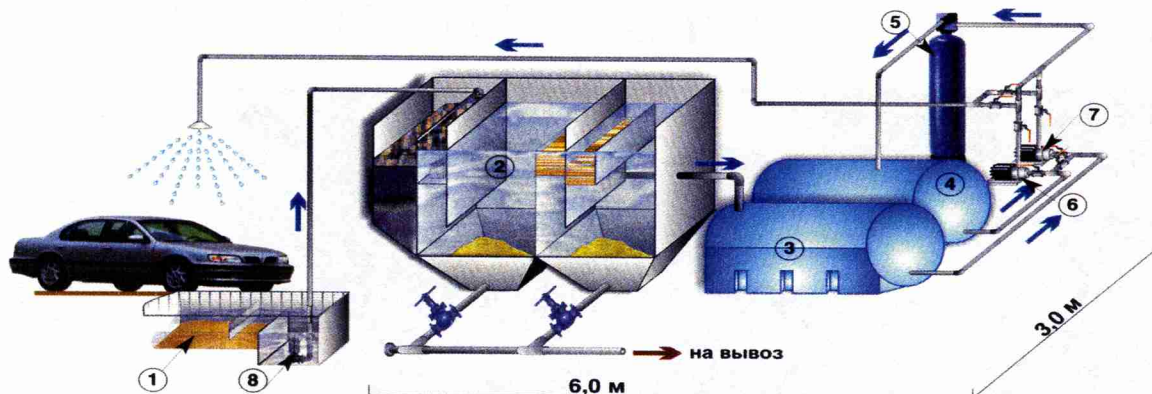
ЦЕНТРИПРЕСС ДЛЯ ОБРАБОТКИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОСАДКОВ ФИРМЫ HUMBOLDT WEDAG (ГЕРМАНИЯ)



Внутреннее устройство и
принцип работы центрипресса

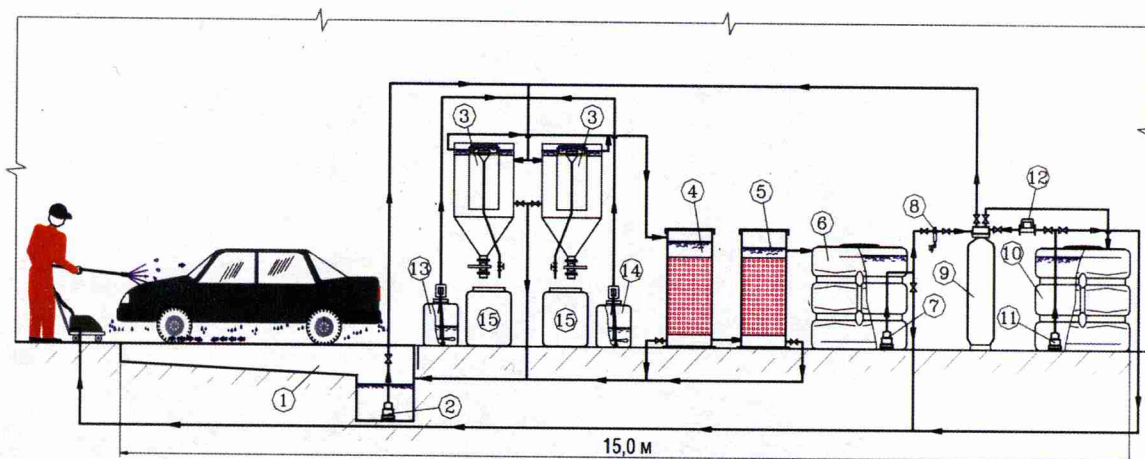
СХЕМЫ ЛОКАЛЬНОЙ ОЧИСТКИ СТОКОВ КОМПАНИИ НВР (РОССИЯ)

ОЧИСТКА СТОКОВ МОЙКИ АВТОМАШИН



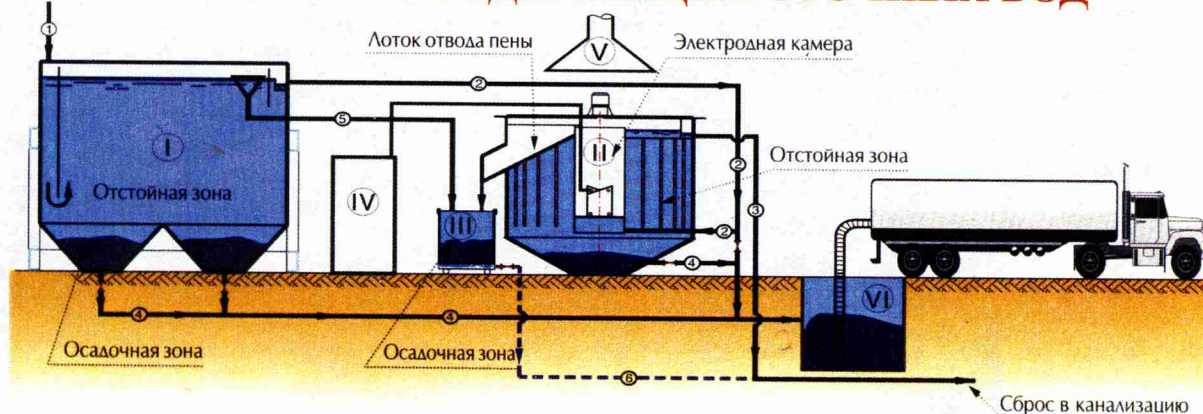
- 1 - песколовка с приемком; 2 - установка "ОСМА-0.6" в том числе: электродная камера, вторичный отстойник, бункеры сбора осадка, отсек сбора пенного продукта, фильтр грубой очистки; 3 - бак чистой воды; 4 - бак доочищенной воды; 5 - фильтр доочистки; 6 - насос подачи воды на фильтр доочистки; 7 - насос подачи воды на мойку; 8 - насос подачи воды на очистку.

ОЧИСТКА МОЕЧНОГО И ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКОВ



- 1 - песколовка с приемком; 2 - насос подачи стоков на очистку; 3 - открытый гидроциклон; 4 - фильтр I ступени (безнапорный); 5 - фильтр II ступени (безнапорный); 6 - резервуар условно чистой воды; 7 - насос подачи воды на мойку; 8 - фильтр грубой очистки; 9 - фильтр доочистки (напорный); 10 - резервуар чистой и промывной воды; 11 - насос подачи воды на мойку и промывку фильтра; 12 - насос-повыситель; 13 - бак сернокислого алюминия; бак полиакриламида; 15 - емкость сбора осадка.

ОЧИСТКА ЖИРОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД



- I - отстойник; II - электрофлотокоагулятор; III - емкость сбора пенного продукта; IV - выпрямительный агрегат; V - вытяжной зонт; VI - емкость сбора осадка; 1 - подача стоков на очистку; 2 - трубопровод отстоенной воды; 3 - трубопровод очищенных стоков; 4 - трубопровод осадка и опорожнения; 5 - трубопровод отвода пены; 6 - трубопровод отвода фильтрата.