



УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД

QUALITY IMPROVEMENT

OF NATURAL

WATER RESOURCES



Tempus



SWAN

Улучшение качества природных вод

учебное пособие

Ташкент 2013 г.

Улучшение качества природных вод. доц. Махмудова И.М – Ташкент, ТИМИ, 2013г.

Данное учебное пособие подготовлено в рамках проекта программы Темпус Европейского Союза Tempus-SWAN (158982-TEMPUS-1-2009-1-ES-TEMPUS-JPCR): «Towards Sustainable Water Resources Management In Central Asia». В учебном пособии представлены основы управления водными ресурсами на уровне бассейнов и отдельных участников водохозяйственного комплекса (поля) в Центральной Азии.

Материалы публикации адрес- ованы научным и практическим работникам, преподавателям и студентам, а также широкому кругу специалистов, интересующихся проблемами использования и управления водными ресурсами в Центральной Азии.

Оглавление

Введение	5
Глава 1. Источники водоснабжения.	6
1. Значение воды	6
2. Источники водоснабжения	7
2.1 Поверхностные воды	7
2.2 Подземные воды	8
Глава 2. Требования к качеству воды.	10
1. Требования к качеству питьевой воды	10
2. Требования, предъявляемые к качеству воды предприятиями.	16
3. Требования, предъявляемые к качеству воды для животных.	18
4. Анализ воды.	19
Глава 3. Улучшение качества воды	20
1. Понятие «очистка» и «спецобработка воды».	20
2. Основные способы очистки воды.	21
3. Осветление воды	22
3.1 Основные способы осветления воды.	22
3.2 Закономерности выпадения взвеси.	22
3.3 Реагенты. Процесс коагуляции	26
3.4 Реагентное хозяйство	28
3.5 Смесители	28
3.6 Камеры реакции.	31
4. Отстаивание воды	33
4.1 Отстойники. Горизонтальные, вертикальные и радиальные отстойники. Устройство, режим работы.	33
4.2 Осветление воды в слое взвешенного осадка.	39
5. Фильтрация	40
5.1 Медленные фильтры. Устройство, периоды работы. Достоинства и недостатки медленных фильтров	42
5.2 Скорые фильтры. Устройство, периоды работы.	44
6. Обеззараживание воды	47
6.1 Хлорирование	47
6.2 Бактерицидное облучение	48
6.3 Озонирование	50
7. Современные сооружения по очистке природных вод	51
8. Спецобработка воды. Основные способы.	57
8.1 Умягчение	58
8.2 Обезжелезивание.	63
8.3 Стабилизация	66
8.4 Обессоливание	67
8.5 Дегазация	73
8.6 Фторирование и обесфторирование	75
8.7 Современные методы спецобработки природных вод	79
9. Компонировка очистной станции	81
10. Эксплуатации сооружений очистной станции	84
Глава 4. Биологическая очистка сточных вод в естественных	87

условиях.	
1. Поля орошения и поля фильтрации	87
2. Биологические пруды	89
Глава 5. Сооружения для локальной очистки сточных вод.	91
1. Сооружения механической очистки	91
2. Сооружения биологической очистки.	96
Глава 6. Общие схемы сооружений по очистке сточных вод.	100
1. Общие компоновочные решения очистных сооружений.	100
2. Технологические схемы очистных сооружений малых городов и поселков.	102
 Список использованной литературы.	 107

Введение

Для обеспечения населения и предприятий водой питьевого качества необходимы специалисты по проектированию строительству и эксплуатации очистных сооружений.

Целью изучения предмета является получение студентами необходимых знаний и использование их после завершения учебы в разных отраслях народного хозяйства, обеспечивающих снабжение качественной водой и своевременный вывод сточных вод из населенных пунктов и их очистку.

Основной задачей является, на основе изучения качества воды в источниках питьевого водоснабжения и возможных источников их загрязнения для решения экологической проблемы, правильно выбрать способы очистки природных и сточных вод, запроектировать станцию по очистке воды. При решении этой задачи необходимо использовать современные физико – химические и биологические способы очистки, предусмотреть защиту водных ресурсов от возможных загрязнений. Проблема «чистой воды» с каждым годом становится все серьезнее и приобретает возрастающее экономическое, социальное и экологическое значение. Безвозвратное водопотребление и угрожающее загрязнение природных вод вносит весьма существенные, необратимые изменения в водный баланс и экологические условия все более обширных районов.

Охрана и очистка воды, борьба с ее истощением ложатся тяжелым бременем на промышленное и сельскохозяйственное производство, удорожая стоимость продукции. Для предотвращения водного кризиса требуется усилия многих стран мира по разработке долгосрочных проектов обеспечения каждого жителя планеты чистой водой.

ЧАСТЬ 1. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ ВОД.

Глава I. Источники водоснабжения.

1. Значение воды

Известно, что из 1,5 млрд. км³ воды на земле, только 0,025 % т.е. 360 тыс. км³ пресной воды.

Любой живой организм в основе состоит из воды. Например, растения на 80 – 90 % состоят из воды. Организм животных и людей на 70 % состоит из воды. Человеческий мозг содержит до 80 % своего веса в виде специально сформированной чистой воды. Человеческий организм не может существовать без воды.

Каждая клеточка нашего организма требует воды. Если клетка высыхает, ее работа прекращается. Даже кислород не может быть поглощен легкими, если их поверхность не будет влажной.

Пища не может быть усвоена без воды. С ее помощью идет превращение белков, крахмалов и жиров в пищу, необходимую для нормальной работы желудка и выводу отработанных масс из организма.

Почки и мочевой пузырь, кожа и легкие – все они не могут освобождаться от ядов без воды. Альвеолы легких функционируют нормально только будучи влажными. Слизистые носа, горла, трахеи и бронхов также всегда должны быть влажными. Организм теряет при дыхании до 0,5 литра воды. Если воздух сухой, это цифра может увеличиваться.

Вода испаряется через кожу в больших количествах. Почкам требуется много воды. Каждый литр воды проходящий через почки, выводит из организма 9 граммов отходов. Уровень воды (или мочи) никогда не должен падать ниже 0,25 литра. Почки никогда не прекращают свою работу и постоянно требуют воду.

Из всего объема воды в организме 70 % внутри кровеносных сосудов, 25 % - межтканевая жидкость, которая омывает клетки. Кровь гуще воды на десять процентов. Плазма крови состоит на 80 процентов из воды, и это позволяет ей свободно циркулировать по всему телу. Плазма переносит пищу и газы, неорганические соли и питательные вещества и т.д.

Все необходимое клеткам человеческого организма приносится плазмой, включая те материалы, при помощи которых клетка строит себя.

Любые процессы в организме происходят с помощью плазмы.

Все указанное выше показывает важнейшую роль воды в любых условиях.

По данным ЮНЕСКО почти у каждой страны есть проблемы с водоснабжением из-за дефицита источников пресной воды высокого качества. Исследования выявили достоверную связь между заболеваниями печени, желчного пузыря, поджелудочной железы, прочими заболеваниями и величиной нагрузки вредных примесей в питьевой воде. Существует связь между применением минеральных удобрений и пестицидов и преждевременными родами, психическими расстройствами, проявлениями старческого маразма и т.д.

По данным ВОЗ только 11 % населения Азии обеспечено водой питьевого качества. Обеспеченность водопроводом и канализацией и того меньше.

2. Источники водоснабжения.

2.1. Поверхностные источники.

К поверхностным источникам относятся: реки, каналы, озера, водохранилища.

В результате круговорота в природе вода поступает через горные породы либо вниз и заполняет породы, либо выклинивается на поверхность и по саям, рекам поступает в моря. Вода поверхностных источников никогда не бывает прозрачной из-за наличия в ней взвешенных веществ (частиц глины, песка, ила, органических взвесей и т.п.). размеры частиц взвешенных веществ от $2 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-6}$ мм (коллоидные частицы) до 1 мм (крупные дисперсные частицы). Количество взвешенных веществ в 1 л воды от нескольких миллиграммов доходит до десяти тысяч миллиграмм.

Наименьшая мутность воды поверхностных источников наблюдается в зимнее время, резко повышается весной в период паводка и в период сильных дождей. Реки Средней Азии характеризуются большим содержанием

взвешенных веществ и относятся к мутным (250 – 1500 мг/л). К рекам с большой мутностью также относятся Хуанхе, Нил, Амазонка, Хинд, Ганга, Миссисипи и др. Воды поверхностных источников пресные, хотя в настоящее время в некоторых из них минерализация более 1 г/л. В Амударье, Сырдарье, Зеравшане минерализация 2 и более г/л, содержание органических веществ 180 мг/л и более.

Вода озер имеет минерализацию от 30 мг/л до 5820 мг/л (Иссык-Куль).

2.2 Подземные источники.

К подземным источникам относятся грунтовые и артезианские воды, родники. Подземные воды образуются в порах горных пород (водоносные породы- пески, гравий, галечник, песчаник). Для питьевых целей используются в основном артезианские воды, расположенные между двумя водоупорами. Эти воды полностью заполняют пласт и в основном напорные. Грунтовые воды могут быть использованы в питьевых целях при удовлетворительном качестве и достаточном количестве.

Подземные воды являются прозрачными, не нуждаются в осветлении и рекомендуются для использования в качестве источника для питьевых целей.

В составе подземных вод органические вещества содержатся в малом количестве, минеральные соли и растворенные газы в большом. Запас подземных вод в 5-ти км. толще составляет 60 млн.км³, минерализация подземных вод колеблется от 0 до 250 г/л.

Источник водоснабжения выбирается на основании технико – экономического расчета в соответствии с действующим стандартом О'zDst 951-2011 Источники централизованного хозяйственно – питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.

При выборе источника водоснабжения необходимо руководствоваться Законом Республики Узбекистан «О воде и водопользовании» и КМК 2.04.02-97 «Водоснабжение наружные сети и сооружения». Согласно этим нормативно – техническим документам подземные воды питьевого качества должны в первую очередь использоваться для хозяйственно – питьевых целей

и их использование для других целей ограничено и разрешается специальными органами.

Для производственных целей и для полива используются в основном поверхностные воды, так как эти воды в основном пресные и в достаточном количестве.

ГЛАВА 2. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ.

1. Требования к качеству питьевой воды.

Качество воды, пригодной для питьевых хозяйственных и технических целей зависит от содержания в ней различных растворенных и нерастворенных минеральных и органических примесей и определяется совокупностью ее физических, химических свойств. Вода пригодная для хозяйственно – питьевых целей должна удовлетворять требованиям **O'zDst 950: 2011 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством»**. Требования к воде для технических целей устанавливаются различными ведомственными нормами и техническими условиями.

В 1785 г. Французский физик Лавуазье, а в 1805 г. немецкий естествоиспытатель А. Гумбольт и французский исследователь Гей – Люссак определили состав воды – два объема водорода и один кислорода (H_2O) - молекулярный вес 18.

Органолептическими признаками, определяющими пригодность воды для водоснабжения могут служить ее физические свойства: прозрачность, цвет, запах, вкус и температура. Вода питьевого качества должна быть прозрачной, бесцветной, не иметь никакого постороннего запаха и привкуса и не содержать болезнетворных бактерий. Температура воды должна быть в течение года по возможности равномерной, притом наилучшей с точки зрения повышения продуктивности животноводства считается температура $7 - 12^{\circ}$.

Прозрачность зависит от количества содержащихся в ней взвешенных примесей, а ее цвет от находящихся в ней различных растворимых и нерастворимых веществ.

Прозрачность воды – это предельная высота столба воды (см), через который можно читать текст, набранный стандартным шрифтом (высота букв 3,5 мм). Прозрачность питьевой воды должна быть не менее 30 см.

Измеряется цветность в градусах по так называемой платино-кобальтовой шкале путем сравнения с водой, имеющей эталонную цветность.

Цветность и окраска поверхностных вод вызывается присутствием гуминовых веществ и соединений 3^{-x} валентного железа. Гуминовые вещества

– органические соединения, образующиеся в процессе химического и биологического разложения остатков растений. Цветность питьевой воды не должна превышать 20⁰.

Запах воды указывает на содержание в ней газов или органических веществ. Неприятный привкус указывает на наличие солей, растительных веществ и продуктов гниения. Запах измеряется в баллах. По ГОСТу питьевая вода при температуре 20⁰ и при подогревании до 60⁰ не должна иметь запах более 2-х баллов и привкус более 2 баллов.

Мутность – характеристика обратная прозрачности.

Мутность природной воды обусловлена присутствием примесей, которые могут содержаться в различном состоянии: а) во взвешенном – в виде отдельных частиц; б) в коллоидном; в) в растворенном.

Нерастворенные и коллоидные вещества неорганического происхождения:

- глина, песок, гидроксил железа и органического происхождения;
- ил, микроорганизмы, планктон, нефтепродукты придают воде мутность.

Мутность обычно свойственна воде поверхностных источников и главным образом рек.

Мутность зависит от характера грунта и берегов рек и от скорости течения воды. Мутность воды в поверхностных источниках меняется в течении года, возрастает в период дождей и достигает максимума в период паводках. Наименьшая мутность речной воды наблюдается в зимнее время, когда река покрыта льдом. Мутность некоторых рек достигает нескольких тысяч мг/л.

Согласно ГОСТ (O'zDst 950 : 2011) количество взвешенных веществ в воде для хозяйственно – питьевых целей не должна превышать 1,5 мг/л. Мутность воды определяется специальными приборами – мутномерами, фотоэлектрокалориметрами, нефелометрами.

Общая минерализация(сухой остаток)- общее количество веществ(кроме газов),содержащихся в воде в растворённом состоянии. Сухой остаток получают в результате выпаривания профильтрованной воды и высушивания задержанного остатка до постоянной массы при T=110⁰ С. В воде,

используемой для хозяйственно-питьевых целей, сухой остаток не должен превышать 1000мг / л, в особых случаях-1500мг /л. Сухой остаток лимитируется также в воде, поступающей для питания паровых котлов, и в воде, используемой в целом ряде производств.

Хлориды и сульфаты, благодаря своей высокой растворимости, присутствуют во всех природных водах обычно в виде натриевых, кальциевых и магниевых солей. При значительном их содержании вода становится агрессивной по отношению к бетону. Для хозяйственно-питьевой воды предельно допустимое содержание хлоридов -мг/ л, сульфатов -г/ л.

Подземные воды характеризуются минерализацией от 0 до 250 г/л. В водах морей и океанов на каждые 1000 г (1 л) воды приходится в среднем 35 г различных солей. Так:

в Атлантическом океане 35 – 37 г

в Северном Ледовитом океане 32,3 г

в Японском море 34 г

в Северном море 34,3 г

в Черном море 18 г

в Азовском море 10 г

в Балтийском море 20 г

в Красном море 32 – 42 г

в Средиземном море 37 – 39 г.

Жесткость воды. Наличие в воде минеральных веществ в виде солей кальция и магния придает ей, так называемую, жесткость, которую принято измерять в мг.экв/л, либо в градусах жесткости – немецких ($^{\circ}\text{H}$), французских ($^{\circ}\text{F}$) и т.д.

1 $^{\circ}$ жесткости соответствует содержанию в 1 л воды 10 мг окиси кальция (CaO) или 14 мг окиси магния (MgO). Мг.экв/л – количество солей, обуславливающих жесткость в мг/л, разделенное на соответствующих им эквивалентный вес. Для перевода градусов жесткости в мг.экв./л необходимо жесткость в градусах разделить на 2.804 (мгэкв/л – мгэкв/дм³). Степень

жесткости природных вод: мягкая < 4 мгэкв/л; жесткая $8 - 12$ мгэкв/л; средней жесткости $4 - 8$ мгэкв/л; очень жесткая > 12 мгэкв/л. Жесткость речных вод обычно невысока ($1 - 6$ мгэкв/л). Однако, из-за роста антропогенного влияния резко выросла жесткость воды поверхностной воды, в низовьях р. Амударьи достигает $16 - 18$ мгэкв/л.

Жесткость питьевой воды согласно ГОСТ (O'zDst 950 : 2011) не должна превышать 7 мгэкв/л.

Жесткая вода не пригодна для систем оборотного водоснабжения, для питания паровых, котлов, для производства высокосортной целлюлозы, искусственного волокна и т.д.

Концентрация ионов водорода pH характеризует кислотность водного раствора.

Вода характеризуется по степени кислотности: $pH < 5,5$ – вода сильно-кислая

$pH 5,5 \div 6,5$ – слабо кислая

$pH 6,5 \div 7,5$ – нейтральная

$pH 8 - 10$ – слабо щелочная

$pH > 10$ – сильно щелочная

Согласно ГОСТ (O'zDst 950 : 2011) допускаемое pH питьевой воды 6-9.

Наличие в воде растворимых солей железа в количестве $0,2 \div 0,3$ мг в 1 л безвредно. При большем количестве под действием кислорода воздуха железо окисляется и выпадает в осадок в виде хлопьев желтого и коричневого цвета.

Содержание отдельных химических элементов:

Марганец – семивалентный ион марганца влияет на органолептические свойства воды – вызывает изменение окраски воды. Допускаемое содержание 0,1 мг/л, если больше, то ткань после стирки обретает коричневый оттенок. Концентрация не более 2 мг/л (ион Mn) вызывает изменения со стороны высшей нервной деятельности, накопление фосфора в костях. Остаточный алюминий не более 0,5 мг/л (алюминий в качестве коагулянта), фтор не более

1 мг/л, наименьшая распространенность кариеса при содержании фтора $0,7 \div 1,5$ мг/л.

Повышенная концентрация развивает другой недуг – флюороз – зубы темнеют, крошатся и ломаются (пятнистость зубной эмали). Обесфторивание-используют метод смешения подземных вод из богатых фтором водоносных горизонтов с водой, имеющей незначительную концентрацию фтора.

Свинец и мышьяк – элементы вызывающие заболевания у человека. (опасны случаи отравления свинцом при использовании свинцовых труб для водопровода). Сейчас запрещено применение свинцовых труб. Допускаемые содержание свинца (не более 0,03 мг/л). Мышьяк- допускаемое содержание не более 0,05 мг/л (известняки могут содержать мышьяковистое железо).

Бром обладает широким спектром действия на различные системы и функции организма, в том числе и на центральную нервную систему. Гигиеническим нормативом считается концентрация бора, равная 0,5 мг/л.

Серебро способствует длительному сохранению качества питьевой воды. Обогащение ионами серебра в концентрации 0,05 – 0,4 мг/л целесообразно.

Большая концентрация ($> 0,5$ мг/л) снижает иммунологическую активность организма – отмечались изменения сосудистой, нервной и глиозной ткани головного и спинного мозга. Эти дозы нарушали условнорефлекторную деятельность крыс. Концентрация серебра 0,05 мг/л и 0,005 мг/л подобных изменений не вызывали. Исследованиями была установлена предельно допустимая концентрация ионов серебра в воде – 0,05 мг/л.

Нитраты рассматривались долгое время как признак бытового загрязнения, т.к. нитраты является конечным продуктом распада органических веществ. Например, в загрязненных колодцах их содержание достигает 100 мг/л и более. Но повышенная концентрация была обнаружена и в природных подземных водах.

В организме человека (в кишечнике) нитраты восстанавливаются в нитраты под влиянием обитающих там бактерий. Всасывание нитритов ведет

к частичной инактивации гемоглобина. В основе заболевания лежит та или иная степень кислородного голодания (особенно у грудных детей – разведение смесей водой содержащей нитраты). Употребление воды, содержащей 2 – 11 мг/л нитратов не вызывает повышение в крови уровня метгемоглобина, тогда как концентрация 50 – 100 мг/л резко его увеличивает. Концентрация нитратов на уровне 10 мг/л (в пересчете на N) является безопасной.

Таблица 2.1: Классификация природных вод по физическим и химическим показателям

Наименование показателя	Название воды в зависимости от показателя	Показатель
Поверхностные воды		
Мутность, мг/л	Малой мутности Средней мутности Мутная Высокой мутности	до 50 50-250 25-1500 >1500
Цветность, град.	Малой цветности Средней цветности Высокой цветности	до 35 35-120 >120
Подземные воды		
Минерализация, г/л	Пресная Солоноватая Соленая Сильно соленая	до 1 1-3 3-10 10-15
рН	Щелочная Слабо щелочная Нейтральная Слабо кислая Кислая	11-14 8-10 7 4-6 1-3
Общая жесткость, мгэкв/л	Очень мягкая Мягкая Средней жесткости Жесткая Очень жесткая	до 1,5 1,5-3,0 3-6 6-9 >9
Железо и марганец, мг/л	Группа А Группа Б Группа В	Fe, Mg, минерал.Ш ₀ >2 Fe, Mg, минерал.Ш ₀ <0 Fe, Mg, органич.

Бактериальная загрязненность

Опасно наличие в воде органических веществ животного происхождения, в результате разложения которых образуются соли аммиака, азотистой и азотной кислот. Наличие этих веществ с одновременным содержанием хлора органического происхождения (до 300 мг/л наличие в воде хлора минерального происхождения безвредно и не ухудшает вкуса воды) указывает на загрязненность воды отбросами от животных. Необходима химическая обработка, т.к. возможно наличие возбудителей опасных заболеваний.

Бактериальная загрязненность воды характеризуется количеством бактерий содержащихся в мл. воды. Согласно ГОСТ питьевая вода не должна содержать более 100 бактерий в мл. Особую важность для санитарной оценки воды имеет определение наличия в ней бактерий группы кишечной палочки.

Путем бактериологического анализа воды определяют число кишечных палочек в 1мл воды (так называемый коли-индекс) или тот объем воды, в котором и обнаруживается кишечная палочка (коли-титр).

Согласно требованиям стандарта в питьевой воде, подаваемой в сеть хозяйственно – питьевого водопровода может содержаться не более трех кишечных палочек в 1 л воды.

2. Требования, предъявляемые к качеству воды предприятиями.

На предприятиях вода используется для различных производственных целей:

1. Для охлаждения двигателей. Например, паровых турбин на тепловых электростанциях, конденсаторов, домменных и мартеновских печей, холодильников. Вода должна быть без большого количества взвеси (мутность $50 \div 200$ мг/л – во избежание загрязнения охлаждающих устройств), без сероводорода и частиц железа, жесткость менее 2-7 мгэкв/л.

2. В котельнях вода должна быть прозрачной без растворенного кислорода. Общая жесткость в зависимости от давления 0,35 – 0,003 мгэкв/л.

3. Для очистки готовой продукции – очистки текстиля, в пищевой промышленности.

4. Для транспортирования сырья. Например, в бумажной промышленности предъявляются высокие требования по прозрачности, содержанию железа.

5. В составе выпускаемой продукции. Например, на консервных заводах, пивоваренных заводах и других.

6. Для удаления и очистки загрязнений, образующихся на предприятиях.

7. На отдельных предприятиях качество воды должно быть выше чем качество питьевой воды. Например, в котельнях прозрачность воды должна быть не менее 50 см (в питьевой 30 см).

8. На строительстве вода используется для приготовления бетона, полива бетона, промывки гравия и щебня. Вода питьевого качества должна использоваться для приготовления гидротехнического бетона. Минерализованные природные воды не должны быть использованы для приготовления и полива гидротехнического бетона. В зависимости от типа бетона допускается общая минерализация 3500 – 5000 мг/л, $pH < 4$, ионы SO_4^{-2} 2700 мг/л.

Таблица 2.2: Требования, предъявляемые к качеству воды, используемой на предприятиях

Показатель качества	Предприятие по производству					
	Бумаги	Целлюлозы	Вискозы	Текстиля	Краски	Кожи
Количество взвеси (мг/л)	2-5	0	5	5	5	0
Цветность (град.)	30	15	0	10-15	5-10	-
Прозрачность (см)	-	-	30	30	30	-
Общая жесткость (мгэкв/л)	4,3-5,7	0,7	0,2	1,4-2,1	0,2-0,35	0,5
Окисляемость (мг/л)	10	6	2	-	8-10	-
Содержание железа (мг/л)	1	0,2	0,03	0,2	0,1	-
Марганец	-	-	0,03	0,2	0,1	-
Кремниевая кислота	-	-	25	-	-	-
Сероводород	-	-	-	-	-	1
Сухой остаток	300	-	100	-	-	-
pH	7-7,5	7-7,5	-	7-8,5	7-8,5	-

Существуют нормативы качества воды для систем теплоснабжения, горячего водоснабжения, паровых и водогрейных котлов.

3. Требования, предъявляемые к качеству

ВОДЫ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ

К качеству воды для поения животных предъявляются те же требования, что к питьевой воде для людей (допустимо некоторое снижение требований к прозрачности, цвету, запаху).

При отсутствии воды питьевого качества в необходимом количестве, разрешается использовать на фермах воду, имеющую минерализацию более 1г/л, общую жесткость более 7 мгэкв/л температуру 8-15⁰С в зависимости от вида животных и их возраста.

Таблица 2.3

Допускаемые значения показателей качества воды, разрешенные нормативными документами

Водопотребители	Сухой остаток, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Общая жесткость, мгэкв/л
Взрослые животные	2400	600	800	18
Молодняк	1800	400	600	14

4. Анализы для определения качества воды.

Качество воды в источнике и в водопроводной сети после очистки определяется по результатам анализов. Пригодность воды того или иного источника должна в каждом случае устанавливаться путем физического, химического и бактериологического анализов ее проб (необходимо учесть, что качество воды для большинства источников изменяется в зависимости от времени вода и состояния водосбора).

Заключение о пригодности воды дают местные органы саннадзора в соответствии с существующими ГОСТами. Качество воды, подаваемой водопроводом, нормируется действующим O'zDst 950:2011, а отбор проб, следует проводить с учетом требований ГОСТ 2761-74.

Взятие пробы осуществляется следующим образом:

Из открытого источника проба воды берется из того места, где предполагается устройство водозабора, ниже поверхности воды на $0,5 \div 1,5$ м, а из подземного источника водопровода после 15 – 20 мин откачки или спуска. Проба берется в количестве 2-3 л в стеклянные бутылки.

Из подземных источников водоснабжения пробы должны отбираться в течение 1 года: в каждый характерный в данном климатическом районе период по две пробы. Интервал проб - не менее 24 ч.

Из поверхностных источников необходимо взять 12 анализов разовых проб, отбираемых ежемесячно за год, предшествующий году проектирования. Для каждого анализа также должны отбираться две пробы с интервалом отбора не менее 24 ч.

Существует целый ряд Методических указаний и ГОСТов по методам определения показателей качества воды, начиная с методов определения органолептических показателей (ГОСТ 3351-74) и далее по различным элементам в составе воды.

Пробы взятые для бактериологического анализа доставляются не позднее чем через 4-5 часов с момента взятия пробы. Анализ выполняется по методам санитарно – микробиологических исследований ГОСТ 18963-73.

ГЛАВА 3. УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ.

1. Понятие «очистка» и «спецобработка» воды.

При улучшении качества воды в зависимости от степени могут различаться 2 уровня: 1^{ый} – «очистка» воды – улучшение качества до требований действующего стандарта O'zDst 950:2011.

2^{ой} – «спецобработка» воды – улучшение качества воды до требований отдельных предприятий или придание воде новых свойств.

Отдельные предприятия предъявляют к качеству воды более высокие требования чем O'zDst 950:2011. Например, при производстве целлюлозы, на предприятиях текстильной промышленности в котельнях, для двигателей должна использоваться вода, жесткость которой не должна быть более 2-3 мгэкв/л. На отдельных предприятиях при использовании воды для охлаждения допускается количество взвешенных веществ 50÷200 мг/л, а карбонатная жесткость должна быть 2-7 мгэкв/л. На предприятиях по производству текстиля, бумаги исключается наличие в воде железа.

К понятию «спецобработка» воды относится и придание воде новых свойств. Например, стабилизация воды.

Вода по качеству может удовлетворять требованиям действующих нормативов, но может быть нестабильной, что является причиной подверженности труб коррозии и возникновения отложений на стенках труб. Нестабильность воды сказывается на работе труб водопроводной сети и водоводов.

Стабилизация воды является одним из способов «спецобработки» воды. По степени минерализации в зависимости от величины сухого остатка различают два уровня улучшения качества воды. Уменьшение минерализации (величины сухого остатка) до требований O'zDst 950:2011, т.е. до 1 г/л – «очистка» воды (опреснение) и полное удаление солей – «спецобработка» воды (обессоливание).

2. Основные способы очистки воды.

Основные способы очистки воды, состав очистных сооружений и их размеры определяются в зависимости от качества воды в источнике, требований, предъявляемых к качеству воды, расчетного расхода очистной станции и других местных условий.

Очистная станция осуществляет решение комплексной задачи по улучшению качества воды (осветление, обеззараживание, умягчение, опреснение и т.д.).

Очистная станция должна располагаться близко от источника водоснабжения. Местоположение очистной станция выбирается с учетом рельефа местности, удаленности от населенного пункта и др. условий. Схема очистки воды должна выбираться с учетом условия самотечного движения воды от сооружения к сооружению. Насосная станция первого подъема подает воду к самому высокорасположенному сооружению очистной станции, откуда вода самотеком проходит сооружения очистки и поступает в резервуар чистой воды. Насосная станция второго подъема подает воду в водопроводную сеть.

Основные способы очистки воды :

1. Осветление воды – удаление из воды веществ, придающих ей мутность (до 1,5 мг/л);
2. Обесцвечивание воды – удаление из воды веществ, придающих ей цвет (до 20);
3. Обеззараживание воды – удаление из воды бактерий (коли-индекс <3);
4. Умягчение воды – уменьшение содержания в воде солей Са и Mg (<7 мг.экв/л);
5. Опреснение воды – уменьшение общего содержания солей до 1000 мг/л (1 г/л).

3. Освещение воды.

3.1. Основные способы освещения воды.

Различают 2 способа освещения воды-реагентное и безреагентное. Освещение воды в зависимости от мутности воды в источнике осуществляется в одну или две ступени.

При освещении в одну ступень вода проходит только фильтрование на медленных фильтрах.

Двухступенчатое освещение воды осуществляется с использованием специальных реагентов в отстойниках и на скорых фильтрах.

При использовании этого способа освещение осуществляется в 3 этапа:

1 – этап – обработка воды химическими реагентами.

2 – этап – отстаивание воды

3 – этап – фильтрование.

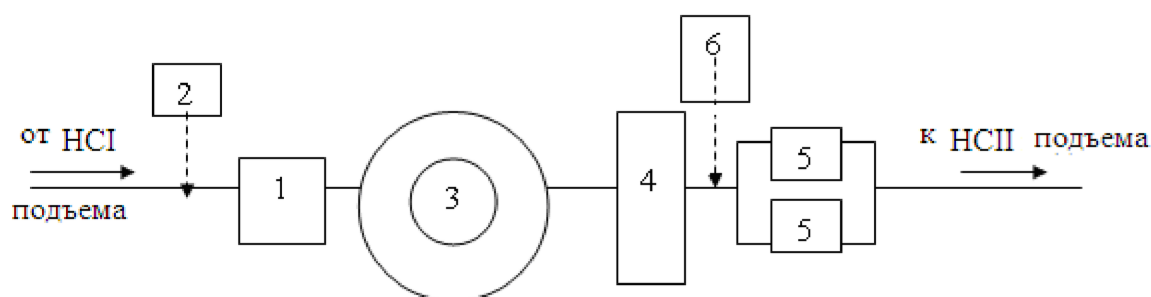


Рис. 3.1 Общая схема реагентной очистки воды:

1 –смеситель; 2 – реагентное хозяйство; 3 – отстойник;4-скорый фильтр;

;6 – хлораторная установка; 5 – резервуар чистой воды.

3.2. Закономерности выпадения взвеси.

Процесс осаждения взвеси – сложный процесс. На характер осаждения взвеси влияет размер и форма частиц, наличие и режим движения осветляемой воды, ее вязкость, которая зависит от температуры и т.д.

Мутная вода представляет собой полидисперсную систему (частицы имеют различные размеры и форму), что отличает ее от обычных растворов имеющих частицы одинакового размера и формы – монодисперсную систему.

При введении коагулянта частицы взвеси при осаждении меняют структуру и размеры.

Основной величиной влияющей на определение размеров отстойника является скорость выпадения частиц.

Скорость выпадения частицы в стоячей воде при $t = 10^0$ С называется гидравлической крупностью частицы.

Таблица 3.1: Скорость выпадения взвеси (гидравлическая крупность)

Размер частиц (мм)	Гидравлическая крупность мм/сек	Взвешенное вещество	Время осаждения частицы на 1 м.
1	100	Крупный песок	10 сек
0,5	53	Средний песок	20 сек
0,1	6,9	Мелкий песок	25 мин
0,05-0,027	1,7-0,5	Крупный ил	10-30 мин
0,01-0,005	0,070-0,017	Мелкий ил	4-18 мин
0,0027	0,005	Крупная глина	2 сут
0,0010-0,0005	0,00070-0,00017	Тонкая глина	0,5-2 мес
0,0002-0,000001	0,000007	Коллоидные частицы	4 года

Уравнение движения осаждающейся частицы имеет вид: $F - \Phi = J$

где: F – сила тяжести частицы, погруженной в воду; Φ – сила сопротивления жидкости; J – сила инерции; $\Phi = \varphi \rho_0 U^2 d^2$

φ – коэффициент сопротивления зависящий от числа Рейнольдса:

$$Re = \frac{\rho_0 U d}{\mu}$$

U – скорость выпадения частицы;

d – эквивалентный диаметр частицы;

μ – вязкость жидкости;

ρ_0 – плотность воды.

Процесс выпадения взвеси характеризуется кривой выпадения взвеси.

В лабораторных условиях определяют количество взвешенных веществ «Р» (в % от количества взвешенных веществ до отстаивания), выпадающих из проб исследуемой воды через различные промежутки времени.

P – полное количество всех выпавших в осадок частиц. P_1 – частицы с гидравлической крупностью $U < \frac{h}{t}$. P_2 – частицы с гидравлической крупностью $U > \frac{h}{t}$.

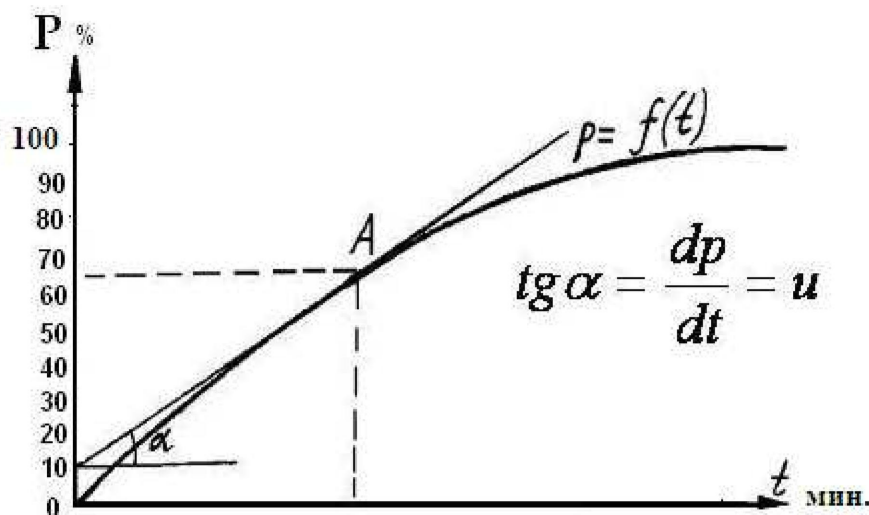


Рис. 3.2 Кривая выпадения взвеси.

Скорость выпадения осадка может определяться в каждый момент времени, как $\operatorname{tg} \alpha$ угла наклона касательной к кривой в точке A с абсциссой t .

$$\operatorname{tg} \alpha = U = \frac{dP}{dt}$$

С помощью этих кривых определяются скорости выпадения взвеси, при которых обеспечивается заданный эффект осветления и время нахождения в отстойнике. Практически процесс осветления воды осуществляется в специальных сооружениях – отстойниках.

Выбор сооружений по осветлению осуществляется согласно рекомендациям КМК 2.04.02 – 97.

Таблица 3.2: Обработка воды с применением коагулянтов и флокулянтов

Основные сооружения	Условия применения				Производ и- тельность станции, м3/сут
	Мутность, мг/л		Цветность, град.		
	Исходна я вода	Очищен ная вода	Исходна я вода	Очищен ная вода	
Обработка воды с применением коагулянтов и флокулянтов					
1. Скорые фильтры (одноступенчатое фильтрование) а) напорные б) открытые	до 30 “ 20	до 15 “ 1,5	до 50 “ 50	до 20 “ 20	до 5000 “ 50000
2. Вертикальные отстойники – скорые фильтры	“ 1500	“ 1,5	“ 120	“ 20	“ 5000
3. Горизонтальные отстойники – скорые фильтры	“ 1500	“ 1,5	“ 120	“ 20	Св. 30000
4. Контактные профильтры – скорые фильтры (двухступенчатое фильтрование)	“ 300	“ 1,5	“ 120	“ 20	Любая
5. Осветлители со взвешенным осадком – скорые фильтры	Не менее 200 до 1500	“ 1,5	“ 120	“ 20	Св. 5000
6. Две ступени отстойников – скорые фильтры	Более 1500	“ 1,5	“ 120	“ 20	Любая
7. Контактные осветлители	до 120	“ 1,5	“ 120	“ 20	“
8. Горизонтальные, радиальные отстойники и осветлители со взвешенным осадком для частичного осветления воды	“ 1500	8-15	“ 120	“ 20	“
9. Крупнозернистые фильтры для частичного осветления воды	до 80	до 10	“ 120	“ 20	“
10. Радиальные отстойники для предварительного осветления высокомутных вод	Св. 1500- 15000	“ 250- 1500	“ 120	“ 20	“
11. Трубчатый отстойник и напорный фильтр заводского изготовления (типа “Струя”)	До 1000	“ 1,5	“ 120	“ 20	До 800
Обработка воды без применения коагулянтов и флокулянтов					
12. Крупнозернистые фильтры для частичного осветления воды	До 150	30-50 % исходно й	До 120	Такая же, как исходна я	Любая
13. Радиальные отстойники для	Более	30-50 %	“ 120	То же	“

частичного осветления воды	1500	исходно й			
14. Медленные фильтры с механической или гидравлической регенерацией песка	До 1500	1,5	“ 50	До 20	“

3.3. Реагенты. Процесс коагуляции.

Для ускорения процесса осаждения, фильтрования и повышения эффективности осветления и обесцвечивания воды прибегают к коагулированию.

Коагулирование-это процесс укрупнения коллоидных и взвешенных частиц вследствие их слипания под действием силы молекулярного притяжения. Укрупненные хлопья слипшихся частиц выпадают в осадок.

Таблица 3.3: Реагенты, применяемые для очистки питьевой и технической воды

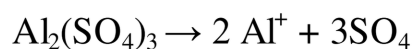
№	Название реагента	Химическая формула	Уд. вес	Доза	Назначение
1.	2.	3.	4.	5.	6.
1	Сернокислый алюминий очищенный (технический)	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	1,62	Табл.19 СНиП	Ускорение процесса выпадения взвеси
2	Глинозем сернокислый (неоглищенный)	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	1,6	Табл 19СНиП	Ускорение процесса выпадения взвеси
3	Железный купорос технический (сернокислая закись железа)	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	1,89	В паводок 100 мг/л для остал. времени 40-50 мг/л	Ускорение процесса выпадения взвеси
4	Железо хлорное	$FeCl_3$	2,8	Табл. 19 СНиП	Ускорение процесса выпадения взвеси
5	Известь гашенная (строительная воздушная)	$Ca(OH)_2$	2,08	-	Подщелачивание вода. Устранение жесткости (карбонатной)
6	Сода кальцинированная	Na_2CO_3	2,53	-	Подщелачивание. Устранение

	синтетическая				некарбонатной жесткости.
7	Хлорная известь	CaOCl_2	-	-	Обеззараживание
8	Хлор жидкий	Cl_2	0,003214	-	Обеззараживание
9	Аммиак жидкий синтетический, сорта Б	NH_3	0,000771	-	Устранение привкусов и запахов
10	Тиосульфат натрия (гипосульфит)	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	1,69	-	Дехлорирование воды
11	Медный купорос	CuSO_4	3,58	-	Уничтожение микрофлоры и водорослей с водоемах
12	Натрий едкий технический (сода Каустическая)	NaOH	2,13	-	Умягчение воды. Подщелачивание воды. Регенерация анионитовых фильтров
13	Серная кислота техническая	H_2SO_4	1,84	-	Регенерация Н – катионитовых фильтров, подкисление воды.

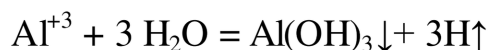
При реагентом осветлении воды в качестве реагентов (коагулянтов) применяются соли алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, сульфат железа (2^x - атомного) $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, хлорид железа (3^x - атомного) FeCl_3 , алюминат натрия NaAlO_2 , оксихлорид алюминия $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$.

На очистных станциях часто используется сульфат алюминия (сернокислый алюминий) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$.

При добавлении в воду реагента происходит диссоциация – распад.



Затем катионы алюминия вступают в обменную реакцию с катионами адсорбционного слоя вокруг частицы. Эта реакция продолжается до истощения обменной способности. В результате реакции образуется гидроксид алюминия и ионы водорода.



Если в начале процесса коагулирования гидроксид алюминия представляет собой очень мелкие частицы (в 1 мл воды до 5000), после

действия коагулянта (процесса слипания частиц) они значительно укрупняются (в 1 мл воды 5-10) и выпадают в осадок.

Так осуществляется первый этап двухступенчатого осветления воды — обработка воды химическими реагентами.

3.4. Реагентное хозяйство.

Реагентное хозяйство служит для приготовления и дозирования раствора реагента и состоит из одного затворного бака, двух расходных и одного дозировочного бачка.

Расчет реагентного хозяйства заключается в определении размеров баков. Определяется суточный расход коагулянта:

$$m = \frac{q_{\text{час}} \cdot a \cdot T_{\text{НСИ}}}{1000 \cdot 1000} \quad \text{т/сут}$$

a — доза коагулянта, которая определяется в зависимости от мутности воды в источнике

$q_{\text{час}}$ — часовая производительность насосной станции первого подъема ($\text{м}^3/\text{час}$)

$T_{\text{НСИ}}$ — время работы насосной станции первого подъема. $T_{\text{НСИ}} = 24$ часа.

затворного бака $W_3 = \frac{m \cdot 100}{b \cdot n \cdot \gamma} \text{ м}^3$

где b — крепость раствора коагулянта, 1 – 15 %

n — количество приготовлений раствора в сутки, $n = 1 - 3$

γ — объемный вес раствора, $\gamma = 1 \text{ т/м}^3$

Баки реагентного хозяйства цилиндрической формы $D = 1.24 \sqrt{W_3}$; $H = \frac{2}{3} D_3$.

Объем дозировочного бака принимается равным 20 л.

3.5 Смесители.

Реагенты смешивают в смесителях, которые классифицируют на гидравлические и механические.

К гидравлическим смесителям следует отнести: коридорного типа, дырчатый, перегородчатый, вертикальный, вихревой. Работа смесителей гидравлического типа основана на использовании турбулентности потока,

создаваемой местными сопротивлениями путем увеличения в них скорости движения воды.

Механические смесители представляют собой круглые или квадратные в плане камеры с соотношением высоты к ширине (диаметру) 2:1 с плоским или коническим днищем. Частота их вращения изменяется и обычно не превышает 80 мин^{-1} для турбинных мешалок с максимальной линейной скоростью на конце лопасти до 5 м/сек и до 150 мин^{-1} для пропеллерных. Время пребывания воды составляет от 30 сек. до 1 мин.

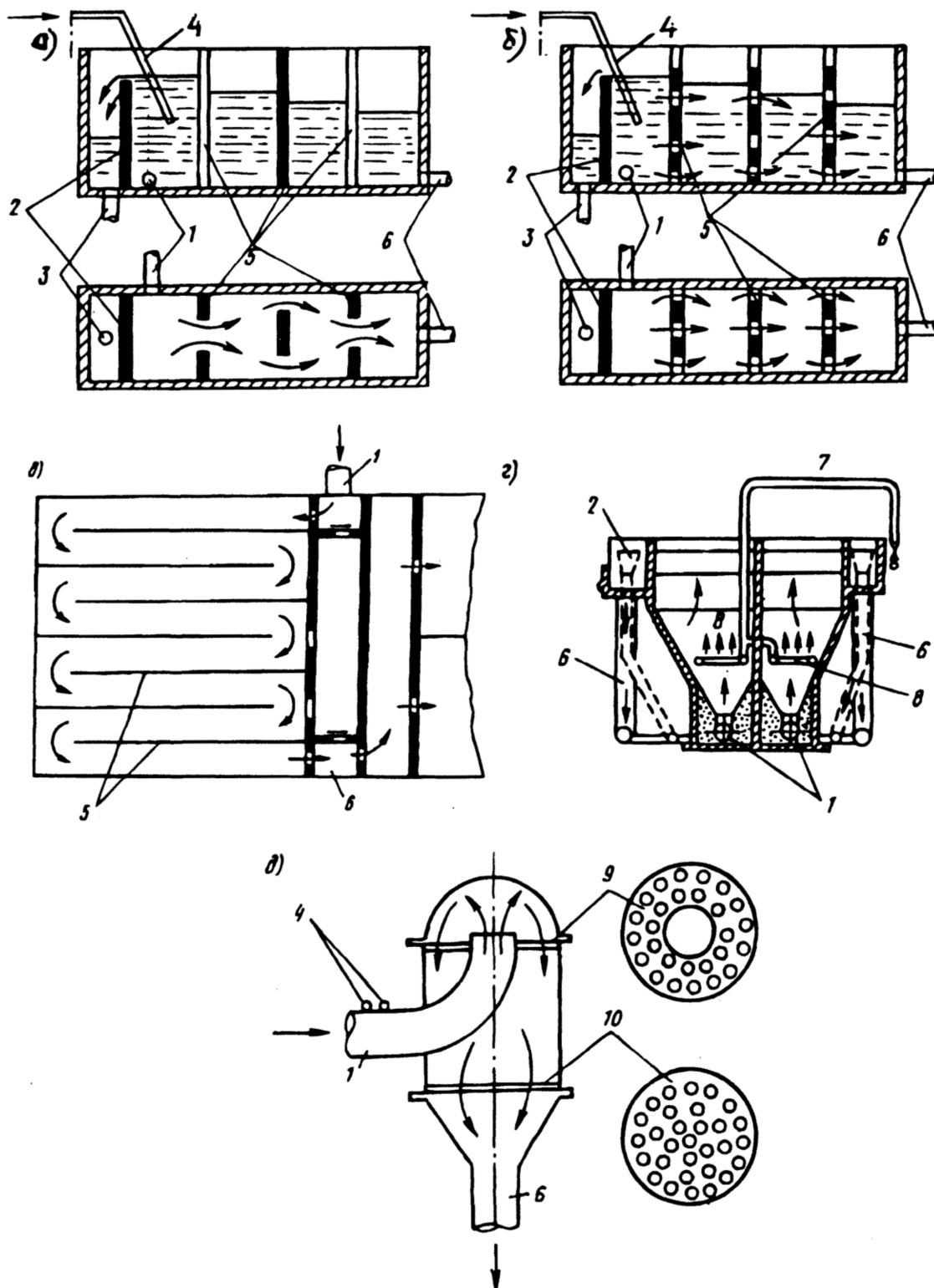


Рис. 3.3 Смесители гидравлического типа с разделением потока(а), дырчатый(б), перегородчатый(в), вихревой(г), напорный дырчатый(д).
 1,6-подача и отвод воды; 2-перелив; 3-сброс из бачка воды; 4-ввод реагента; 5-перегородки; 7- воздуховод; 8-аэраторы; 9,10- верхняя и нижняя дырчатые перегородки.

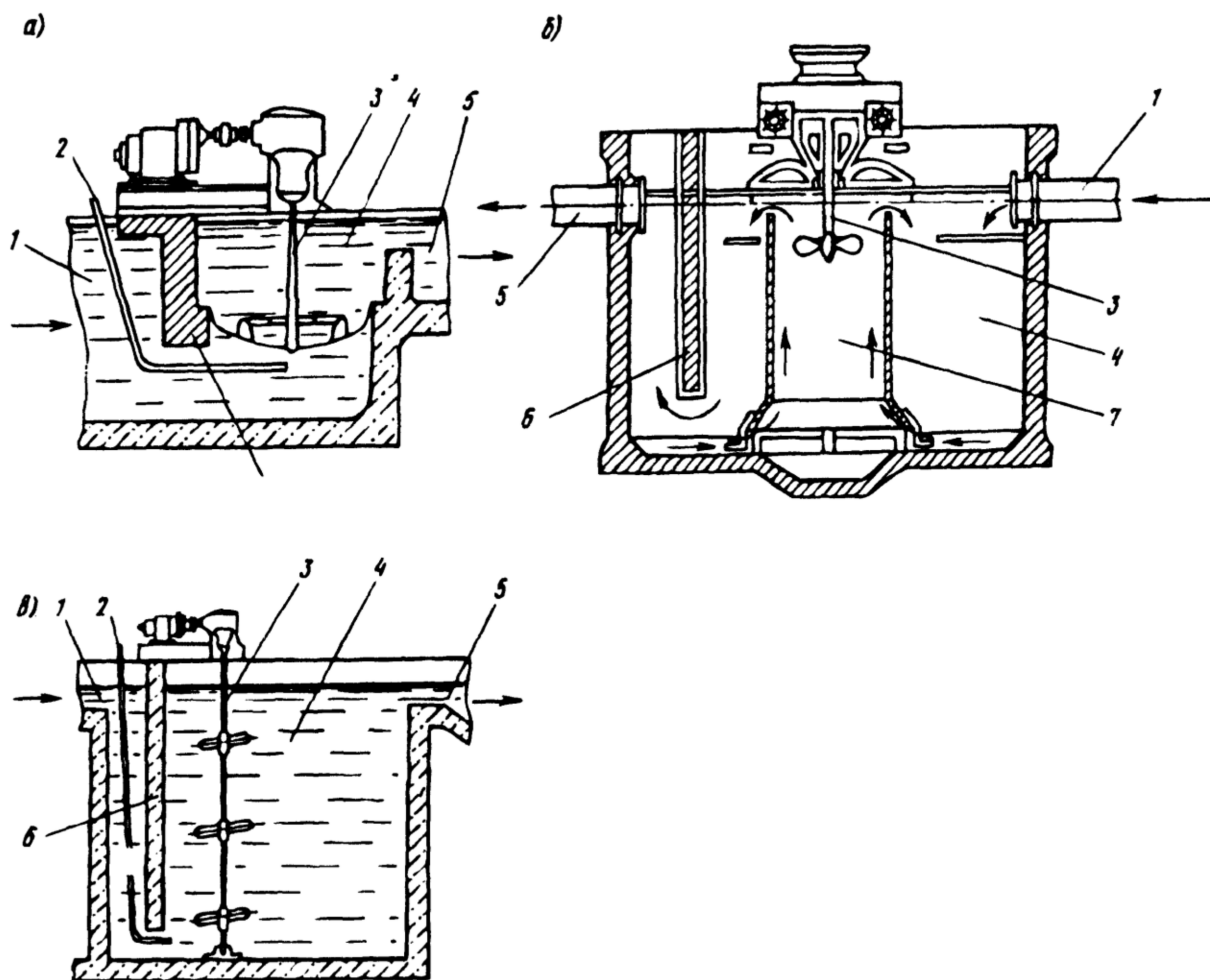


Рис. 3.4 Механические смесители турбинного (а), пропеллерного(б) и лопастного(в) типов.

1,5-подача и отвод воды; 2- ввод реагента; 3- ось мешалки; 4-камера смешения;6- струенаправляющая перегородка;7- центрально расположенный стакан.

3.6 Камеры реакции

Камеры реакции (камеры хлопьеобразования) предназначены для создания условий для хлопьеобразования. Агломерация образующихся в процессе гидролиза коагулянта хлопьев происходит постепенно в течение 6 – 30 мин и более.

Интенсивность перемешивания воды в камерах хлопьеобразования не должна быть большой, чтобы не разрушить образовавшиеся хлопья.

По принципу действия камеры реакции классифицируют на гидравлические и механические. Из камер гидравлического типа предпочтение отдают водоворотным, вихревым, перегородчатым.

Все камеры, кроме перегородчатых, встраивают в отстойники. Конструкцию камеры реакции следует выбирать, исходя из качества исходной воды и типа отстойника.

Водоворотная камера реакции совмещается с вертикальным отстойником и располагается в центральной части. Вода распределяется в верхней части камеры соплом, расположенном на расстоянии 0,2 диаметра камеры от стенки, на глубине 0,5 м от поверхности воды. Выходя из сопла со скоростью 2 – 3 м/сек, вода приобретает вращательное движение вдоль ее стенок и движется сверху вниз. На выходе из камеры скорость движения воды 4 – 5 мм/сек. Для гашения вращательного движения воды при ее переходе в отстойник внизу камеры устанавливают гаситель в виде решетки высотой 0,8 м с ячейками 0,5х0,5 м. время пребывания воды в камере принимают 15 - 20 мин, а ее высоту – 3,5 – 4 м.

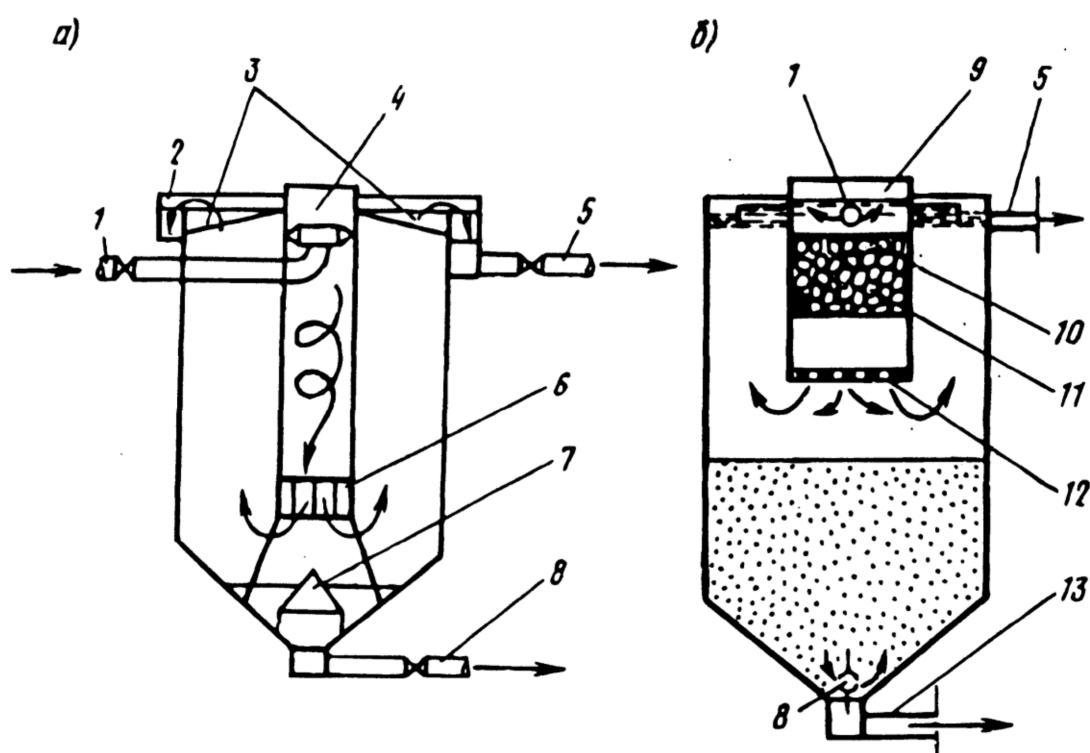


Рис.3.5 Водоворотная(а) и контактная (б) камеры хлопьеобразования, совмещённые с вертикальным отстойником.

1,5-подача исходной и отвод осветлённой воды; 2-кольцевой водосборный лоток;

3-радиальные лотки;4,9-водоворотная и контактная камеры хлопьеобразования;6-гаситель;
7- конус-отражатель; 8-сброс осадка; 10,12-верхняя и нижняя решетки;11- вспененный полистирол; 13- сброс осадка.

4. Отстаивание воды.

4.1. Отстойники. Горизонтальные и вертикальные отстойники.

Устройство, режим работы.

Отстаивание – осаждение взвеси из воды, находящейся в покое.

Практически при очистке воды применяется непрерывное отстаивание (неудобно периодически наполнять и опорожнять отстойники), при котором вода с малыми скоростями непрерывно проходит через отстойники, где выпадает взвесь.

Практическое применение в настоящее время находят три типа отстойников, различаемых по направлению движения воды в них: горизонтальные, вертикальные и радиальные, а также осветлители со взвешенным осадком.

Горизонтальные отстойники.

Горизонтальный отстойник представляет собой бассейн прямоугольной формы в плане. Вода втекает в один конец отстойника и с малой скоростью движется в отстойнике. Частицы взвеси оседают на дно, а осветленная вода вытекает из отстойника с другой стороны.

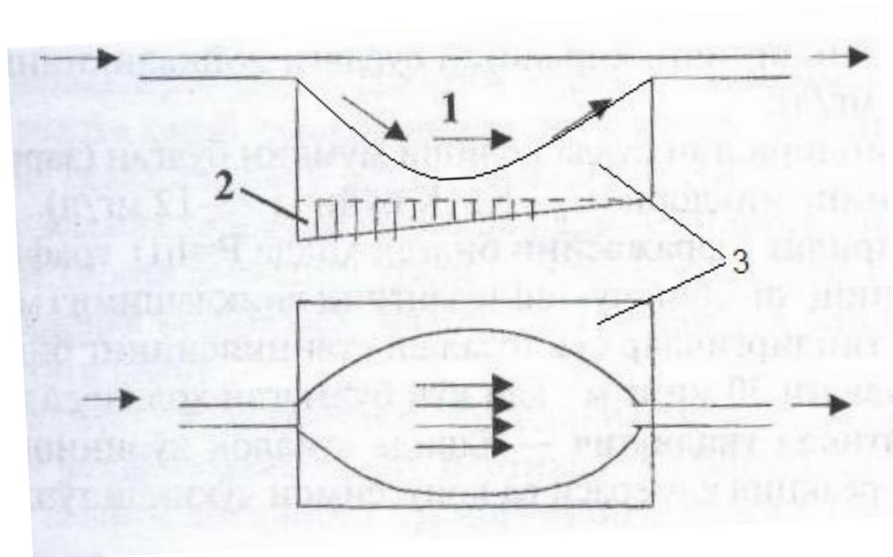


Рис. 3.6 Горизонтальный отстойник:

1-зона осаждения;2-зона накопления и уплотнения осадка;3-нерабочее пространство.

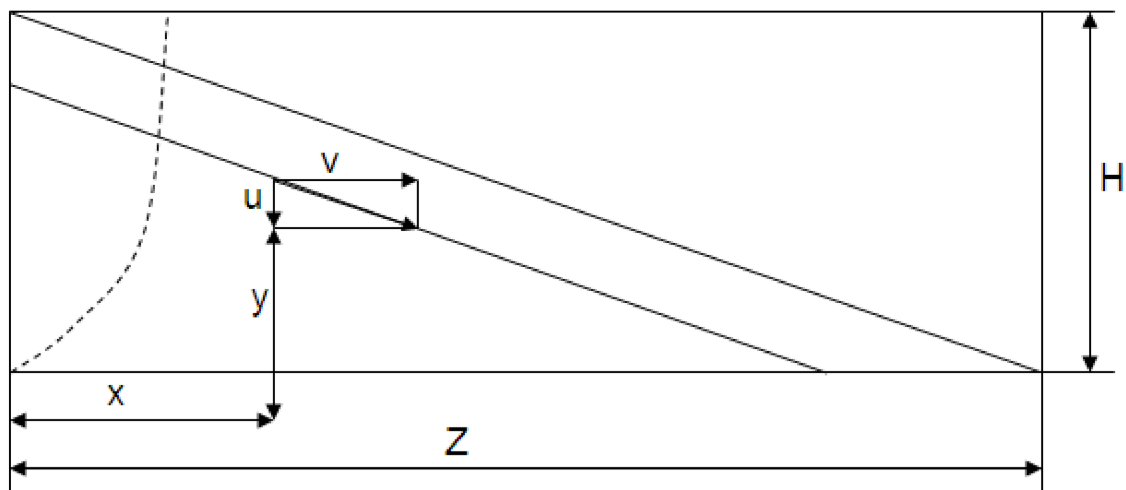


Рис. 3.7 Схема движения частицы в потоке.

Рассмотрим некоторую взвешенную в потоке частицу, положение которой определяется координатами X и Y

Частица будет перемещаться со скоростью являющейся равнодействующей U – скорости выпадения частицы и V – скорости горизонтального перемещения частицы с потоком.

Пройдя определенный путь, частица выпадает в осадок.

Для того чтобы выпала в осадок частица с самой маленькой гидравлической крупностью « U » необходимо иметь длину отстойника

$$Z = \frac{V}{U} H$$

Ряд исследований показал, что в отстойниках имеет место турбулентный режим движения воды.

Вводится коэффициент « α »

$$Z = \alpha \frac{V}{U} H; \quad \alpha = 1,2 \div 1,5$$

α – коэффициент, учитывающий турбулентный режим движения воды.

В основу расчета отстойника должна быть положена заданная степень осветления воды в нем

$$P = \frac{C_{\max} - C_0}{C_{\max}} 100\%$$

$C_{\max}$ – наибольшее расчетное количество взвеси поступающей в отстойник (мг/л);

C_0 – допускаемое их содержание в отстоянной воде (мг/л)

Величина C_0 для отстойников хоз – питьевого водопровода по СНиП должна быть $< 8 - 15$ мг/л.

Зная «Р» по кривой выпадения взвеси $P = f(t)$ можно определить расчетную скорость выпадения взвеси в данное время. Горизонтальные отстойники экономически оправданы при производительности очистной станции свыше $30000 \text{ м}^3/\text{сутки}$, при мутности воды до 1500 мг/л, цветности до 120° .

Вертикальные отстойники.

Вертикальный отстойник представляет собой круглый в плане бассейн (1) с центральной цилиндрической трубой (2) и конической нижней частью (3)

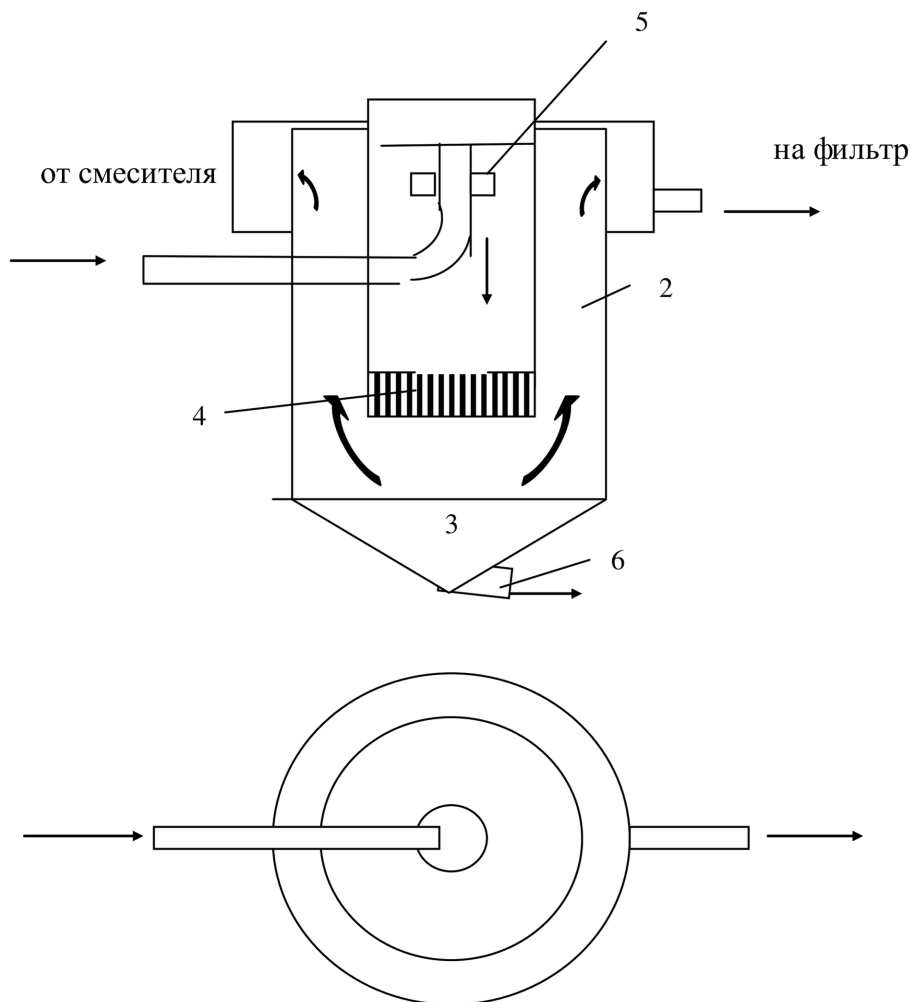


Рис. 3.8 Вертикальный отстойник.

1 – Цилиндрическая часть; 2 – камера реакции (хлопьеобразования); 3 – коническая часть; 4 – подающая труба; 5 – гаситель; 6 – сборный желоб; 7 – отводная труба; 8 – выпуск осадка.

Движение воды в камере сверху вниз. В камере происходит реакция по образованию хлопьев. Время реакции $t_p = 15 \div 20$ мин. Вода через гасители поступает в зону осаждения отстойника, происходит медленное движение воды снизу вверх и через желоб отвод. Осадок накапливается в нижней части отстойника и периодически удаляется. Частицы выпадают в осадок во время восходящего движения воды в отстойнике. Скорость движения воды должна быть меньше скорости выпадения частиц (в неподвижной воде). При коагулировании частицы укрупняются и следовательно скорость выпадения их увеличивается и поэтому достаточно скорость восходящего потока принимать $V_{восх} = 0,4 \div 0,6$ мм/с. Задаваясь $V_{восх}$ определяем основные размеры отстойника

$$\omega = \frac{Q}{V_{восх}} \quad H = V_{восх} \cdot T; \quad T - \text{время}$$

пребывания воды в отстойнике $T = 2 - 3$ часа

$$H = 4 \div 5 \text{ м. Рекомендуется принимать отношение } \frac{D}{H} < 1,5$$

Высота камеры хлопьеобразования

$$H_{к.р.} = (0,8 \div 0,9) H;$$

$$\text{Объем камеры реакции } W_{к.р.} = \frac{Q \cdot t_p}{60}$$

Q – расход в м³/час

$$\text{Площадь поперечного сечения } \omega_{к.р.} = \frac{W_{к.р.}}{h_{к.р.}}$$

Осадочная часть отстойников должна иметь наклонные стенки под углом 70-80 градусов.

Вертикальные отстойники рекомендуется для станций небольшой производительности – до 5000 м³/сут.

Радиальные отстойники.

Радиальные отстойники рекомендуется применять в системах оборотного водоснабжения и для осветления высокомутных вод на первой ступени. Производительность – неограничена

Радиальный отстойник – это круглый в плане железобетонный резервуар, высота которого невелика по сравнению с его диаметром. Осветляемая вода подводится снизу в центр и изливается через воронку, обращенную широким концом кверху. Вокруг воронки располагается цилиндр – успокоитель радиусом 1,5 – 2,5 м, с глухим дном и с дырчатой стенкой. Наличие такого цилиндра способствует равномерному распределению воды по рабочей высоте отстойника. Вода медленно движется от центра к периферии и сливается в периферийный желоб с затопленными отверстиями или треугольными водосливами.

Скорость движения воды в желобе принимается $0,5 \div 0,6$ мм/сек, для удаления осадка используют медленно вращающуюся металлическую ферму с укрепленными на ней скребками, сгребаящими осадок к центру отстойника, откуда он выпускается или откачивается.

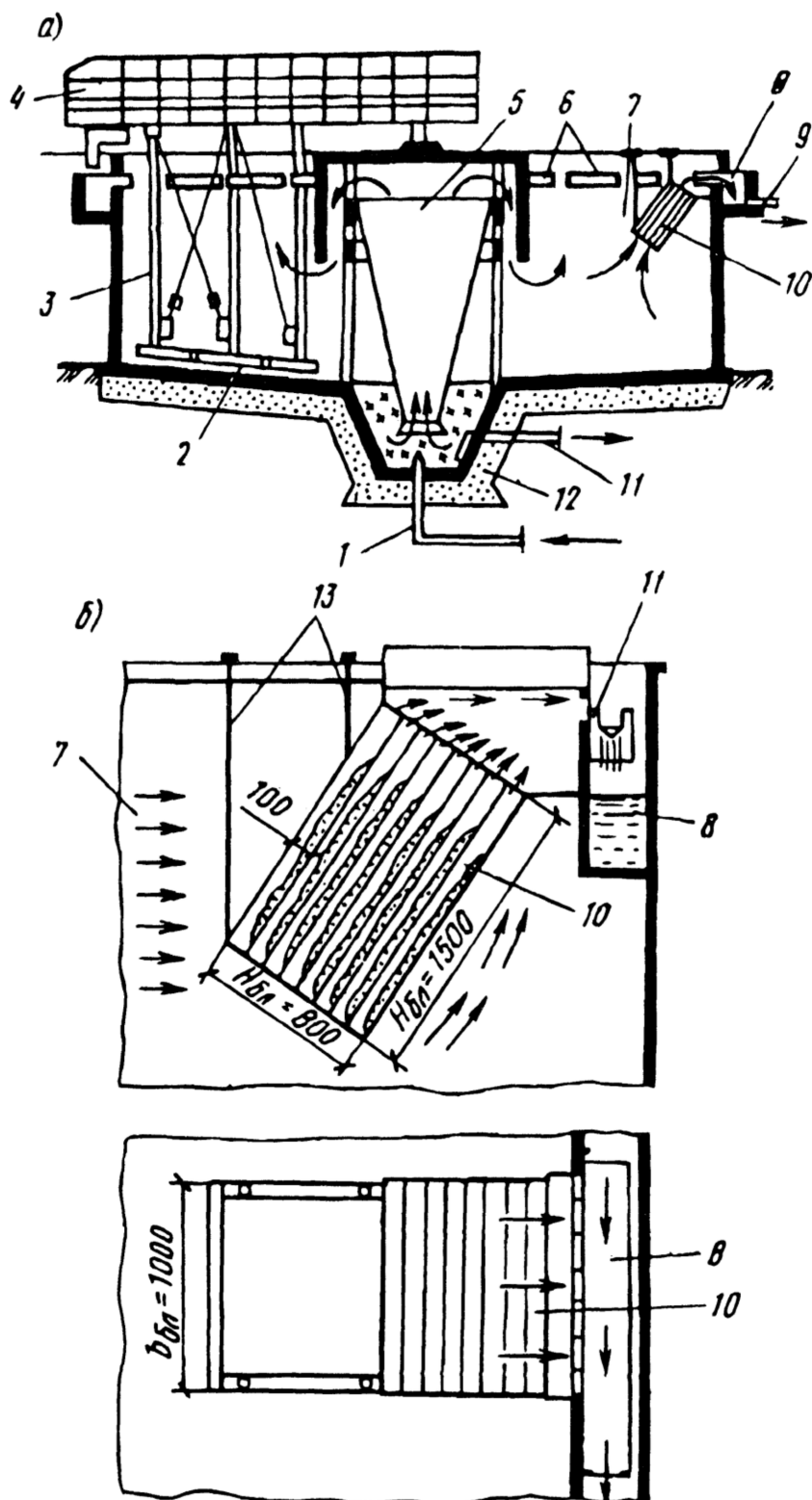


Рис. 3.9 Радиальный отстойник с рециркуляцией осадка(а) и тонкоструйными модулями(б).

1,9-подача исходной и отвод осветлённой воды; 2-скребки; 3- вращающаяся ферма;5- рециркулятор; 6- водоотводные окна;7- зона осветления воды;8- кольцевой водосборный лоток;10-тонкоструйные блоки; 11-удаление осадка;12- осадкосборник; 13- крепление блоков.

4.2. Осветление воды в слое взвешенного осадка.

Метод обработки воды в слое ранее образованного взвешенного осадка широко используют в технологии ее осветления. Осветлители со слоем взвешенного осадка применяют на первой ступени водоподготовки вместо отстойников и камер хлопьеобразования. Они могут успешно работать только при условии предварительной обработки примесей воды коагулянтom. Эти сооружения обеспечивают более высокий эффект осветления воды (до 5 – 10 мг/л) и имеют большую производительность чем отстойники. Однако конструктивно и в эксплуатации они более сложны.

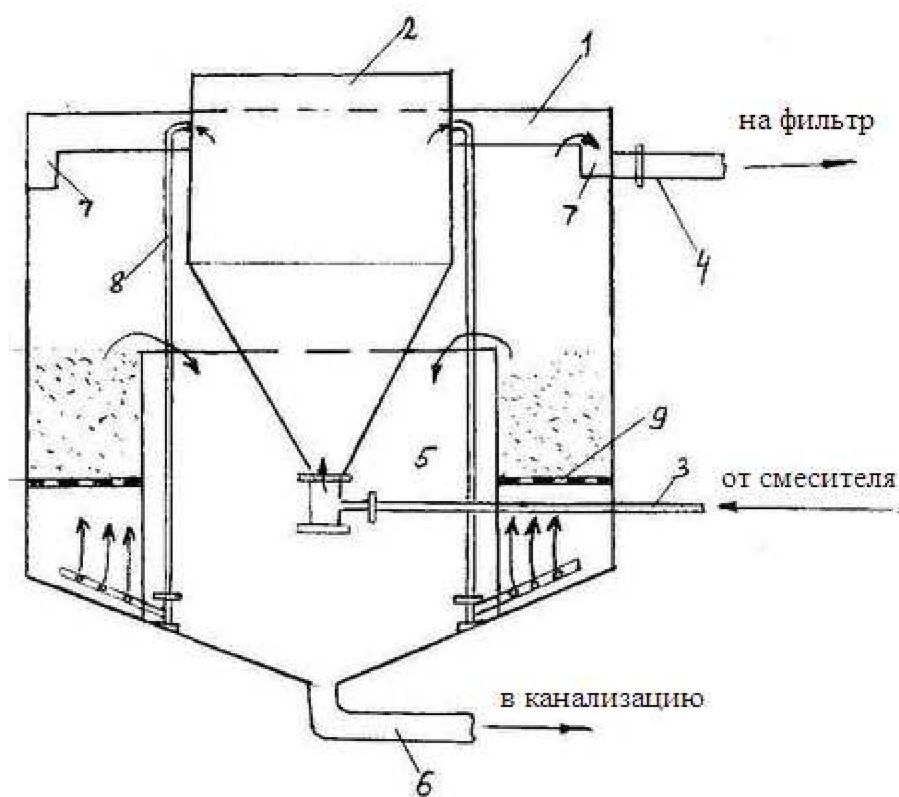


Рис. 3.10 Осветление воды в слое взвешенного осадка.

1 – осветлитель; 2 – камера реакции; 3 – труба, подающая воду в камеру реакции; 4 – вывод осветленной воды; 5 – зона накопления осадка; 6 – удаление осадка; 7 – желоб, собирающий осветленную воду; 8 – трубы, подающие воду из камеры реакции в нижнюю часть осветлителя; 9 – дырчатое дно.

При осветлении в слое взвешенного осадка камера реакции вихревого типа располагается в средней части осветлителя. Площадь зоны осветления определяется по формуле:

$$F_{осв.} = \frac{K_{р.в.} \cdot q}{3,6V_{осв.}} \text{ (м}^2\text{)}$$

где: $K_{р.в.}$ – коэффициент распределения воды между зонами осветления и отделения осадка;

$V_{осв.}$ – скорость восходящего потока воды в зоне осветления, мм/сек.

$K_{р.в.}$ и $V_{осв.}$ принимаются согласно КМК 2.04-02-97

$K_{р.в.} = 0,6 \div 0,8$ м; $V_{осв.} = 0,4 \div 1,2$ мм/сек;

Высоту слоя взвешенного осадка следует принимать 2 – 2,5 м. высоту зоны осветления (от взвешенного осадка до уровня воды) надлежит принимать 2 – 2,5 м.

После камеры реакции по специальным трубам (8) вода подается в нижнюю часть осветлителя, через дырчатое дно (9) вода поднимается вверх проходит через слой взвешенного осадка. При этом вода поднимается до уровня, где скорость выпадения взвеси (гидравлическая крупность) и скорость движения воды совпадают. Осветленная вода поднимается вверх к специальному желобу (7), от которого по трубе (4) поступает на скорый фильтр. Процесс выпадения взвешенных веществ продолжается до поступления в желоб.

Осветление в слое взвешенного осадка применяется при мутности воды 200 ÷ 1500 мг/л и производительности очистной станции свыше 5000 м³/сут. В настоящее время осветлители со взвешенным осадком применяются кроме осветления воды для умягчения и обесцвечивания.

5. Фильтрование.

Фильтрованием называется процесс прохождения осветляемой воды через слой фильтрующего материала. Фильтрование производится для осветления воды, т.е. для задержания взвешенных веществ находящихся в воде.

Фильтрующий материал должен представлять собой пористую среду с весьма малыми порами. В качестве основного фильтрующего материала на очистных водопроводных сооружениях применяется песок (кварцевый),

который обладает требуемой пористостью, достаточной механической прочностью против истирания в процессе промывки и достаточной химической устойчивостью против растворяющего действия воды. В качестве фильтрующего материала также применяется дробленый антрацит, керамзит, мраморная крошка. Эффективность фильтрования зависит от размера взвешенных частиц, от крупности зерен фильтрующего материала.

Фильтром называют резервуар, загруженный фильтрующим материалом и оборудованный устройствами для подачи обрабатываемой воды, сбора профильтрованной воды и промывки фильтра.

Дренажная система является важным элементом фильтра. Она служит для сбора и отвода профильтрованной воды без выноса зерен фильтрующего материала, а при промывке для равномерного распределения промывочной воды по площади фильтра. Для скорых фильтров применяют распределительные системы большого сопротивления. Эти системы изготавливаются из чугунных, полимерных или стальных труб с отверстиями 10 – 12 мм, укладываемые параллельно на расстоянии $0,25 \div 0,35$ м друг от друга на нижних слоях гравия и присоединяемые к коллектору, расположенному в днище фильтра. Отверстия в трубах располагаются вертикально или в шахматном порядке снизу под углом 45 градусов к вертикали. В последнее время разработаны распределительные устройства щелевого и колпачкового типа.

Поддерживающий слой (0,45 – 0,5 м), на котором лежит фильтрующий слой укладывают с целью, чтобы мелкий фильтрующий материал не вымылся из фильтрующего слоя и не уносился вместе с фильтруемой водой через отверстия распределительной системы дренажа. Поддерживающий слой состоит из слоев гравия или щебня разной крупности, увеличивающейся сверху вниз от 2 – 5 до 20 – 40 мм.

На поддерживающем материале укладывается фильтрующий материал – песок слоями с постепенным уменьшением фракций снизу вверх. Фильтр в процессе фильтрования заполнен водой.

Производительность фильтра определяется скоростью фильтрования. Под скоростью фильтрования понимают вертикальную скорость движения столба воды, проходящего через поверхность фильтра в м/час.

Различают два основных вида фильтрования:

1. Фильтрование через фильтровальную пленку, образующуюся в процессе фильтрования частицами взвеси, выпадающими на поверхность загрузки – медленные фильтры. Фильтрование производится без применения химических реагентов – безреагентное осветление воды.

2. Фильтрование без образования на поверхности загрузки фильтрующей пленки – скорые фильтры. Фильтрование с использованием химических реагентов. Скорость фильтрации 8 – 12 м/час.

5.1 Медленные фильтры. Устройство, периоды работы. Достоинства и недостатки медленных фильтров

Медленные фильтры – первыми стали применяться в водопроводной практике. Впервые начали применяться в Англии в 1829 г. Медленные фильтры применяются для осветления воды без предварительной химической обработки ее химическими реагентами (коагулянтами), воды содержащей относительно мелкую взвесь. Медленные фильтры загружаются мелким песком и работают при малых скоростях фильтрования.

В этих фильтрах осветление достигается в основном за счет пленочного фильтрования. Мелкозернистая фильтрующая загрузка, имея мелкие поры, в начале задерживает на своей поверхности наиболее крупные частицы. Последние застревают в порах, сужают их сечение, благодаря чему начинает задерживаться все более и более мелкие частицы, а затем коллоиды и даже бактерии. Так на поверхности фильтра образуется фильтрующая пленка с очень мелкими порами, которая называется биологической пленкой.

Скорость фильтрования на медленных фильтрах при содержании взвешенных частиц в осветляемой воде до 25 мг/л принимается 0,2 м/час при увеличении содержания взвешенных частиц до 50 мг/л скорость уменьшается до 0,1 м/час.

Так как скорость фильтрования на таких фильтрах очень мала площадь их должна быть большой, что приводит к их высокой строительной стоимости.

Устраиваются медленные фильтры в виде бетонных или кирпичных резервуаров. Отвод воды выполняется через лоток в днище фильтра, при площади $> 15 \text{ м}^2$ устраивается дренаж из перфорированных труб.

Фильтрующая пленка образуется в течение 1 – 2 суток из-за малой скорости фильтрования и малых размеров частиц.

После созревания пленки начинается нормальная работа фильтра.

Время работы фильтра до момента очистки-фильтроцикл (1-2месяца).

Периоды работы фильтра:

1-период образования плёнки(2-3 суток)

2-нормальная работа(1-2 месяца)

3-промывка.

Очистка фильтра заключается в удалении верхнего загрязненного слоя песка толщиной 3-5 см. и является довольно трудоёмкой и дорогой операцией.

Основным достоинством медленных фильтров является весьма высокая степень осветления воды и обеззараживания. Но самое главное- воду на медленных фильтрах можно очищать не применяя реагенты.

Недостатки медленных фильтров – значительная строительная стоимость, большие размеры требуемой площади и сложность очистки. Например $Q_{\text{сут.}} = 1000 \text{ м}^3/\text{сутки}$.

$$V_{\text{ф}} = 0,1 \text{ м/час} \quad q_{\text{час}} = \frac{1000}{24} = 42 \text{ м}^3/\text{час}. \quad \omega = \frac{q_{\text{час}}}{V_{\text{ф}}} = \frac{42}{0,1} = 420 \text{ м}^2$$

В настоящее время медленные фильтры редко применяются из-за указанных недостатков. Рекомендуются медленные фильтры при малой мутности воды до 50 мг/л, цветности до 50⁰ и отсутствии коагулирования.

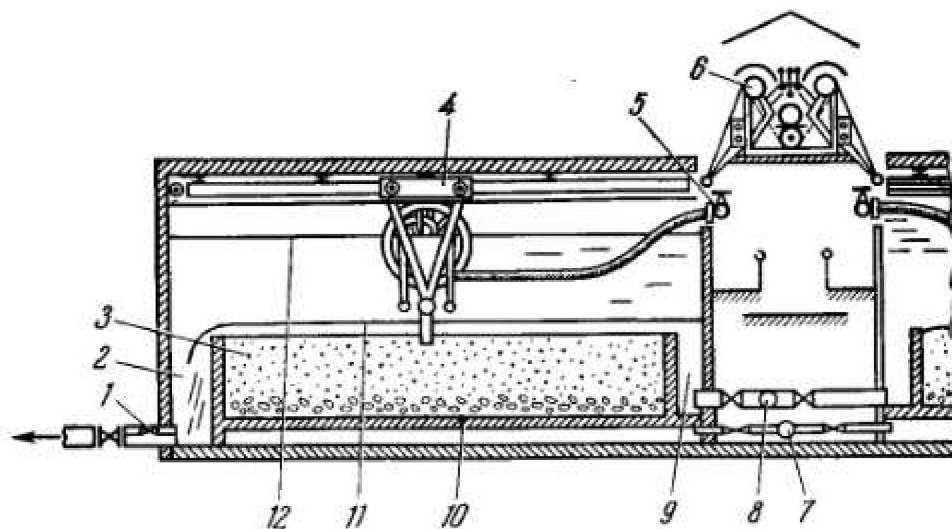


Рис. 3.11 Медленный фильтр конструкции В.С.Оводова.

2-нижний карман;10-пористая бетонная плита(дренаж);3-песчаный фильтрующий слой;9-верхний карман;7-трубопровод фильтрованной воды;6- механизм привода рыхлителя;5-трубопровод,подающий промывную воду;8-трубопровод,подающий в корпус фильтра осветлённую воду;11,12-уровни воды при промывке и фильтровании;4-каретка рыхлителя,движущаяся по монорельсу;13-трубопровод,подающий промывную воду;1- канализационная труба для отвода промывной воды.

5.2 Скорые фильтры. Устройство, периоды работы.

Скорые фильтры появились 1884 году и почти полностью вытеснили медленные, так как, имея большую производительность, требуют небольшой площади и более экономичны в эксплуатации. Скорые фильтры широко применяются в практике очистки воды. Скорость фильтрования для этих фильтров принимается от 6 до 12 м/час в зависимости от типа фильтра и крупность загрузки.

Принцип работы скорых фильтров заключается в фильтровании воды через слой кварцевого песка с предварительным коагулированием. Частицы загрязняющие воду удерживаются на зернах песка под действием сил прилипания (действие коагулянта). На скорых фильтрах происходит фильтрование агрегативно – неустойчивой (способной к прилипанию) взвеси. В качестве основного фильтрующего материала для скорых фильтрах служит кварцевый песок. Часто на фильтрах для хозяйственно – питьевого водоснабжения используют песок с $d = 0,7 - 0,8$ мм, при толщине слоя 0,7 м.

Поддерживающие слои гравия или щебня расположенные ниже фильтрующего материала препятствуют выносу зерен фильтрующего материала в дренажную систему.

В КМК 2.04.02-97 на основе опыта эксплуатации фильтровальных станций, приводятся рекомендации по загрузке скорых фильтров.

а) однослойные фильтры(кварцевый песок).

б) двухслойные фильтры (предложены институтом Водгео) – 1^{ый} слой – дробленый антрацит, 2^{ой} слой – кварцевый песок.

В НИИ Водгео разработаны фильтра со специальной загрузкой состоящей из 3^х слоев макро и микропористых углей (толщина слоев 0,5 – 1,5 м, диаметр частиц от 0,4 до 4 мм).

В двухслойных фильтрах увеличивается грязеемкость в $2 \div 2,5$ раза по сравнению с обычными песчаными фильтрами. Грязеемкость увеличивается за счет увеличения зерен верхнего слоя фильтра. Скорость фильтрования повышается до 9 – 10 м/час и увеличивается соответственно рабочий период.

Слой антрацита остаётся после промывки на поверхности благодаря малому весу антрацита.

Вода может в процессе фильтрования проходить через фильтр самотеком, если уровень воды в фильтре выше чем в резервуаре чистой воды или под напором (создается насосом). Фильтры в этом случае представляют собой закрытый напорный резервуар.

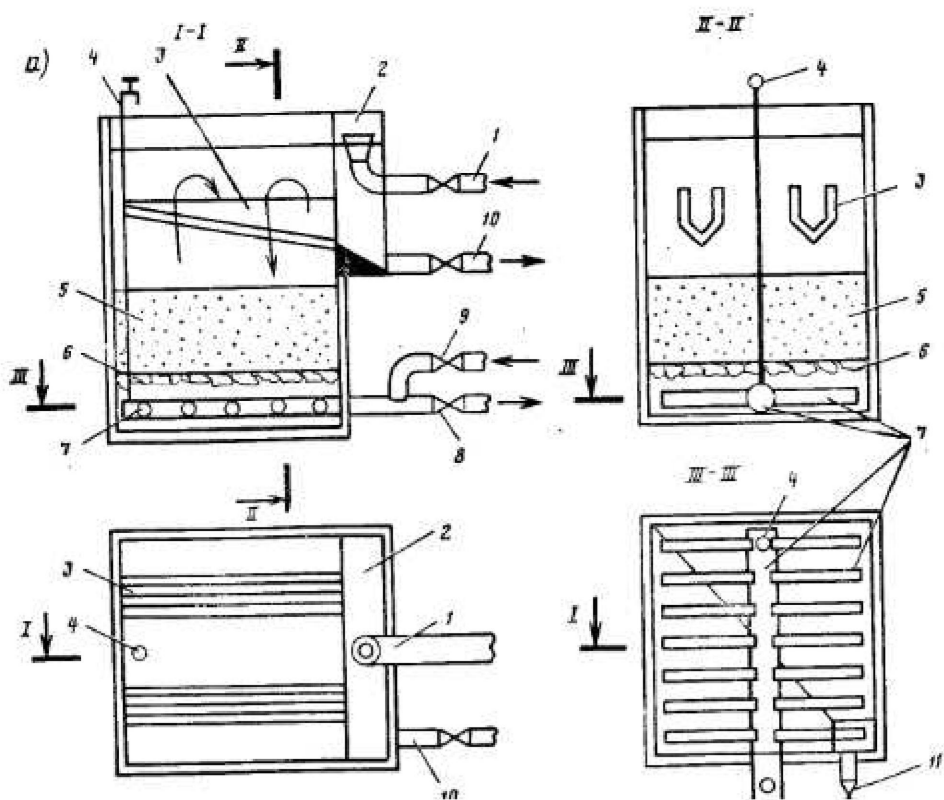


Рис.3.12 Схема открытого безнапорного скорого фильтра:

1,8-подача исходной воды и отвод отфильтрованной; 2-боковой карман; 3-водосборные желоба; 4-воздушник; 5-фильтрующая загрузка (кварцевый песок, керамзит, шунгизит и др.); 6-поддерживающий слой гравия (щебня); 7-распределительная труба (или канал) и перфорированные ответвления; 9,10-подача и отвод промывной воды; 11- водосток.

Вода подается на фильтр через карман (2) и желоба (3), проходит через слои песка и гравия и отводится при помощи дренажных устройств. Промывка происходит в обратном направлении снизу вверх. Вода подается через дренажные устройства. Скорость прохождения промывной воды в несколько раз больше скорости фильтрования. Вода взмучивает песок и вымывает осевшие при фильтровании частицы. Промывная вода отводится через желоба (3).

Периоды работы скорого фильтра:

I – образование пленки – $10 \div 20$ мин.

II – нормальная работа – $8 \div 12$ часов

III – обратная промывка фильтра $5 \div 7$ мин.

Минимальное количество фильтров – 2 (не больше 4 по КМК).

В этих фильтрах осветление воды достигается за счет объемного фильтрования. В них применяют относительно крупно – зернистую фильтрующую загрузку, обладающую повышенной грязеемкостью. Биологическая пленка на скорых фильтрах не успевает образовываться, так как их фильтроцикл длится всего 8 – 12 часов.

Интенсивность промывки фильтров водой принимается от 6 до 15 и даже 18 л/сек на м² в зависимости от загрузки фильтра.

6. Обеззараживание воды.

Возбудителями опасных заболеваний (холера, брюшной тиф, дизентерия, инфекционная желтуха и др.) могут быть бактерии распространяющиеся через воду. После прохождения через отстойники и фильтры вода освобождается примерно от 90 % бактерий. Для полного уничтожения бактерий необходимо обеззараживание (дезинфекция) воды.

Обеззараживание воды применяется, как единственная мера очистки, при использовании подземных вод. В бытовых условиях для обеззараживания небольшого количества воды применяется термический способ – кипячение.

На очистных станциях применяется один из следующих способов обеззараживания – хлорирование, бактерицидное облучение, озонирование.

6.1 Хлорирование

Хлорирование – наиболее широко применяемый способ обеззараживания воды. Для хлорирования воды используется жидкий хлор, гипохлорид натрия, двуокись хлора. Достаточность дозы определяется наличием остаточного хлора (хлор, что остается в воде). По Oz Dst 950:2011 концентрация остаточного хлора должна быть $0,3 \div 0,5$ мг/л.

Расчетная доза хлора определяется в результате пробного хлорирования. Доза зависит от качества воды:

для подземных вод $0,7 - 1,0$ мг/л

для осветленной

речной воды $2 \div 3,0$ мг/л.

Продолжительность контакта хлора с водой по КМКне менее 1 часа.

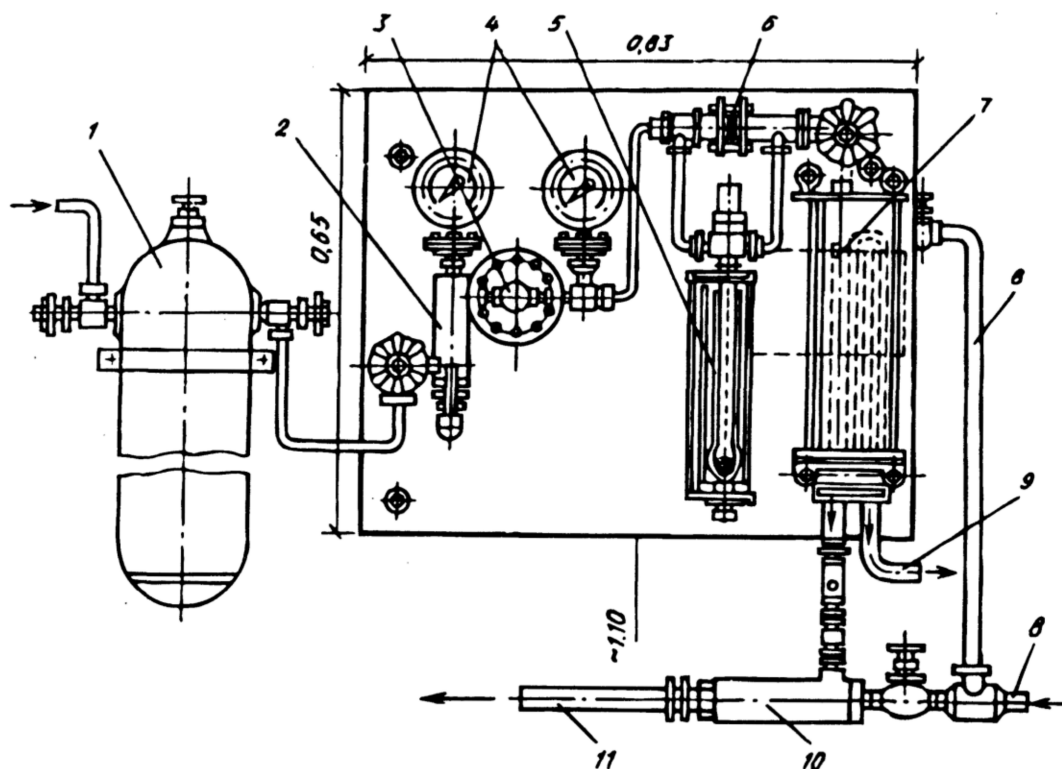


Рис. 3.13 Хлоратор ЛОНИИ- 100

1-промежуточный баллон с хлором; 2-фильтр со стекловатой; 3- редукционный клапан для снижения давления хлоргаза; 4-манометры; 5-ротаметр; 6- измерительная диафрагма; 7- смеситель; 8- подача водопроводной воды; 9- слив в канализацию; 10- эжектор, создающий разрежение в хлораторе; 11- отвод хлорной воды.

6.2 Бактерицидное облучение

Бактерицидное облучение – уничтожение бактерий осуществляется обработкой воды ультрафиолетовыми лучами определенной длиной волны $2200 \div 2800 \text{ \AA}$ (ангстрем – $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$).

Обеззараживание происходит в специальных установках (рис.). При использовании бактерицидного облучения необходимым условием является прозрачность.

Источником ультрафиолетовых лучей служат электрические ртутно-кварцевые или аргонртутные лампы.

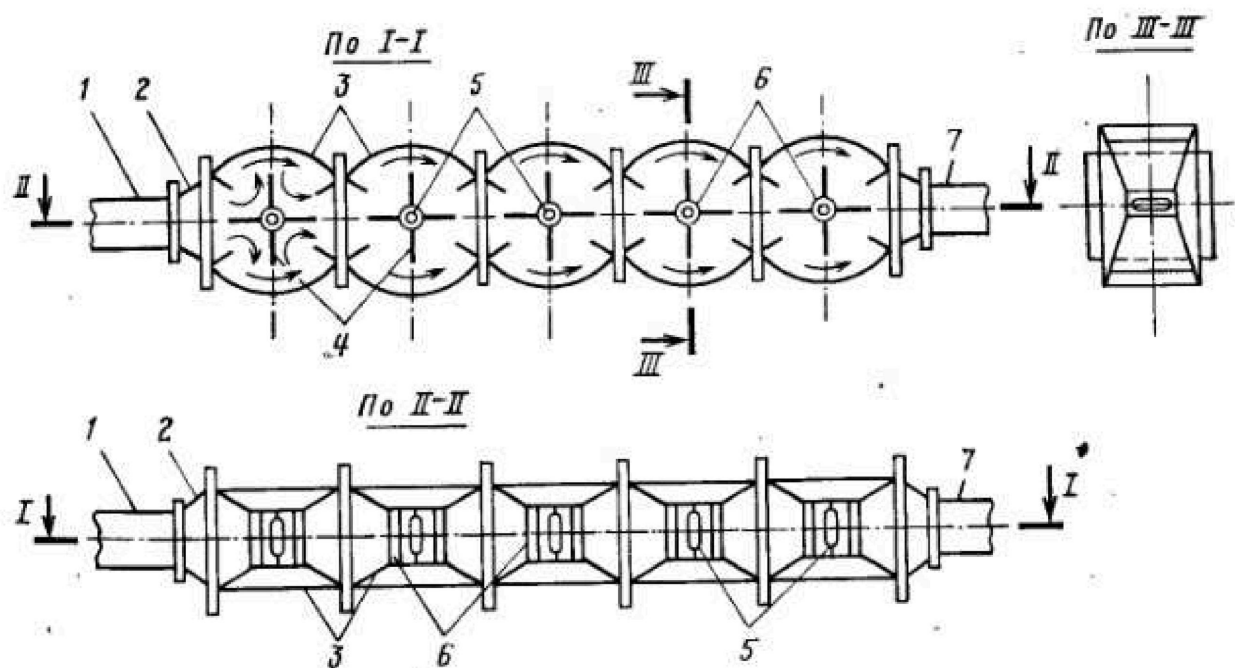


Рис.3.14 Бактерицидная установка ОВ-АКХ-1:

1,7-входной и выходной патрубки;2-переходные патрубки;3-бактерицидные камеры;4-струенаправляющие патрубки;5-ультрафиолетовые облучатели;6-кварцевые чехлы.

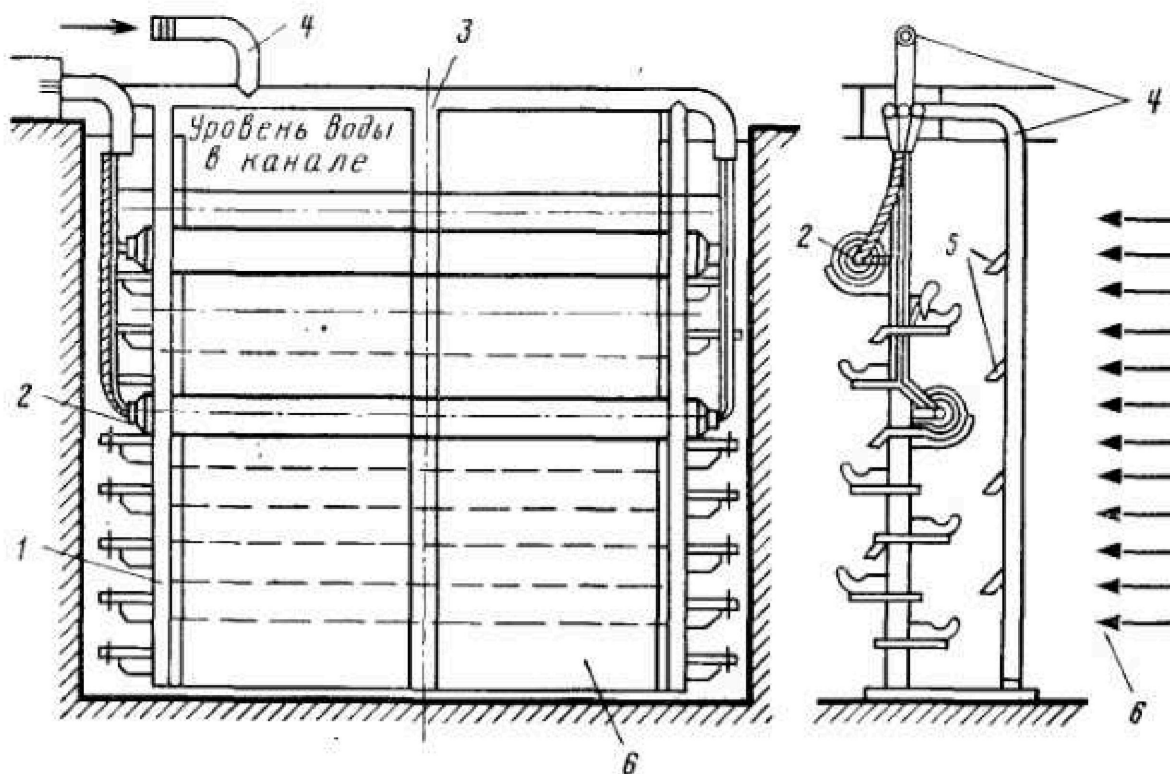


Рис.3.15 Бактерицидная установка ОВ-3П-РКС:

1-металлическая рама с кронштейнами; 2-блоки с бактерицидными лампами РКС-2,5; 3-металлические пластины; 4-трубопровод напорной воды для отмывки чехлов; 5-промывные сопла; 6-канал подачи отработываемой воды.

Бактерицидное облучение является экономически выгодным, безопасным и высокопроизводительным способом – мало влияет на вкус, цвет, запах, рН – что делает метод ценным для коммунально-бытового водоснабжения и предприятий пищевой промышленности.

Следует также отметить- меньше капиталовложения, чем при применении хлорирования и последующего дехлорирования, стоимость текущего ремонта и обслуживания систем бактерицидного облучения низкая. Сокращается также срок окупаемости установки.

6.3 Озонирование

Озонирование – пропуск через воду воздуха, содержащего трехатомный кислород – O_3 .

Доза озона для обеззараживания воды подземных источников принимается равной $0,75 \div 1$ мг/л, для осветленной поверхностной воды 1 – 3 мг/л.

Озонаторная установка служит для получения озона – в осушенный и охлажденный воздух вводится, «тихий» электрический разряд.

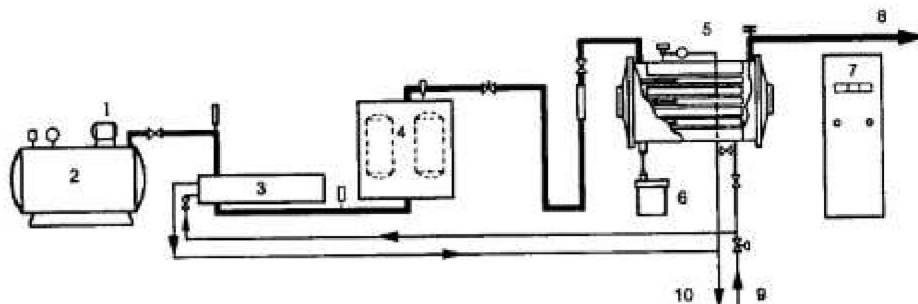


Рис. 3.16: Схема установки получения озона:

1-компрессор;2-ресивер;3-охладитель воздуха;4-сушилка;5-генератор озона;6-трансформатор;7-электрический щит;8-подача озono-воздушной смеси;9,10-подача и отведение охлаждающей воды.

Озонирование заключается в окислении бактерий атомарным кислородом, образующимся при распаде озона. Озон одновременно уменьшает цветность, вкус и запах воды. Озон одновременно уменьшает цветность, вкус и запах воды. Озон в виде озono - воздушной смеси получают в электрических озонаторах из кислорода воздуха. Перемешивание озono-воздушной смеси с водой происходит в специальных колоннах и резервуарах с помощью механических мешалок, эжекторов– смесителей и других приспособлений. Время контакта воды с озоном 10 минут.

7. Современные сооружения по очистке природных вод.

Поверхностные источники водоснабжения постоянно подвергаются загрязнению сбрасываемыми недостаточно очищенными промышленными и коммунальными стоками, ливневыми водами, отводимыми с территории населенных пунктов, загрязненными водами с сельскохозяйственных угодий.

Таким образом, в водные источники, используемые для – питьевого водоснабжения, попадают тяжелые металлы, нефтепродукты, поверхностно – активные вещества, соединения азота и фосфора.

Ухудшение качества поверхностных вод отрицательно сказывается на качестве близлежащих от поверхности грунтовых вод, питаемых за счет инфильтрации из поверхностных водотоков. Подземные водоносные горизонты загрязняются нитратами, минеральными солями и другими загрязнениями. Наблюдается также изменение качественного состава вод источников водоснабжения под действием климатических факторов.

Перечисленные антропогенные факторы воздействия на источники водоснабжения являются причиной того, что существующие водоочистные станции, рассчитанные в основном для осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды не всегда в состоянии обеспечить необходимую санитарную защиту населения и требуемое ГОСТ 2874-82 (O'zDst 950:2011) качество питьевой воды. В целях повышения качества питьевой воды, разработаны санитарные правила и нормы «Гигиенические и санитарно – технические требования к источникам централизованного хозяйственно – питьевого водоснабжения населения». Правила выбора (Сан ПиН №0025-94), которые учитывают особенности формирования и индивидуальность состава каждой питьевой воды. Необходимое усовершенствование технологий водоочистки осуществляется за счет реконструкции очистных сооружений (реагентного хозяйства, отстойников, фильтров), применения механических смесителей, камер хлопьеобразования и новых высокоэффективных коагулянтов, исключения первичного хлорирования путем интенсификации коагуляции и последующего озонирования, применения сорбции. Применение водоочистных установок заводского типа для водоснабжения коммунально – бытовых предприятий, поселков обеспечивает очистку воды от железа, взвешенных веществ т.д.

Таблица 3.4: Технологические схемы освещения и обесцвечивания поверхностных вод.

Качества воды			Производи- тельность станции м³/сут	Технологическая схема и состав сооружений
Количество взвеси, мг/л	Цветность, град.	Общее число микробов		
Безреагентная технология очистки воды				
< 50	< 50	> 50	1000	Медленные фильтры и обеззараживание
500-700	< 50	> 50	30000	Гидроциклоны, медленные фильтры с обратной промывкой, обеззараживание
> 700	< 50	> 10	любая	Гидроциклоны (сетки), отстойники, медленные фильтры, обеззараживание
Технология реагентной очистки воды				
< 30-50	< 150	> 50	5000-10000	Реагентное хозяйство, скорый напорный фильтр, обеззараживание
< 120	< 150	< 50	любая	Реагентное хозяйство, контактные осветлители, обеззараживание
< 250	< 250	> 50	любая	Реагентное хозяйство, флотатор, скорые открытые фильтры, обеззараживание
< 2500	< 500	> 50	любая	Реагентное хозяйство, горизонтальные отстойники (осветление воды в слое взвешенного осадка), скорые открытые фильтры, обеззараживание
> 2500	< 500	> 50	любая	Реагентное хозяйство, отстойники, двухступенчатые фильтры (контактные префильтры и скорые фильтры), обеззараживание

Установка «Струя» предназначена для очистки природных вод с целью их осветления, обесцвечивания, умягчения, обезжелезивания и обесфторирования. Используется в системах хозяйственно – питьевого и промышленного водоснабжения.

Напорная установка «Струя» НИИ КВоВ выпускается производительностью 100, 200, 400 и 800 м³/сут для вод мутностью до 5 г/л любой цветности с содержанием фтора до 5 мг/л, железа общего до 50 мг/л и общей жесткостью до 20 мгэкв/л.

Безнапорная установка «Влага» технологически аналогична установке «Струя» но имеет большую производительность: 1,6; 3,2; 5,0; 8,0 тыс. м³/сут и может быть использована не только для осветления, но и для обесцвечивания, дезодорации и обеззараживания, дефторирования и умягчения.

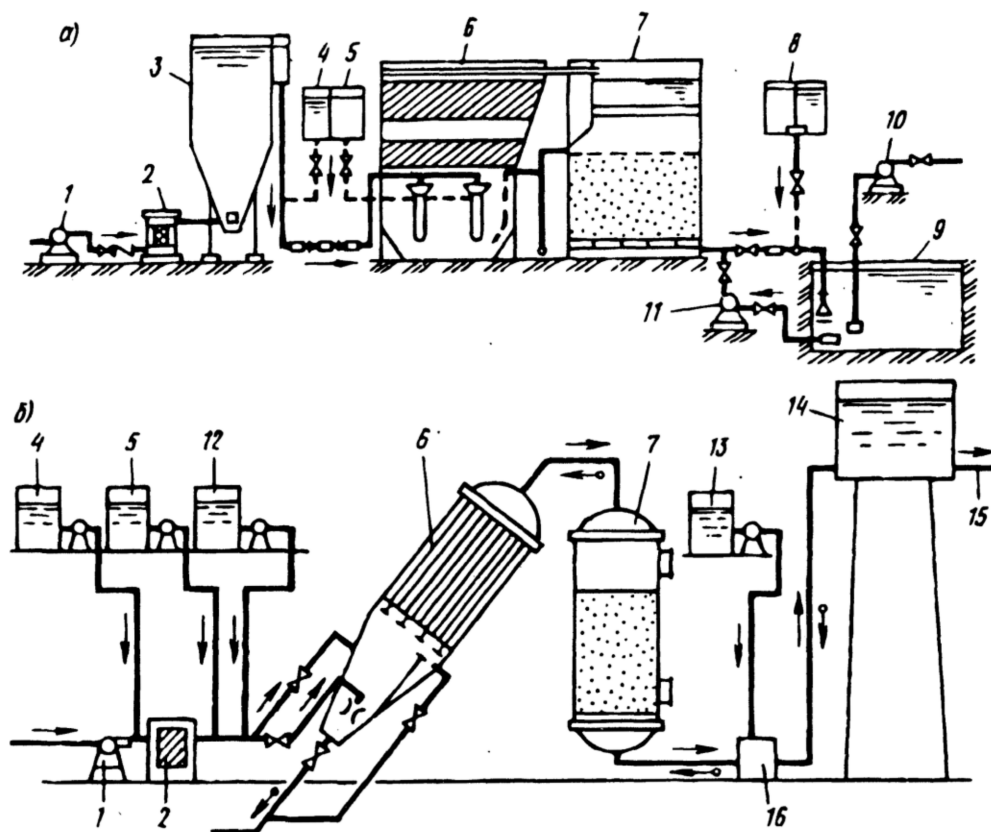


Рис.3.17 Схема установок заводской готовности «Влага»(а) и «Струя»(б).

1,10-насосы подачи исходной и обработанной воды;2,7-сетчатый и зернистый скорые фильтры; 3-вертикальный смеситель-деаэратор;4,5-баки коагулянта и флокулянта; 6-тонкоструйный отстойник,совмещённый с конвективной камерой хлопьеобразования;8-аппарат обеззараживания воды; 9- резервуар чистой воды; 11-насос подачи промывной воды; 12-бак известкового раствора;13-бак раствора поваренной соли; 14-водонапорная башня; 15-отвод воды потребителю; 16- аппарат «Поток» для получения гипохлорита натрия.

Установка применима при мутности исходной воды до 1,5 г/л, цветности до 300 град, содержании железа до 40 мг/л, фтора до 5 мг/л, общей жесткости до 15 мгэкв/л, карбонатной жесткости до 8 мгэкв/л.

Технологические схемы этих установок включают сетчатые фильтры, тонкослойные отстойники, совмещенные с камерами реакции гидравлического типа, скорые зернистые фильтры, аппараты для обеззараживания воды, реагентное хозяйство и насосные установки.

Напорная передвижная установка ВИИИ и М (Россия) с собственной электростанцией «Киев - 2» производительностью 0,5 м³/час. Универсальная технологическая схема установки предусматривает не только осветление, обесцвечивание, обеззараживание воды, но и ее дезодорацию и опреснение. Подобные агрегаты получили распространение в водоснабжении животноводческих комплексов, на отгонных пастбищах и др.

В водах, используемых для питьевого водоснабжения, нередко содержатся соединения способные создавать комплексы с ТМ, фосфором, хлором и другими элементами (это главным образом углеводороды, СПАВ, а также другие растворимые нелетучие и высококипящие средне и высокомолекулярные соединения). Для доочистки таких вод рекомендуется применять порошковые активированные углы (ПАУ) в дозах от 5 до 20 мг/л, ввод которых осуществляется перед фильтрами большой грязеемкости.

В НИИ Водгео разработаны фильтры со специальной загрузкой состоящей из 3^х – слоев макро и микропористых углей (толщина слоев 0,5 – 1,5 м, диаметр частиц от 0,4 до 4 мм).

В настоящее время разработан фильтр ФБК – 23 – фильтр сорбционной очистки питьевой воды от механических примесей, ионов тяжелых металлов (Zn, Cd, Sr, Cu, Hg, Pb, As и др.), радионуклидов, нитратов, пестицидов, фенолов, диоксина, остаточного хлора. Очистка осуществляется специально подобранными сорбентами, обладающими высокой емкостью. Производительность фильтра – 1 – 3 м³/час, ресурс работы сорбентов – 5000 м³, размеры 800х600 мм.

Допущен к применению Минздравом и Госстандартом Узбекистана и России.

Система водоподготовки ИВК – 1 – 2 – промышленная система, предназначенная для очистки питьевой воды от взвешенных частиц, ионов тяжелых металлов (Zn, Cd, Sr, Cu, Hg, Pb, As и т.п.) радионуклидов, органических соединений (пестицидов, фенолов, диоксина и т.п.) бактерий (возбудителей брюшного тифа, дизентерии, холеры, сальмонеллезов и т.п.), а также для снижения жесткости. Используется на крупных промпредприятиях по разливу воды в бутылки. Состоит из колонн для очистки от механических примесей, умягчения воды, удаления ионов металлов и радионуклидов, удаления органических примесей, системы обеззараживания с блоком питания и управления (ИВК – 2П). Производительность системы 1 – 7 м³/час, коэффициент очистки от химических загрязнений, бактерий – 10 – 100, начальная жесткость до 15 мгэкв/л, конечная 0,2 ÷ 2,0 мгэкв/л, ресурс работы сорбентов 5000 м³ и более. Размер – высота 1960 мм. Напряжение 220 + 15 % в, потребляемая мощность 50 Вт.

Системы обеззараживания

Системы УФ обеззараживания TROJAN UV MAX для очистки воды ультрафиолетовым излучением являются уникальными системами, уничтожающими в питьевой воде бактерии, плесень, вирусы без необходимости добавления химикатов или повышения температуры. Система является недорогой, простой в использовании альтернативой хлорирования и озонирования. Эти системы способны работать с производительностью до 178 л/мин (10,7 м³/час).

Высокоэффективный и безопасный способ, не влияет на вкусовые характеристики, цвет или запах, снижает риск заболеваний.

Система обеззараживания с блоком питания и управления (ИВК – 2П)

Производительность – 1 – 7 м³/час

Коэффициент очистки от химических загрязнений, бактерий – 10 – 100

Начальная жесткость – до 15 мгэкв/л

Конечная жесткость – 0,2 – 2,0 мгэкв/л

Ресурс работы сорбентов, м³ – 5000 и >

Ресурс работы блока обеззараживания - 5000 и >

Размеры 1960 мм. высота

Напряжения, в – 220 ± 15 %

Потребляемая мощность, Вт – 50.

Система обеззараживания воды ИВК – 2П (ИВК – 2Б)

Для обеззараживания питьевой воды от всех типов бактерий (возбудителей брюшного тифа, дизентерии, холеры, сальмонеллез и т.п.) в школьных и дошкольных учреждениях, гостиницах, коттеджах, небольших поселках, при производстве питьевой воды и продуктов питания. Принцип работы основан на использовании процессов электрохимического обеззараживания.

ИВК – 2Б – устройство предназначено для предотвращения цветения и безхлорного обеззараживания воды плавательных бассейнов от всех типов бактерий. Устройство обеспечивает сокращение расхода воды в бассейнах в 8 – 10 раз.

Производительность, м³/час – 1 – 10

Размеры (высота) 230 х 170 (диаметр)

Потребляемая мощность 5 – 50 Вт

Ресурс работы блока обеззараживания, м³ – 2000 – 5000

8. Спецобработка воды. Основные способы.

К основным способам спецобработки можно отнести:

1. Умягчение воды
2. Обезжелезивание
3. Стабилизация
4. Обессоливание
5. Дегазация
6. Фторирование и обесфторирование.

8.1. Умягчение воды.

Умягчение воды – удаление солей кальция и магния. Этот способ в основном применяется на предприятиях, технологические операции на которых требуют использования мягкой воды или воды без солей кальция и магния. Жесткость измеряется в мгэкв/дм³. 1 мгэкв/дм³ соответствует содержанию в воде 20,04 мг/дм³ Са или 12,16 мг/дм³ Mg. Различают временную и постоянную жесткость. По жесткости вода делится на следующие группы:

Очень мягкая до 1,5 мгэкв/дм³

Мягкая 1,5 – 3,0 мгэкв/дм³

Средняя 3,0 – 6,0 мгэкв/дм³

Жесткая 6,0 – 10,0 мгэкв/дм³

Очень жесткая более 10 мгэкв/дм³

Согласно действующего О'zDst 950:2011. жесткость питьевой воды не должна превышать 7 мгэкв/дм³.

Жесткость воды на отдельных предприятиях оказывает влияние на различные технологические процессы. Например, в машинах и механизмах способствует образованию отложений на внутренних стенках, что сокращает срок службы. Во избежание образования отложений, вода должна быть мягкой и прозрачной, так как отложения уменьшают теплообмен. Например, вода используемая для охлаждения двигателей тракторов и автомобилей должна иметь постоянную жесткость 7 – 8, временную жесткость менее 3 мгэкв/дм³, мутность не более 40 мг/дм³.

Особенно жесткость влияет на состояние котлов и может способствовать увеличению расхода топлива (до 2^x раз). Для котелен общая жесткость в зависимости от давления должна быть 2 – 0,017 мгэкв/дм³., в текстильной промышленности жесткость влияет на качество выпускаемой продукции, особенно при производстве искусственного волокна.

Умягчение воды осуществляется следующими методами:

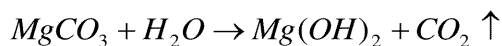
1. Термический, основанный на нагревании воды ее дистилляции или вымораживании. Этот метод умягчения целесообразно применять при

использовании карбонатных вод, идущих на питание котлов низкого давления, а также в сочетании с реагентными методами умягчения воды.

При нагревании происходит реакция



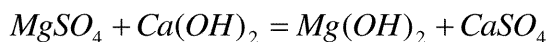
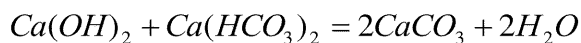
Кипячением можно снизить карбонатную кальцевую жесткость. При наличии в воде гикарбоната магния процесс его осаждения происходит только после длительного кипячения:



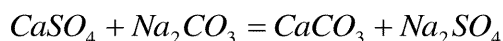
Таким образом, этот способ эффективно использовать при умягчении воды с карбонатно кальцевой жесткостью

2. Реагентный, или известково – содовый, когда ионы кальция и магния связываются химическими веществами в малорастворимые и легко удаляемые соединения – карбонат кальция и гидроксид магния. В зависимости от применяемого реагента различают известковый, известково – содовый, едконатриевый, фосфатный и другие способы умягчения воды.

Сода или известь добавляются в воду в виде раствора.



При этом снижается карбонатная жесткость. Для снижения общей жесткости в воду добавляют соду:



Удалять $CaCO_3$ необходимо до отстаивания и фильтрования воды, поэтому умягчение поверхностных вод осуществляется до ее осветления.

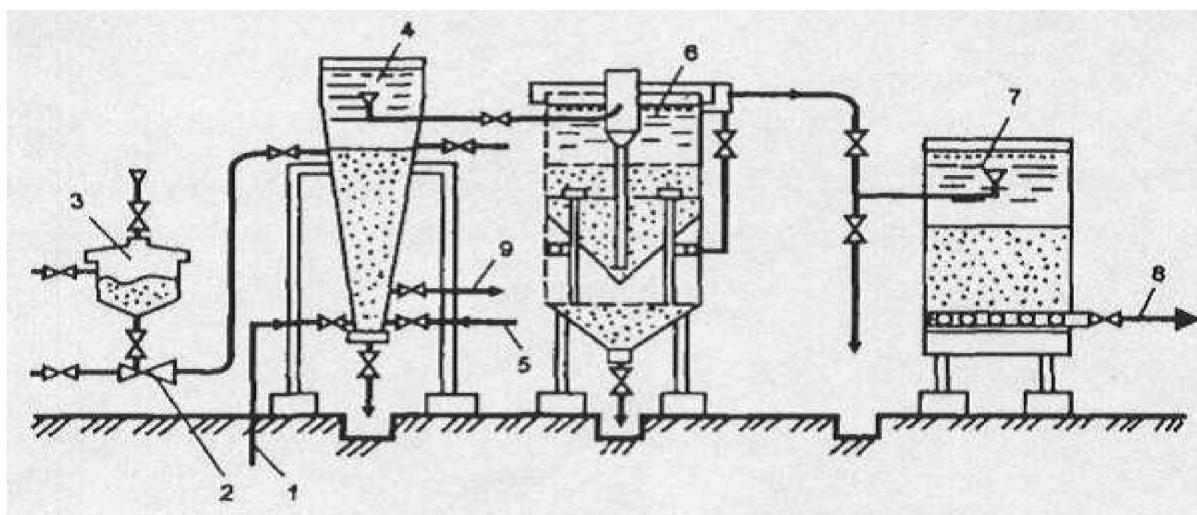


Рис.3.18 Установка по реагентной очистке воды..

1,8 – Подача воды на умягчение и отвод умягчённой воды;2-Эжектор;3-Бункер с контактной массой;4-Вихревой реактор;5-Ввод реагентов;6-Осветление воды в слое взвешенного осадка;7-Скорый фильтр;9-Сброс контактной массы.

3.Катионитовый (ионообменный).

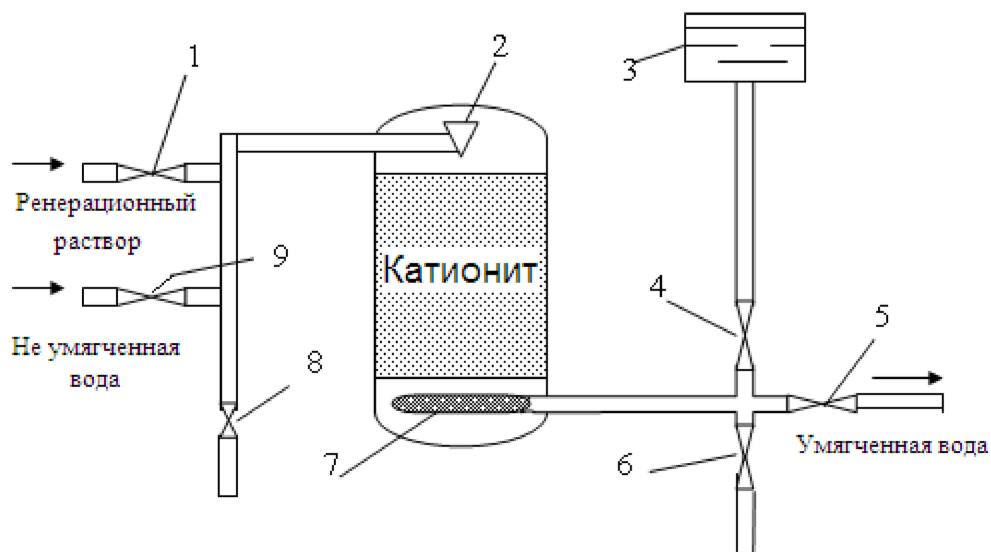


Рис. 3.19 Катионитовый фильтр:

1,4,5,6,8,9-задвижки; 2-воронка; 3-промывной бак;7-дренаж.

Метод основан на способности ионообменных материалов (катионитов) обменивать присутствующие в воде катионы кальция и магния на обменные катионы натрия или водорода (не придающие воде свойства жесткости) которыми предварительно заряжается катионит. Обмен ионов натрия называется Na^+ катионированием, а ионов водорода – H^+ - катионированием.

В качестве катионитов в настоящее время применяют искусственно получаемые материалы, например сульфоуголь, катиониты марки КУ – 1, КУ – 2 – 8 и др.

Минеральные катиониты искусственного происхождения готовят смешением раствора сульфата алюминия с раствором соды и жидкого стекла.

Особенностью Na^+ катионирования является то, что карбонатная жесткость умягченной воды, обусловленная бикарбонатами кальция и магния, переходит в бикарбонатную щелочность NaHCO_3 , т.е. концентрация бикарбонатных ионов изменяется.

Наибольшее практическое применение нашло сочетание процессов Na^+ и H^+ - катионирования, в результате чего может быть достигнута требуемая щелочность или кислотность при взаимной нейтрализации кислой и щелочной воды.

При одноступенчатом катионировании жесткость может быть снижена до 0,1 мгэкв/л, при двухступенчатом до 0,01 мгэкв/л.

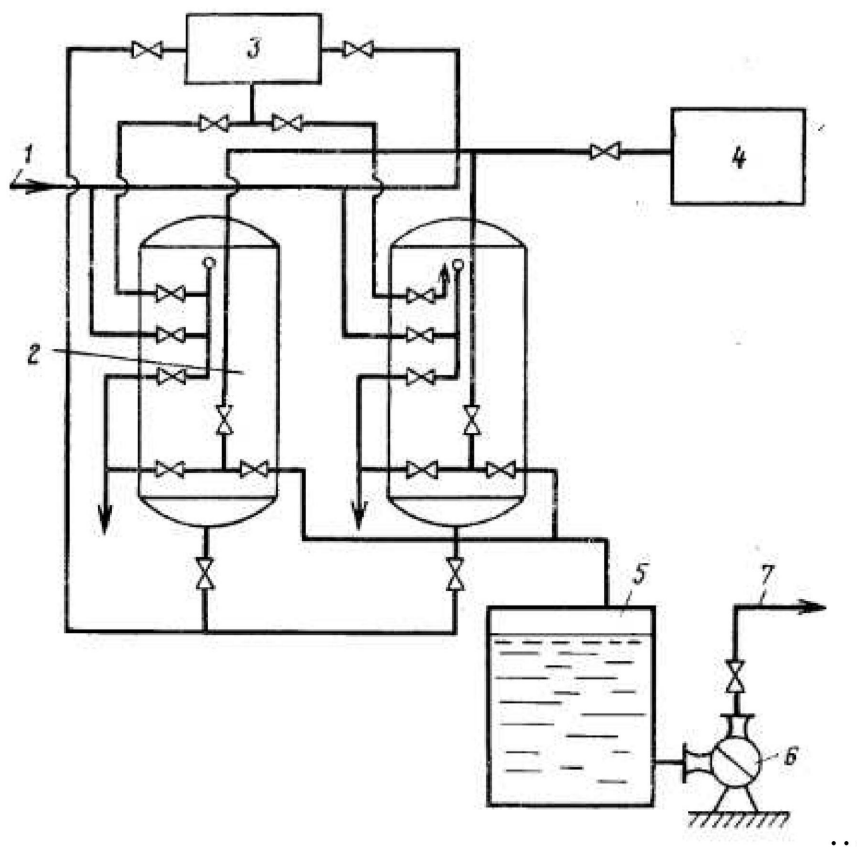


Рис. 3.20 Схема одноступенчатого натрий –катионирования воды. :

1.7-подача исходной и отвод умягчённой воды;2-натрий-катионитовый фильтр;3-бак с раствором поваренной соли;4-бак с частично умягчённой водой для взрыхления катионита;5-резервуар умягчённой воды;6-насос.

Напорный катионитовый фильтр представляет собой закрытый резервуар,заполненный 2-3м.слоем катионита,который укладывается на дренаж.Чем выше жёсткость воды, тем больше слой катионита и меньше скорость фильтрования.

Пройдя слой катионита, умягченная вода через дренаж отводится в сборный резервуар. После исчерпания обменной способности катионита делается его регенерация 6 – 10 % - ным раствором поваренной соли NaCl, если Na – катионитовый фильтр, или 2 – 5 % ным раствором кислоты для H – катионитового фильтра.

Процесс регенерации включает следующие операции: взрыхление катионита исходной водой, подаваемой снизу вверх с интенсивностью 3 – 4 л/с на 1 м²; пропуск регенерационного раствора (150 – 200 г на 1 гэkv жесткости) сверху вниз со скоростью 3 – 5 м/час и отмывку катионита исходной водой со скоростью 8 – 10 м/час на 1 м³ катионита подается 4 – 5 м³ воды.

Отмывка заканчивается при снижении жесткости фильтрата до 0,1 мгэkv/л после чего фильтр включается в рабочий цикл.

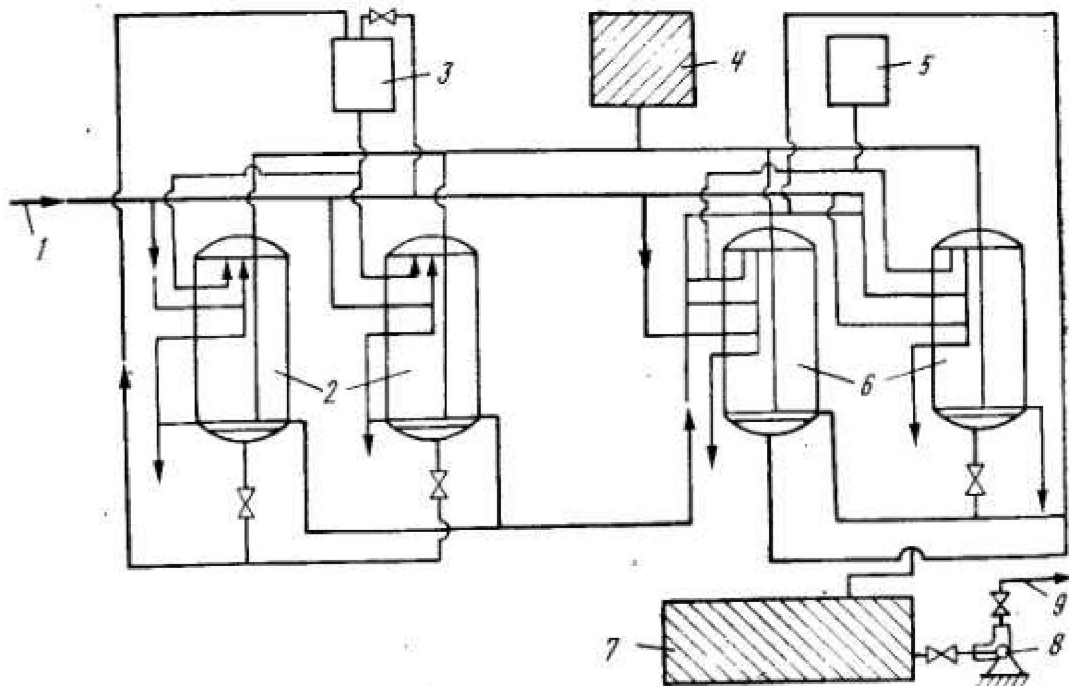


Рис.3.21 Схема двухступенчатого натрий-катионитового умягчения

ВОДЫ:

1,9-подача исходной воды и отвод умягчённой воды;2,6-натрий- катионитовые фильтры 1и2 ступени;3,5- баки с раствором соли для регенерации фильтров;4- бак с водой для взрыхления загрузки фильтра;7-резервуар умягчённой воды;8-насос.

8.2. Обезжелезивание воды

Железо в природных водах может содержаться в виде двухвалентного железа, неорганических и органических коллоидов, а также в форме комплексных соединений двух и трехвалентного железа или тонкодисперсной взвеси гидрата окиси железа.

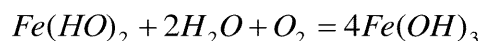
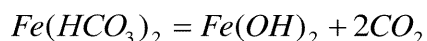
Для хозяйственно — питьевых целей обезжелезивание воды производится при содержании в ней железа более 0,3 мг/л.

Предприятия текстильной и бумажной промышленности, заводы по переработке сельхозпродуктов используют воду не содержащую железа, так как его наличие ухудшает качество выпускаемой продукции.

Методы обезжелезивания сводятся к двум основным типам: безреагентные и реагентные.

Обезжелезивание поверхностных вод можно осуществить лишь реагентными методами, а для удаления железа из подземных вод наибольшее распространение получили безреагентные методы.

Обезжелезивание воды осуществляется методом аэрации с последующей фильтрацией. При аэрации вода насыщается кислородом воздуха, окисляющим двухвалентное железо в трехвалентное, соединение которого в результате гидролиза образует труднорастворимый гидрооксид, выделяющийся из воды и задерживающийся загрузкой фильтра.



Перспективными из безреагентных методов обезжелезивания является вакуумно – эжекционная аэрация и фильтрование; упрощенная аэрация и фильтрование; «сухая» фильтрация, фильтрование в подземных условиях с предварительной подачей в пласт окисленной воды или воздуха; аэрация и двухступенчатое фильтрование.

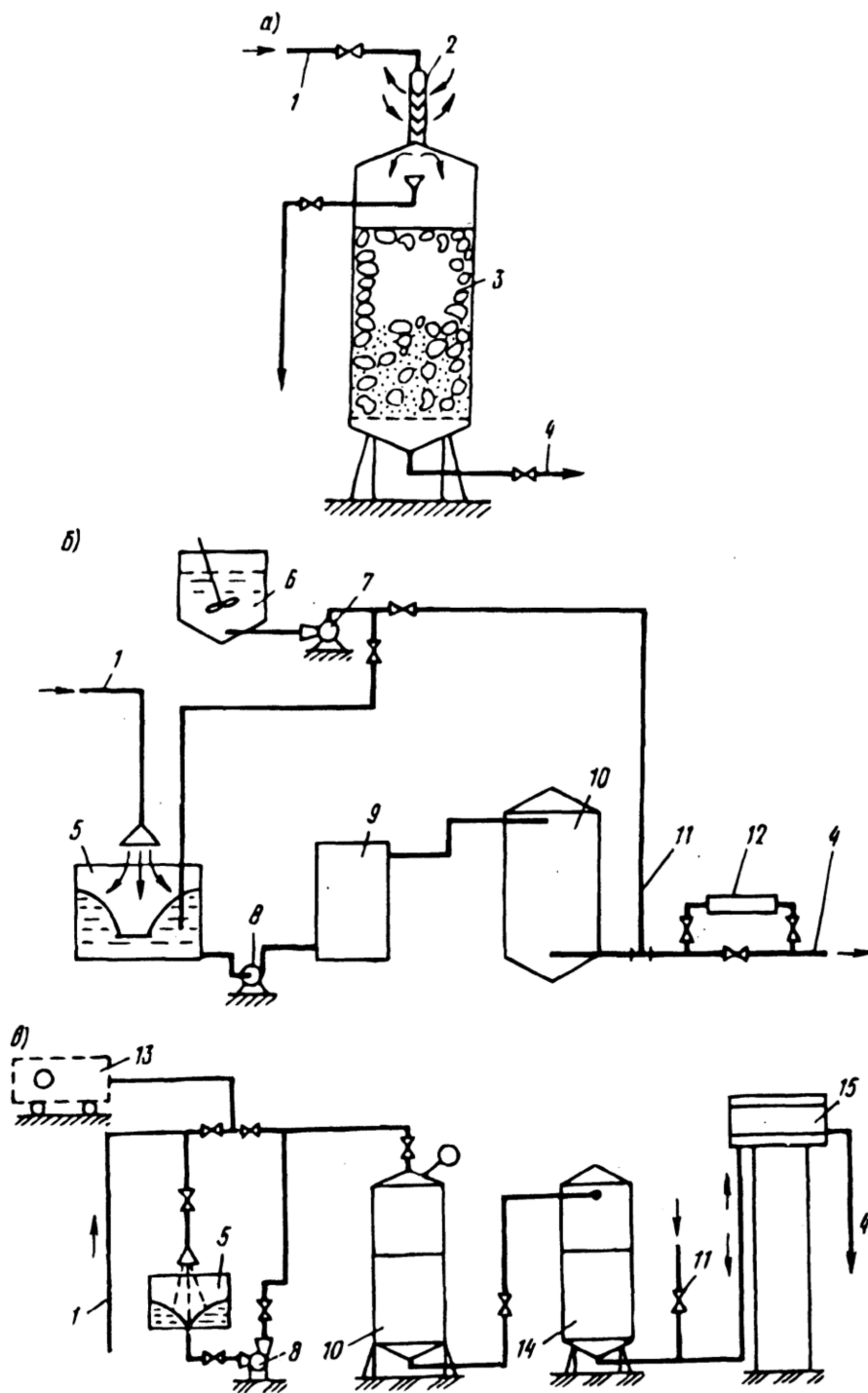


Рис. 3.22 Схемы у станок обезжелезивания природных вод методами:

а-вакуумно-эжекционная аэрация и фильтрование;б-упрощенная аэрация(установка «Деферрит»);в-упрощенная аэрация с двухступенчатым фильтрованием. 1,4-подача исходной и отвод отработанной воды;2-вакуум-эжектор;3-скорый каркасно-засыпной фильтр;5-бак-аэратор;6-реагентное хозяйство;7-насос-дозатор;8-насос;9-ресивер;10-скорый фильтр;11-ввод хлора(вариант);12-бактерицидная установка;13-компрессор;14-скорый фильтр 2 ступени;15-водонапорная башня.

К реагентным относят следующие методы: упрощенная аэрация, оксидация, фильтрование, напорная флотация с известкованием и последующим фильтрованием, известкование, отстаивание в тонкослойном отстойнике и фильтрование и т.д.

Безреагентные методы обезжелезивания применяют при рН не менее 6,6, щелочности – не менее 1,5 мгэкв/л. В зависимости от содержания железа от 3 мг/л до 30 мг/л рекомендуется один из выше указанных методов.

Реагентные методы обезжелезивания применяют при низких значениях рН, высокой окисляемости, нестабильности воды.

Метод обезжелезивания выбирают в зависимости от количества железа и перманганатной окисляемости.

8.3. Стабилизация воды.

Уменьшение коррозионных свойств и возможности образования отложений на внутренних стенках труб называется стабилизацией воды.

Индекс стабильности воды определяется величиной $j = \text{pH}_0 - \text{pH}_s$;

Используемую воду проверяют на специальном приборе (встряхиванием воды с карбонатом кальция CaCO_3).

При этом pH_0 – величина рН до встряхивания с добавлением в воду извести.

pH_s – после встряхивания величина рН.

По результатам испытания определяется индекс стабильности воды:

$j = 0$ – вода стабильная

$j < 0$ – вода обладает коррозионными свойствами

$j > 0$ – показывает вероятность образования отложений на стенках труб.

Различают следующие способы стабилизации воды:

1. Избыток углекислоты в составе воды вызывает коррозию труб. При этом следует использовать:

а) обработку воды известью (подщелачивание – для защиты от коррозии трубы покрывают тонкой, карбонатно – кальциевой плёнкой). Могут использоваться и другие реагенты (едкий натрий, сода);

б) пропуск воды через магниевые фильтры (дробленный доломит и мрамор).

2. При недостатке углекислоты (положительный индекс стабильности) на внутренних стенках труб образуются отложения. Воду стабилизируют подкислением, используя раствор серной или соляной кислот.

Стабилизационную обработку воды необходимо производить при отрицательном индексе стабильности более 8 месяцев в году и при положительном индексе ($j > 0,5$) в течение 8 – 10 месяцев.

8.4. Обессоливание

Удаление всех солей из воды необходимо осуществлять перед подачей ее на предприятия, где не допускается использовать воду в которой содержится даже очень малое количество растворенных солей. К таким относятся предприятия электровакуумной промышленности, котлы высокого давления и т.д. Например, на предприятиях электровакуумной промышленности следует использовать воду с содержанием растворенных солей не более 0,02 мг/л, т.е. необходимо осуществлять полное удаление солей, т.е. обессоливание.

Методы опреснения (удаление солей до 1000 мг/л) и обессоливание подразделяют на две основные группы: с изменением и без изменения агрегатного состояния воды. К первой группе относят дистилляцию, нагрев воды до сверх критической температуры (350^0), замораживание газогидратный способ; ко второй группе относят ионообменный, электродиализ, обратный осмос (гиперфильтрация), ультрафильтрацию, экстракцию и т.д.

Наиболее распространены на практике следующие способы: термический (дистилляция), ионообменный, электродиализный и обратный осмос.

Выбор метода обуславливается качеством исходной воды и требованиями к качеству обработанной воды, производительностью установки и технико – экономическими сооружениями. Например, ионообменный способ предпочтительно использовать для вод со степенью минерализации от 0,8 до 1,0 г/л. При минерализации более 1 г/л выбор способа осуществляется экономическим сравнением ионообменного и термического или других способов. Рекомендуется при содержании в воде до 2 – 3 г/л применять ионообменный способ, более 10 г/л – дистилляцию, замораживание или обратный осмос, 2,5 -10 г/л – электродиализ или обратный осмос.

Различают дистилляционные установки по конструктивному оформлению, по мобильности (стационарные или передвижные), по источникам энергии, расходуемой на работу установки. В настоящее время используют установки на ископаемом топливе, солнечной, электрической и атомной энергии и т.д. Принцип дистилляции основан на том, что при нагревании соленой воды до температуры более температуры кипения, вода начинает кипеть и образовавшийся пар при давлении менее 50 кг/см² не способен растворять соли и при его конденсации получается пресная вода. Пар поступает в конденсатор, где охлаждается исходной соленой водой и превращается в дистиллят, направляемый потребителю в виде пресной воды.

Для получения воды особой чистоты кипячение воды должно быть медленное и равномерное во избежание выноса, тяжелых частиц вместе с паром.

По характеру использованного тепла и его степени повторного использования (рекуперации) различают дистилляционные опреснительные установки одноступенчатые, многоступенчатые и термокомпрессионные.

Термический (дистилляционный) метод является наиболее используемым (90 % опреснителей). Латинское «дистилляцио» означает перегоняться с целью очищения или стекать каплями.

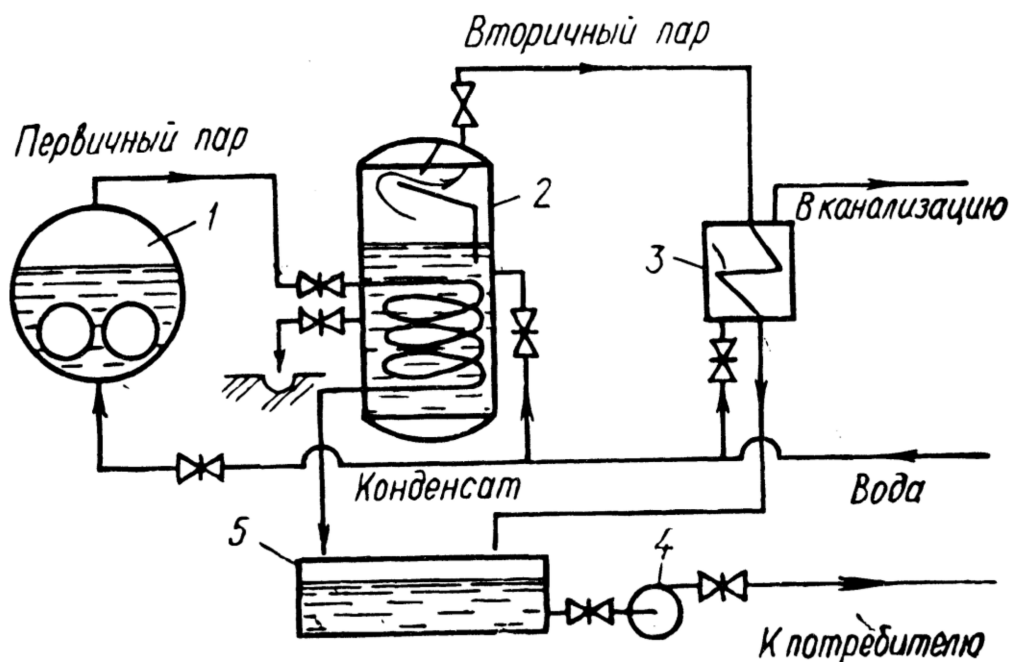


Рис. 3.23 Схема одноступенчатой испарительной установки.

1-котёл для нагрева воды;2-испаритель;3-конденсатор;4-насос;5-сборный бак для обессоленной воды.

Метод замораживания (кристаллизационный) основан на способности воды при замерзании разделяться на пресные кристаллы и концентрированный рассол. Известно, что дистиллированная вода замерзает при температуре 0° , а соленая при температуре, близкой к минус 2° С. При замораживании соленой воды и последующем ее оттаивании в первую очередь вытекает охлажденный рассол (температура таяния -2° С) а затем пресная вода (при температуре 0° С).

Недостатком этого способа является большая емкость холодильной установки для получения искусственного холода и большой расход металла на изготовление ледогенератора, поскольку передача тепла через поверхность теплообмена происходит с малой интенсивностью из — за малого температурного градиента.

Метод гелиоопреснения заключается в использовании солнечной радиации в бассейне заполненным соленой водой.

При испарении под воздействием солнечного тепла, образуется дистиллят. Дистиллят при конденсации пара на охлаждаемых воздухом

поверхностях крыши, выполненной из стекла или пластмассы, собирается в желобах.

В зависимости от конструкции и использованных материалов производительность опреснителей этого типа достигает 10 л (м².сут).

Метод ионообменный заключается в пропуске соленой воды последовательно через фильтры, загруженные катионитом и анионитом, которые периодически регенерируются 2 – 5 % раствором кислоты и щелочи соответственно.

На ионообменные установки должна подаваться вода, содержащая соли до 3 г/л, сульфаты и хлориды – до 5 мг/л, взвешенные вещества – не более 8 мг/л и имеющая цветность не выше 30⁰ и перманганатную окисляемость до 7 мг О₂/л.

В соответствии с необходимой степенью обессоливания воды проектируют одно, двух и трехступенчатые установки, но во всех случаях для удаления из воды ионов металлов применяют сильноокислые Н – катиониты с большой обменной способностью.

Методы электролиза.

Сущность метода заключается в использовании направленного движения ионов под действием электрического поля. Если к электродам приложить напряжение, то находящиеся в растворе ионы придут в движение в соответствии со знаком их заряда – отрицательно заряженные (анионы) – к аноду, положительные (катионы) – к катоду. Электролизная установка представляет собой емкость из диэлектричного материала заполненную соленой водой, в которую опускается два электрода между электродами размещаются селективные мембраны, обладающие способностью при подаче постоянного тока проводить ток лишь одного знака: катионитовые мембраны пропускают положительно заряженные ионы, а анионитовые – отрицательно заряженные.

В настоящее время используется многокамерные электродиализные установки с большим числом пар катионо и анионообменных мембран.

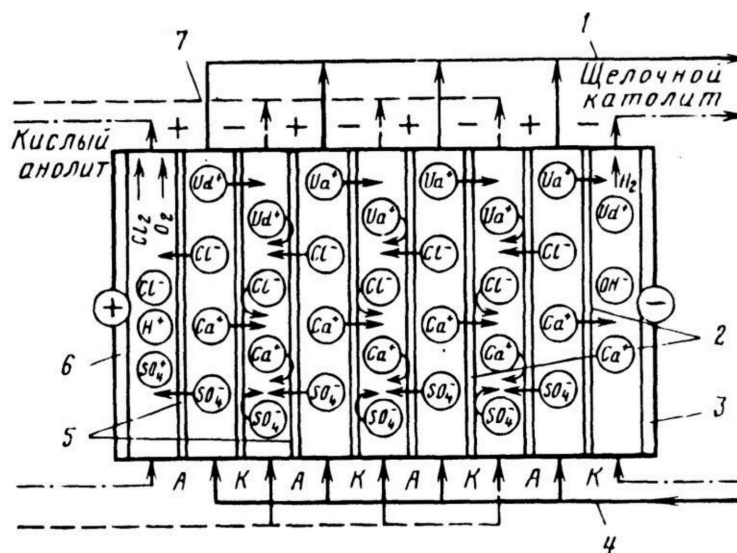


Рис.3.24 Схема многокамерного электродиализного аппарата:

1,4—отвод обессоленной и подача исходной воды; 2,5—ионоселективные катионитовые и анионитовые мембраны; 3—катод; 6—анод; 7—отвод концентрата.

Селективность мембран создает условия, при которых из нечетных камер ни катионы, ни анионы не могут пройти в соседние камеры, вследствие того что знак их заряда совпадает со знаком соответственно катионообменных и анионообменных мембран. Поэтому в четных камерах происходит процесс опреснения, а в нечетных наоборот, концентрация солей, в результате чего в камерах образуется рассол, обессоленная вода и концентрированный раствор отводятся по соответствующим трубопроводам.

Показатели работы электродиализных установок определяются в первую очередь характеристиками мембран. Мембрана должна в первую очередь обладать селективностью и переносить ионы только одного знака. В реальных условиях мембраны частично переносят ионы обоих зарядов.

Мембраны изготовляют или из одной ионообменной смолы (гомогенные мембраны) или из смолы и инертного связующего (гетерогенные). В качестве связующего часто используется полиэтилен.

Вода подаваемая, на электродиализную установку, должна содержать, не более: жесткость — 40 м экв/л, взвешенные вещества — 1,5 мг/л, цветность — 20 градусов по платино — кобальтовой шкале, содержание железа до 0,1 мг/л.

Метод электродиализа целесообразно применять для опреснения воды с содержанием солей от 2,5 до 10,0 г/л, получая воду с содержанием солей не ниже 500 мг/л. Разработан целый ряд опреснительных установок на базе электродиализных аппаратов конструкции ВИИН Водгео (Россия) Налажен серийный выпуск аппаратов производительностью 50, 100 и 1000 м³/сут, предназначенных для обработки исходной воды с содержанием 5 – 8 г/л. Установки СЭХО – 1 и СЭХО – 11 предназначены для сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения пастбищ.

Метод обратного осмоса (гиперфильтрация).

Установка представляет собой камеру с полупроницаемой перегородкой, способной пропускать воду и задерживать гидратированные ионы растворимых солей. Вода перетекает через перегородку вследствие разницы концентрации жидкости по обеим сторонам перегородки. Уровень пресной воды со временем становится ниже уровня соленого раствора. Разница уровней характеризует осмотическое давление растворённого вещества. Процесс самопроизвольного перетекания менее концентрированного раствора в более концентрированный через полупроницаемую перегородку называют осмосом. При создании давления превышающего осмотическое возникает перетекание молекул пресной воды в направлении обратном ее естественному движению, т.е. вода из раствора начинает перетекать через перегородку в пресную воду. Такой процесс называется обратный осмос.

Перегорodka имеет такие поры, через которые проходят молекулы, воды, но не могут проходить ионы солей. Ионы солей в размере примерно в 1,5 раза больше, чем молекулы воды, что позволяет им протекать через поры. Это явление называют еще и гиперфильтрацией.

Соленая вода подается под давлением порядка 10.0 МПа в пространство между двумя перегородками (мембранами).

Установка при производительности до 100 м³/сут экономичнее по сравнению с дистилляционными установками и экономичнее электродиализных при производительности до 10 тыс. м³/сут.

Обратный осмос- один из наиболее перспективных методов обработки воды, преимущества которого заключены в малых энергозатратах, простоте конструкций аппаратов и установок, малых габаритах и простоте эксплуатации, применяется для обессоливания вод с солесодержанием до 40г/л, причём границы его использования постоянно расширяются.

8.5. Дегазация

Наличие в составе воды углекислого газа, кислорода, сероводорода вызывает опасность коррозии.

Для уменьшения процесса коррозии необходимо из состава воды удалить сероводород и кислород.

Дегазация – комплекс мероприятий, связанных с удалением из воды растворённых в ней газов. Различают физические (безреагентные), химические (реагентные) и комбинированные методы. Физическими методами обычно удаляются CO_2 , H_2S , а O_2 удаляют химическим путем.

Аэрация, пенная дегазация, кипячение, вакуумирование относятся к физическим методом.

Аэрирование воды производится в специальных установках вакуумно – эжекционного, пенного, пленочного типов, а также используются брызгальные бассейны, аэраторы каскадного типа.

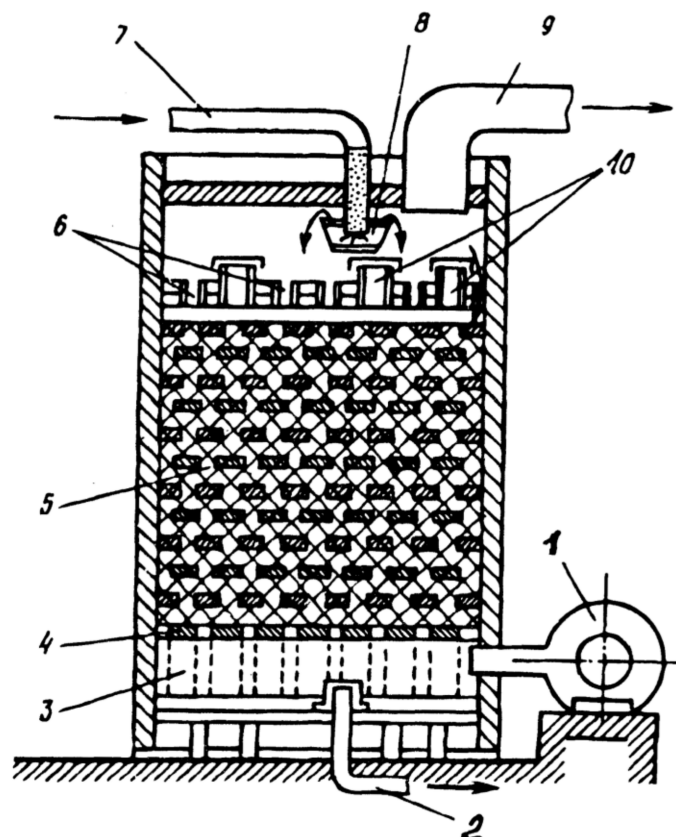


Рис. 3.25 Аэрационный аппарат плёночного типа

1—вентилятор; 2—отвод дегазированной воды; 3—поддон; 4—дренажная плита; 5—насадка из кольца Рашига или пластмассовых колец; 6—оросительные патрубки; 7—подача исходной воды; 8—распределительная чаша; 9—отвод выделившихся газов; 10—патрубки отвода газовой смеси.

Различают дегазаторы пленочного, вакуумного и барботажного типа. Дегазатор пленочного типа представляет собой резервуар, загруженный керамическими или пластмассовыми кольцами для увеличения поверхности контакта аэрируемой воды и воздуха. Вода стекает тонкой пленкой сверху вниз, а снизу под контактную массу вентилятором нагнетается воздух. Площадь поперечного сечения дегазатора принимается, исходя из удельного расхода воды, $60 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ час})$. Удельный расход воздуха составляет $15 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ час})$.

Действие барботажных дегазаторов основано на пропуске воздуха через воду с малой скоростью. На вакуумных дегазаторах создается давление до температуры кипения воды.

Дегазация химическим методом осуществляется с использованием реагентов, которые способствуют связыванию растворенных газов. Например,

для удаления кислорода в воду добавляют сульфит натрия или серный газ – гидразин.

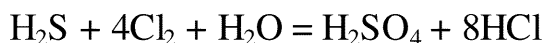
При добавлении натрий сульфита образуется натрий сульфат:
$$2\text{NaSO}_3 + \text{O}_2 = 2\text{Na}_2\text{SO}_4$$

При использовании SO_2 (окиси серы) образуется H_2SO_3 (сульфитная кислота): $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$. Далее $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4$

Для полного удаления кислорода используется гидразин: $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$

Этот метод самый лучший, но очень дорогой метод.

Для удаления сероводорода вода обрабатывается хлором: $\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$



Углекислый газ CO_2 химическим путем связывается известью в практически нерастворимый карбонат кальция CaCO_3 . Способ и технологию дегазации воды выбирают на основании технико – экономических расчетов с учетом местных конкретных условий объекта водоснабжения.

К недостаткам химического способа относятся: 1. сложность обработки реагентами и их дороговизна. 2. При неправильном дозировании реагента ухудшается качество воды.

8.6. Фторирование и дефторирование.

Оптимальной концентрацией фтора в питьевой воде является 0,7...1,2 мг/л, согласно действующего О'zDst концентрация фтор ионов не должна превышать 1,5 мг/л.

Недостаток фтора вызывает кариес зубов, а избыток флюороз зубов. В природных водах концентрация варьирует в широких пределах от 0,01 до 50 - 100 мг/л. Подземные воды богаче фторид – ионами, чем поверхностные и в этих источниках доза превышает 1,5 мг/л.

В качестве фторсодержащих реагентов можно использовать кремнефтористый натрий Na_2SiF_6 , фтористый натрий NaF и другие реагенты ($(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$, HF , K_2SiF_6 , $\text{Al}(\text{SiF}_6)_3$, AlF_3). Наиболее широкое применение получил кремнефтористый натрий – кристаллический порошок белого цвета

без запаха, удобен в эксплуатации. Плотность его $2,7 \text{ г/см}^3$, рН насыщенного раствора 3,5 – 4,0, плохо растворяется в воде. Самый дешевый из реагентов – фтористый кальций, но он имеет крайне низкую растворимость в воде (0,0016 г на 100 мл при 25°C).

На практике применяют установки:

1. Сатураторного типа, на которых порошкообразный кремнефтористый натрий вводят перед хлорированием. Предварительно реагент замачивают. В основу работы сатуратора положен принцип объемного вытеснения.

2. Фтораторные установки с растворными баками, на которых используется в качестве реагента также кремнефтористый натрий. Для улучшения растворения реагента баки снабжены мешалками, возможно перемешивание сжатым воздухом.

3. Фтораторные установки с затворно – растворными баками, оборудованными электросмесителями. Растворяют фтористый натрий в воде, нагретой до $75 - 80^\circ \text{C}$.

При применении 8 % - ной кремнефтористой кислоты она из специальных цистерн, с помощью воздуходувок перекачивается в стационарные складские цистерны, а из них поступает в дозировочный бачок, откуда эжекторам подается в воду.

На водоочистных станциях большой производительности фтористые соединения вводят в воду в сухом виде (порошок) сухими дозаторами. Реагент в жидком виде дозаторами для растворов подается для фторирования на водоочистных станциях малой производительности.

Процесс обесфторирования воды может осуществляться одним из следующим методы:

1. Метод сорбции фтора осадком гидроксида алюминия или магния, а также фосфата кальция. Этот метод целесообразно применять при обработке поверхностных вод когда необходимо осуществлять еще их осветление и обесцвечивание.

Метод может быть использован для обесфторирования подземных вод и одновременно для умягчения воды реагентным методом.

При использовании гидроксида магния при $\text{pH} = 9,0$ процесс сорбции фтора протекает быстро (8 – 12 мин). Рекомендуемая скорость восходящего потока воды в осветлителях 0,2 – 0,3 мм/сек. Высота слоя осадка 2 – 2,5 м. Время пребывания воды в слое контактного осадка не менее 1 часа. Расход магния на удаление 1 мг фтора – около 30 мг. При использовании для обесфторивания гидроксида алюминия целесообразного $\text{pH} = 4,3 - 5$, что позволяет уменьшить дозу сульфата алюминия до 25 – 30 мг на 1 мг удаляемого фтора.

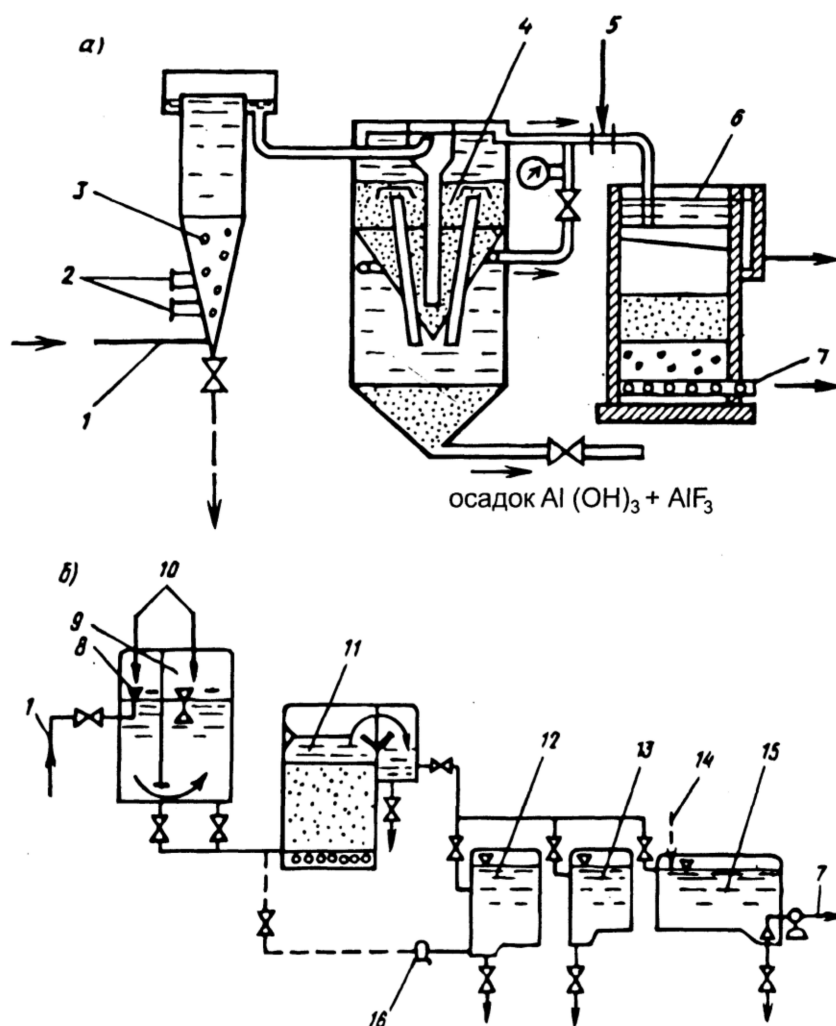
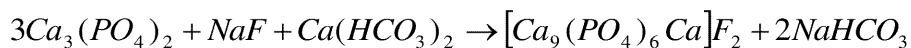


Рис. 3.26 Схема дефторирования воды сорбцией на свежесформованном гидрооксиде алюминия(а) и фильтрованием через зернистую загрузку, заряженную сульфат-ионами(б):

1,7-подача исходной и отвод дефторированной воды; 2-ввод раствора извести(сода) и сульфата алюминия; 3-смеситель; 4-осветлитель со слоем взвешенного осадка; 5-ввод кислоты для стабилизации воды; 6-скорый фильтр; 8,9-зарядная и рабочая камеры смесителя; 10-подача сульфата алюминия; 11-контактный осветлитель; 12-резервуар сбора первого фильтрата; 13- отстойник промывной воды; 14- ввод хлора; 15-резервуар чистой воды; 16-насос.

Удаление фтора из воды с помощью трикальций фосфата основано на сорбции свежееобразованным трикальций – фосфатом, который связывает имеющийся в воде фтор в малорастворимое соединение – $[Ca_9(PO_4)_6Ca] F_2$, выпадающее в осадок. Расход трикальций- фосфата на удаление 1 мг фтора составляет 23 -30мг. Связывание фтора описывается следующей реакцией:



Скорость восходящего потока воды в слое взвешенного осадка принимают 0,6 – 0,8 мм/сек. Содержание фтора снижается с 5 до 1 мг/л при расходе реагента 30 мг на 1 мг удаленного фтора. Схема обесфторирования включает вертикальные вихревые смесители, осветлители со слоем взвешенного осадка и скорые фильтры. Техничко – экономическое сравнение рассмотренных сорбционных способов обесфторирования показало что наиболее целесообразно применение гидроксида магния.

2. Обесфторирование методом контактно – сорбционной коагуляции.

Коагулянт – сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ вводится в воду непосредственно перед контактными осветлителями. Применим метод при концентрации фтора до 5 мгэкв/л, сероводорода до 2мг/л,щелочности до 6мгэкв/л. На 1 мг удаляемого фтора расходуется около 80 мг сульфата алюминия.

3. Обесфторирование воды активированным оксидом алюминия (дефлюоритом)

обеспечивает высокий эффект удаления фтора из подземных вод, является наиболее дешевым, простым и емким по поглощения фтора методом. При фильтровании обрабатываемой воды со скоростью 5 – 7 м/час через оксид алюминия происходит поглощение фтора сорбентом в результате обмена сульфат ионов на фтор – ионы. Регенерация сорбента осуществляется 1 – 1,5 % раствором сульфата алюминия. 1г оксида алюминия поглощает 2 – 2,5 мг фтора. Обесфторирование по данному методу характеризуется наибольшим технико – экономическим эффектом, обеспечивающим минимальную себестоимость обработки воды по сравнению с другими методами.

4. Обесфторирование с применением сильноосновных анионитов применяется для подземных вод не требующих осветления и обесцвечивания. Этот метод эффективен при необходимости одновременного опреснения воды.

8.7. Современные методы спецобработки природных вод.

Баромембранные методы водоподготовки.

Деминерализация воды ионным обменом и термическая деминерализация(дистилляция) позволяют опреснять воду,почти полностью, обессоливать её.Однако,применение этих методов выявило наличие недостатков: необходимость регенерации, громоздкое и дорогое оборудование, дорогие иониты и др. В связи с этим быстрое распространение получили баромембранные методы обработки воды.

Группа баромембранных методов включает в себя обратный осмос, микрофильтрацию,ультрафильтрацию и нанофильтрацию.

Обратный осмос (размеры пор 1-15 А, рабочее давление 0,5-8.0 МПа) применяется для деминерализации воды, задерживает практически все ионы на 92-99%,а при двухступенчатой системе и до 99,9%.

Нанофильтрация (размеры пор 10-70 А, рабочее давление 0,5-8,0 МПа) используется для отделения красителей, пестицидов, гербицидов, сахарозы, некоторых растворённых солей, органических веществ, вирусов и др.

Ультрафильтрация (размеры пор 30-1000А, рабочее давление 0,2-1,0 МПа) применяется для отделения некоторых коллоидов (кремния,например), вирусов (в том числе полиомиелита), угольной сажи, разделение на фракции молока и др.

Микрофильтрация (размеры пор 500-2000А,рабочее давление 0,2-1,0МПа)применяется для отделения некоторых вирусов и бактерий, тонкодисперсных пигментов, пыли активных углей, асбеста, красителей, разделения водо-масляных эмульсий и др.

Чем более крупные поры образованы в мембране, тем более понятен процесс фильтрации через мембрану, тем более он по физическому смыслу приближается ,к так называемому, механическому фильтрованию.

НИИ КВОВ(Россия) разработал для очистки подземных вод от железа, железо бактерий и их обеззараживания установку « Дефферит».

Компактная водоочистная установка « Дефферит» позволяет работать непосредственно из скважин и не требует применения компрессоров и воздуходувок, обеспечивает работу в автоматическом режиме.

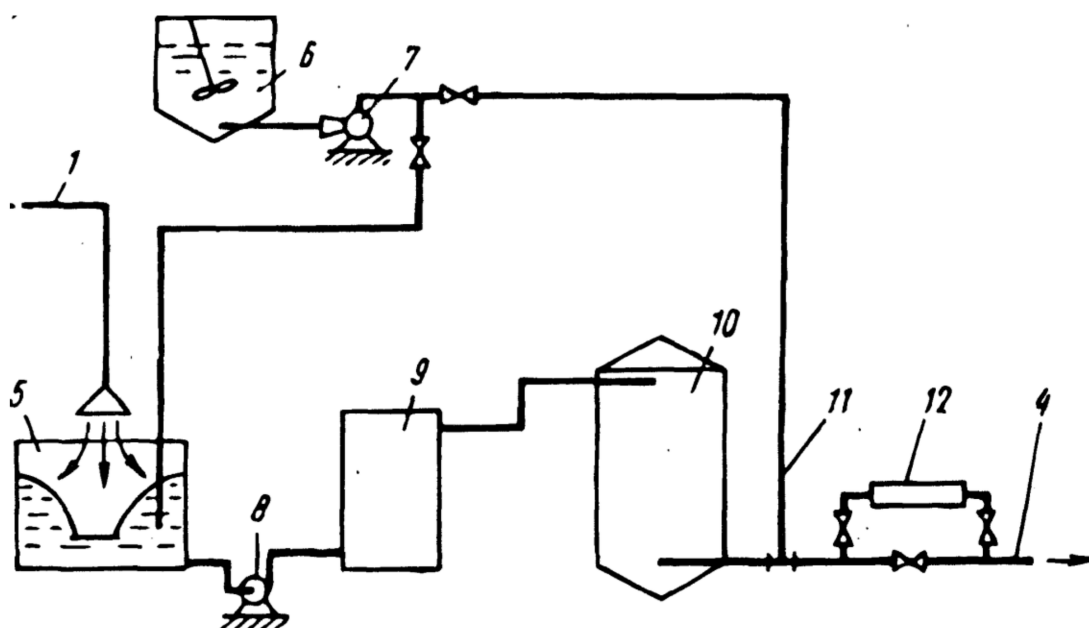


Рис.3.27 Водоочистная установка «Дефферит»:

1,4-подача и отвод обработанной воды; 5-бак-аэратор; 6-реагентное хозяйство; 7-насос-дозатор; 8-насос;9-ресивер; 10-скорый фильтр; 11-ввод хлора (вариант); 12-бактерицидная установка.

Установка предназначена для удаления из воды железа(до 15мг/л),марганца (до0,4мг/л),железобактерий и растворённых газов.Используется в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Установка »Дефферит» обеспечивает получение воды , отвечающей требованиям ГОСТ «Вода питьевая», позволяет ускорить срок строительства, монтажа и пуска установок в эксплуатацию в предельно короткие сроки, уменьшить стоимость станции очистки воды в целом.

9. Компонировка очистной станции.

Для проектирования очистных сооружений необходимо иметь план местности (М не менее 1:500) данные о положении грунтовых вод и выбрать способ очистки (скорые или медленные фильтры). Рельеф местности должен обеспечить самотечное движение в очистных сооружениях при условии их наименьшего заглубления и легкого отвода промывных вод. Наиболее рационально использовать рельеф местности для уменьшения заглубления отдельных сооружений, снижения объема земляных работ и стоимости фундаментов.

Производительность очистной станции определяется равной секундной производительности насосной станции I подъема, которая определяется по формуле:

$$Q_{НСИ} = \frac{\alpha Q_{сут}}{T_{НСИ} \cdot 3,6} \text{ (л/сек).}$$

где: α – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды очистной станции (приготовление реагентов, промывка фильтров и т.д.). $\alpha = 1,05 \div 1,08$.

$Q_{сут}$ - суточный расход ($\text{м}^3/\text{сут}$).

$T_{НСИ}$ - время работы насосной станции 1-го подъема $T_{НСИ} = 24$ часа.

Так как НСИ и очистная станция могут располагаться в непосредственной близости от источника, необходимо гарантировать эти сооружения от заполнения в паводок.

Схема расположения и состав сооружений зависят от качества воды в источнике и принятой схемы очистки.

На генплане станции показываются все сооружения, все коммуникации и зона санохраны.

Очистные сооружения в зависимости от назначения и производительности могут располагаться по отдельности и блоками. Например, смесители, реагентное хозяйство, вертикальные отстойники в блоке с фильтрами.

Горизонтальные отстойники в условиях теплого климата устраиваются открытыми.

Высотная схема сооружений по очистке воды – определение расчетных уровней воды во всех сооружениях. Высотное расположение очистных сооружений должно обеспечить самотечное движение воды от наивысшей точки технологической схемы до резервуара чистой воды. Составляется сначала предварительная высотная схема, причем потери напора в сооружениях, трубопроводах и арматуре принимают по осредненным значениям, полученным из опыта проектирования и эксплуатации.

Эти осредненные значения приводятся в КМК 2.04.02 – 97, потери напора в измерительной аппаратуре на входе и выходе со станции принимаются равными 0,5 м. Обычно наивысшей точкой является уровень воды в смесителях. За низкую отметку принимается горизонт воды в резервуаре чистой воды, которая должна быть на 0,5 м выше поверхности земли. Отметки горизонта воды в сооружениях определяются с учетом потерь напора в сооружениях и в коммуникациях. Высотная схема уточняется после проведения гидравлического испытания сооружений.

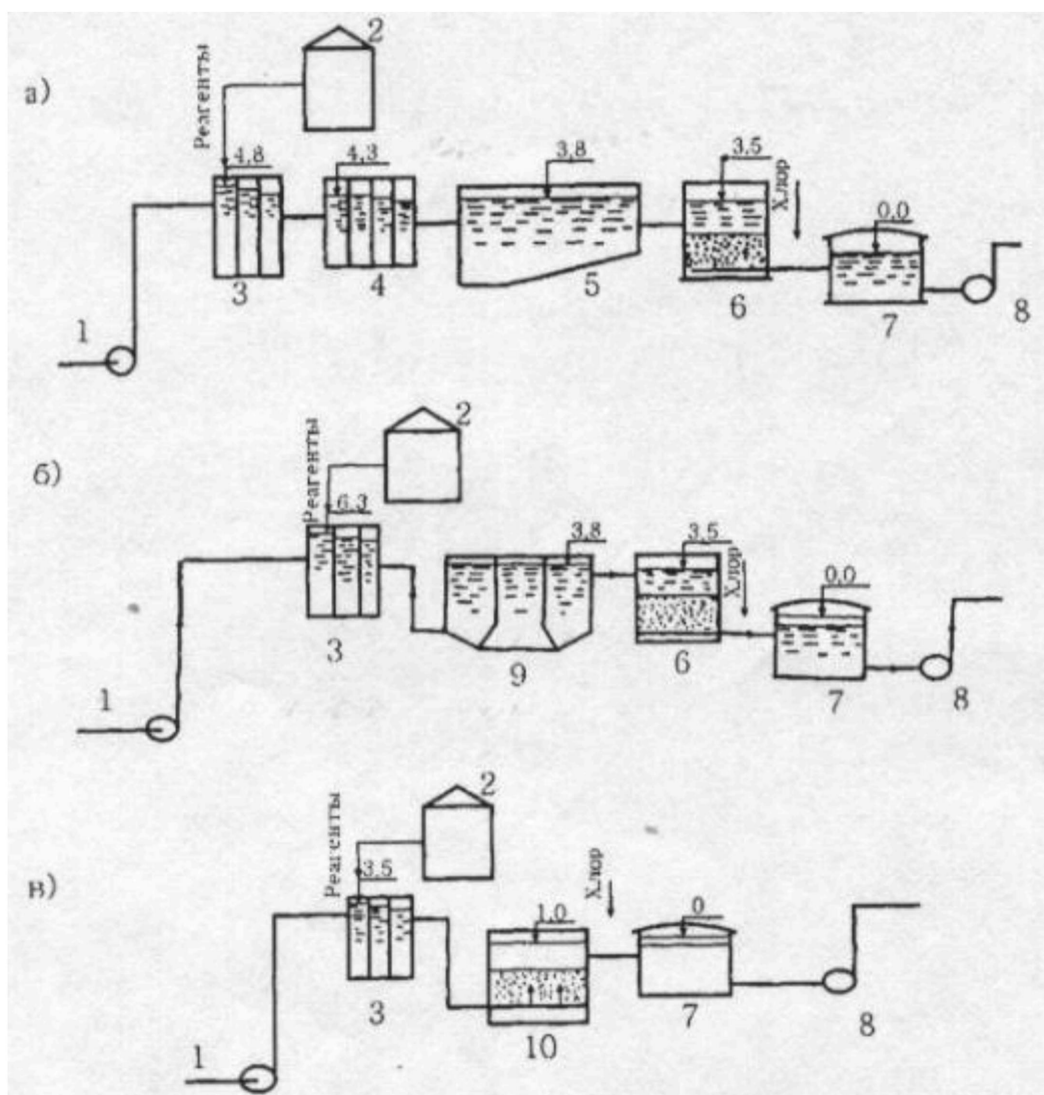


Рис. 3.28 Технологические высотные схемы очистных станций:

а) с камерой реакции,отстойником и фильтрами($c < 2500 \text{ мг/л}$, $\text{ц} < 2500 \text{ град}$)

б) с отстойником и фильтром ($c < 2500 \text{ мг/л}$, $\text{ц} < 150 \text{ град.}$)

в) с контактными осветлителями.

1-подача воды; 2-реагентное хозяйство; 3- смеситель; 4-камера реакции; 5- горизонтальный отстойник; 6-скорый фильтр; 7-резервуар чистой воды; 8-насосная; 9- вертикальный отстойник; 10-контактный осветлитель.

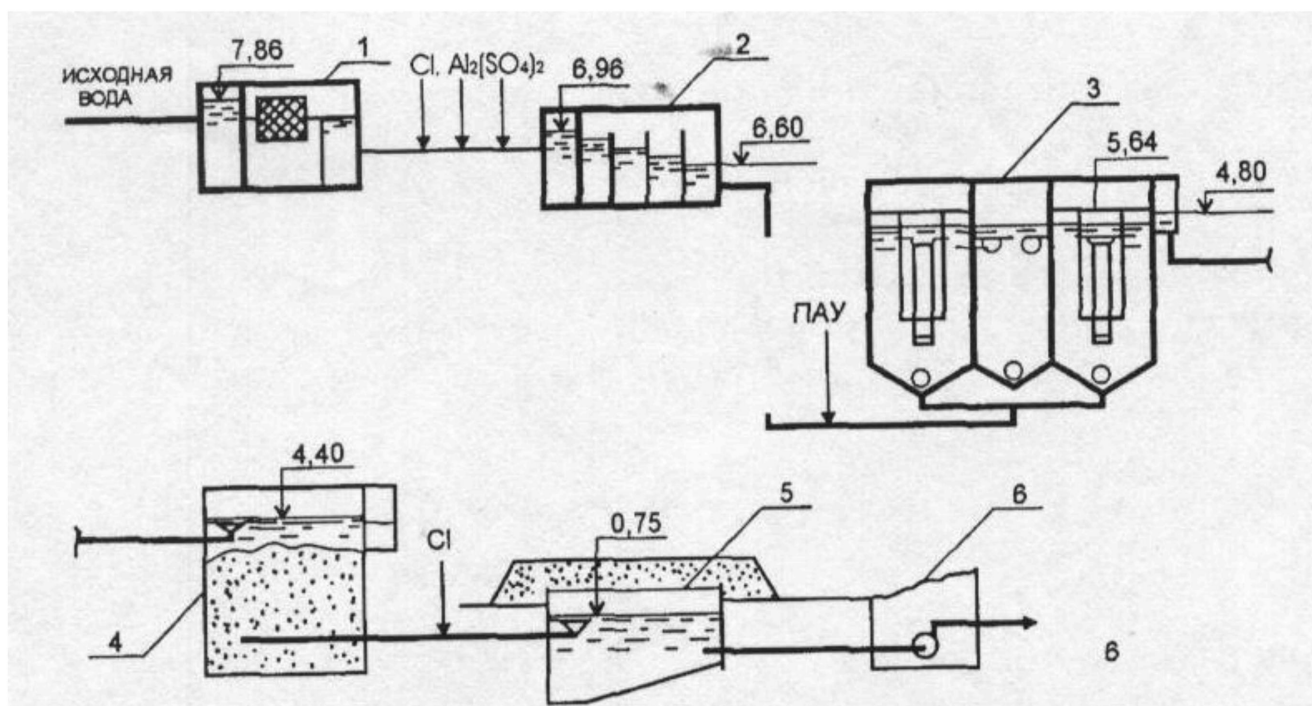


Рис. 3.29 Технологическая высотная схема очистной станции с осветлением в слое взвешенного осадка на скором фильтре:

1-микрофильтр;2-смеситель;3-осветление в слое взвешенного осадка;4-однослойный скорый фильтр;5-резервуар чистой воды;6-насосная станция 2-го подъёма.

10. Эксплуатация сооружений очистной станции.

Для эксплуатации сооружений очистной станции обязательный штат определяется по специальным таблицам. При определении штата учитывается текущие ремонты и ликвидация аварий.

Учитывая местные условия, производительность станции и состав сооружений, управлением водопроводно – канализационного хозяйства определяется общее число служащих, в том числе инженерно – технический состав.

Реагентное хозяйство и смеситель.

Реагентное хозяйство служит для приготовления и дозирования реагентов. Служащие реагентного хозяйства должны быть в специальной одежде и принимать душ после работы.

Взвешивание и дозирование реагента осуществляется в специальных противогазах. На складе должен храниться запас реагента на 30 дней (минимум на 7 дней).

Хранение сухого реагента осуществляется в закрытых, проветриваемых помещениях. При хранении реагентов в растворенном и газообразном состоянии должны соблюдаться правила технической безопасности. Хранение хлора в баллонах и бочках должно осуществляться в специальных закрытых, оснащенных вентиляторами зданиях, расположенных от других зданий на расстоянии не менее 300 м.

В смесителях осуществляется быстрое и равномерное смешивание. Время при влажном смешивании 1 – 2 м, при сухом не более 3 минут. Скорость при смешивании от 0,3 – 0,6 до 1 м/сек.

Очистка и ремонт смесителей проводится в период наименьшей загрузки станции.

Камера реакции. В камере реакции происходит процесс образования хлопьев в результате коагуляции. В камере реакции скорость движения воды изменяется от 0,2 – 0,3 м/сек до 0,05 – 0,1 м/сек. Уменьшение скорости движения воды обеспечивает правильность прохождения процесса коагуляции. Необходимое условие образования хлопьев – для мягкой воды величина $pH = 5 - 6$, для жесткой и мутной воды $pH 6,5 - 7,5$. Предварительное хлорирование воды уменьшает расход коагулянта на 20 – 50 %.

Камера реакции и смесители должны очищаться 5 % -ным железным купоросом не менее 1 раза в год и дезинфицироваться 25 % - ным хлорным раствором.

Отстойник. Необходимо наблюдать за накоплением осадка при работе вертикальных и горизонтальных отстойников, а также проверять не менее 1 раза в 3 месяца распределение воды в отстойниках и состояние желобов и лотков. Не реже одного раза в год необходимо удалять накопленный в отстойнике осадок.

Фильтр. Фильтр работает по действующим правилам и плану. Выполняются работы по наблюдению за работой фильтра, по очистке и восстановлению уменьшившегося песка. После ремонта фильтр заполняется следующим образом – фильтр через дренаж медленно заполняется осветленной водой, пропускается воздух через поры песка. После подъема уровня воды над песком на 200 – 300 мм останавливается подача воды и через карман сверху подается вода до полного заполнения фильтра. По достижении расчетного уровня через 20 – 30 мин фильтр обеззараживается дозой хлора 20 – 50 мг. Вода находится в контакте с хлором 24 часа. Доза остаточного хлора должна быть не менее 0,3 – 0,5 мг/л. Фильтр вводится в работу при скорости фильтрования 2 – 3 м/час, постепенно скорость доводится до расчетной скорости.

Двухслойные фильтры с верхним фильтрующим слоем из дробленного антрацита вводятся в работу в 2 – е очереди. Сначала фильтр заполняется только гравием и песком и в течении месяца фильтр работает до полного расположения частиц согласно гидравлической закономерности.

В течении этого времени выводится пылеватый песок (диаметр частиц менее 0,5 – 0,6 мм). После проверки на наличие пылеватого песка укладывается слой дробленного антрацита. Фильтр заполняется водой (высота слоя воды 0,5 – 0,6 м) и в течение 3 – 4 часов наблюдается удаление воздуха из пор антрацита. Затем увеличивая постепенно слой воды (начиная с 7 – 8 л/см²) удаляется угольная пыль. Использование двухслойного фильтра позволяет осуществлять очистку воды мутностью до 50 мг/л без отстаивания. Коагулирование осуществляется непосредственно перед фильтрованием.

ГЛАВА 4. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

1. Поля орошения и поля фильтрации.

Одним из первых сооружений биологической очистки сточных вод в естественных условиях являются поля орошения и поля фильтрации известные с давних времен.

Процесс биологической очистки на полях орошения и полях фильтрации заключается в контакте загрязнителей сточных вод, которые находятся во взвешенном, коллоидальном или растворенном состоянии, с имлюблированными микроорганизмами почвенного слоя. Эти микроорганизмы сосредоточены, в основном, на глубине до 0,4 м, что обеспечивает оптимальную аэрацию. Во время этого контакта за счет процессов биосорбции, биоразложения и механической фильтрации сточных вод происходит их очистка.

Механическая очистка сточных вод на отстойниках позволяет удалить из них 50-60% общего числа бактерий и снизить концентрацию загрязнений по БПК_{полн.} И взвешенным веществом до 100%.

Из всей массы удобрительных веществ, внесенных со сточными водами, растениями используется только их часть: азота 50%, фосфора 40% и калия 90%. Остальная часть питательных веществ выносится вместе с дренажной водой, а азот частично улетучивается в атмосферу.

Отличие полей орошения от полей фильтрации в том, что на полях орошения выращиваются различные злаковые, овощные и технические культуры, используя при этом удобрительные вещества из сточных вод (азот, фосфор, калий и др.), а поля фильтраций служат только для очистки сточных вод.

Различают коммунальные поля орошения, которые в основном используются для очистки сточных вод, а выращивание различных сельхозкультур играет вспомогательную роль, и земледельческие поля орошения служащие для полной биологической очистки сточных вод и выращивания сельхозкультур.

Поля орошения могут практически устраиваться во всех климатических зонах, за исключением регионов вечной мерзлоты. Глубина залегания грунтовых вод должна быть на этих полях не менее 1,5 м. Площадь одной карты должна быть не менее 1,5 га при отношении ширины к длине карты в пределах от 1:2 до 1:4. Разность отметок двух смежных карт не должна превышать 1 м. Если это условие не соблюдается, обязательно между картами предусмотреть осушительный канал.

Поля орошения устраивают на песчаных грунтах. Оптимальный уклон спланированных карт полей орошения от 0,005 до 0,015.

Устраивают поля орошения вниз по течению грунтовых вод от водозаборных сооружений на расстоянии не менее 200 м для легких суглинков, 300 м для супесей и 500 м для песчаных грунтов. По отношению к населенному пункту рекомендуется располагать поля орошения с подветренной стороны с защитной зоной не менее 300 м. Устраивается полоса насаждений шириной 10-20м.

Поля фильтрации. Для полей фильтрации межполивной период от 5 до 10 суток, для полей орошения устанавливается по графику полива сельскохозяйственных культур.

Полезную площадь полей фильтрации определяют по формуле:

$$F = Q / q$$

где Q - приток сточных вод, м³/сут; q - нагрузка сточных вод на поля фильтрации, м³/га в сутки (КМК 2.04.03-96 табл.53)

С учетом промерзания грунта в зимнее время предусматривается устройство резервных участков под намораживание. Площадь таких участков определяется по формуле:

$$F_n = Q \cdot t / q\beta$$

где: t - время намораживания, сут; β - коэффициент, характеризующий величину зимней фильтрации, определяется по КМК 2.04.03-96 табл.54.

Площадь резервных карт не должна превышать полезной площади полей фильтрации в III и IV климатических районах 10%, во II климатическом районе 20%.

Нагрузку бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод допускается принимать по табл. 53 КМК 2.04,03-96

2. Биологические пруды

Как самостоятельные сооружения биологической очистки или после сооружений искусственной биологической очистки для глубокой очистки сточных вод применяются биологические пруды.

Эти пруды представляют собой мелкие котлованы глубиной 0,5-1 м при естественной аэрации и до 3-4,5 м при искусственной. Устраивают биологические пруды на слабофильтрующих грунтах.

Биологические пруды устраивают прямоугольной формы, вытянутыми по ходу движения воды. Соотношение длины к ширине в прудах с естественной аэрацией должно быть 1-1,5. Во избежание образования застойных зон сточную воду в биологические пруды подают рассредоточено, с расстояниями между впусками 5-10 м при БПКполн. менее 200 мг/л и 10-15 м при БПКполн. более 200мг/л. Направление движения сточной жидкости в биологических прудах должно быть перпендикулярно направлению господствующих ветров.

Аэробные биологические пруды содержат кислород по всей глубине воды, которая составляет обычно 0,3-0,45 м, что достигается за счет реааэрации и процессов фотосинтеза.

Широкое распространение получили биологические пруды с высшей водной растительностью (ВВР). В таких прудах по определенной схеме высаживают такие водные культуры, как камыш, тростник, рогоз, ртуть, рдест, водный гиацинт, телорез и др. Растения ускоряют процесс очистки, удаляют биогенные элементы, используя их в питании, изымают из воды и аккумулируют тяжелые металлы, радиоактивные изотопы и другие загрязнения. Выделяемые этими водными культурами фитонциды способствуют обеззараживанию воды. ВВР очень быстро развивается, следовательно, потребляет большое количество питательных веществ и поэтому предпочтительнее одноклеточных и мелких водорослей. Кроме того

DDH легче удалить из биопруда, чем мелкие водоросли. При использовании биологических прудов общее снижение концентрации загрязнений по БПКполн. может достигать 60-98%, а по взвешенным веществам 90-98%.

К недостаткам биологических прудов следует отнести необходимость создания широких санитарно-защитных зон (200 м).

ГЛАВА 5. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

На малых очистных сооружениях при расходах сточных вод свыше 25 м³/сут механическая очистка осуществляется на решетках, песколовках, первичных отстойниках и биологическая очистка на аэротенках, биофильтрах, циркуляционно-окислительных каналах.

Дезинфекция сточных вод предусматривается при выпуске в водоем.

1. Сооружения механической очистки

Решетки. На малых очистных станциях устанавливается одна решетка с ручным удалением осадка. На решетках с шириной прозоров 16-20 мм задерживаются при ручной очистке 4-5 л отбросов на 1 чел в год, влажностью 80% и плотностью 0,75 т/м³.

Песколовки предназначены для удаления минеральных примесей крупностью 0,25 мм и более на очистных сооружениях производительностью более 100 м³/сут. Применяются горизонтальные песколовки с ручным и механическим удалением песка.

Разработанные типовые проекты горизонтальных песколовок производительностью 400, 700, 1400 и 2700 м³/сут. Горизонтальные песколовки с круговым движением воды и тангенциальные песколовки с вертикальным движением отличаются компактностью, высокой производительностью и простотой обслуживания.

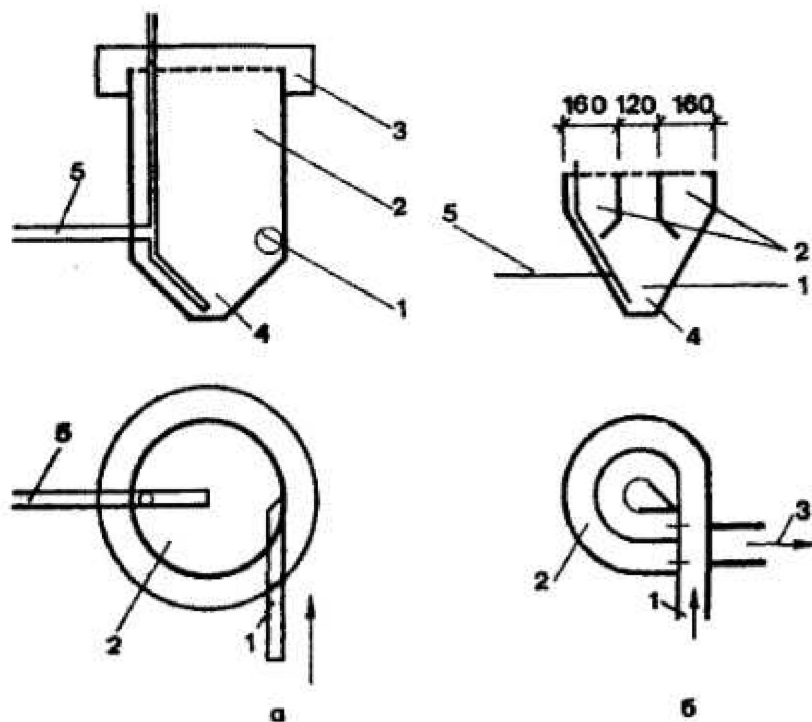


Рис 5.1. Песколовки:

а - тангенциальная с вертикальным движением воды, *б* - горизонтальная с круговым движением воды; 1 - подача сточных вод; 2 - рабочая емкость; 3 - отвод сточных вод; 4 - емкость для выделенного песка; 5 - трубопровод для удаления песка

Рабочая поверхность песколовков определяется по формуле :

$$F = Q / (n q_o)$$

где: Q - максимальный приток, м³/год; n - количество песколовков, шт; q_o - гидравлическая нагрузка, м³/м².

Расчет можно производить по уравнению

$$F = q_o / u_o$$

где: u_o - гидравлическая крупность песка, мм/с.

Продолжительность пребывания сточной жидкости в песколовке при максимальном притоке примерно 30 сек.

По опыту эксплуатации, при скорости движения воды 0,6-0,8 м/с эффективность удаления песка составляет 90%, его влажность 20% и зольность 94%.

В тангенциальных песколовках глубина принимается равной половине ее диаметра. Расчетный диаметр частиц уловленного песка 0,2-0,5 мм, количество песка 0,2 г/м³. В сутки и плотность песка 1,5 т/м³.

Уловленный песок направляется на песковые площадки или в песковые бункера. Опорожнение пескового бункера должно быть не менее 1 раза в сутки.

Двухярусные отстойники цилиндрической или прямоугольной формы с коническим или пирамидальным днищем. В отстойники сточные воды поступают после решеток и песколовок

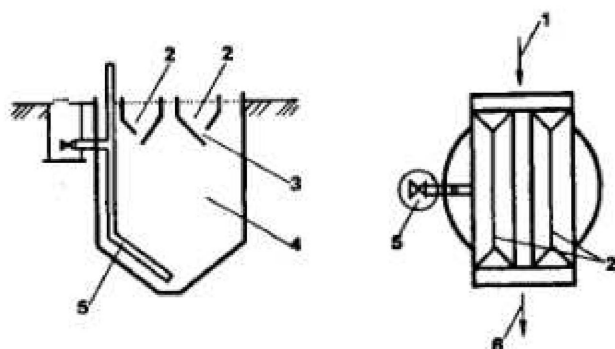


Рис.5.2: Двухярусный отстойник:

1 - подача сточных вод; 2 - осадочные желоба; 3 – продольные щели; 4 - септическая часть; 5 - иловая труба; 6 - выпуск осветленной воды

Зона осветления в двухярусных отстойниках расположена в желобах, расположенных в верхней части сооружения и представляет собой горизонтальные отстойники. выпавшие взвешенные вещества через продольные щели попадают в септическую часть отстойника, где происходит уплотнение и сбраживание осадка. Нижние грани желобов перекрывают друг друга на 0,15 м, что предотвращает загрязнение осветленной воды продуктами гниения, выделяющимися при брожении осадка. Глубина желоба 1,2-1,5 м. Расчет двухярусного отстойника заключается в определении размеров осадочного желоба и иловой камеры.

Осадочный желоб рассчитывается как горизонтальный отстойник. При этом продолжительность пребывания воды в желобе принимается 1,5 часа.

Общий объем желобов определяется по формуле:

$$W_{\alpha} = q \cdot t$$

где: q -расчетный расход, м³/сек; t - продолжительность пребывания воды в желобе, сек.

Эффективность задержания взвешенных веществ в желобах составляет 40-50%. Скорость движения воды в них, назначают, 4-7 мм/сек.

Длина желобов $L, м$, принимается в соответствии с выбранным диаметром.

Обычно двухъярусные отстойники устраивают с двумя желобами. Одиночные желоба применяют при малых диаметрах отстойников (до 5-6 м).

Вместимость иловой камеры двухъярусных отстойников, приходящуюся на одного человека, принимают в зависимости от средней температуры сточной воды в зимнее время.

Таблица 5.1: Вместимость иловой камеры двухъярусных отстойников

Средняя зимняя температура сточных вод	6	7	8,5	10	12	15	20
Объем иловой камеры $W_{ил}$, л, на одного человека	110	95	80	65	50	30	15
Продолжительность сбраживания, сут.	210	180	150	120	90	60	30

При последующей подаче воды на поля фильтрации вместимость иловой камеры двухъярусных отстойников может быть уменьшена, но не более чем на 20%.

Общий объем иловой камеры:

$$W_{общ} = W_{ил} N_{пр}$$

где: $N_{пр}$ - приведенное число жителей.

При наличии производственных сточных вод, близких по составу, дополнительный объем иловой камеры может быть определен по эквивалентному числу жителей и соотношения

$$N_{э} = M_{сyx} / 65$$

где: $M_{\text{сух}}$ -суточное количество сухого вещества в осадке производственных сточных вод,г; 65- количество осадка г, по сухому веществу, приходящееся на одного человека в сутки.

Нижнюю часть иловой камеры для лучшего сползания ила делают в виде конуса с углом наклона образующей, равным 30° .

Центральный слой между иловой камерой и щелью желоба принимают равным 0,5 м, возвышение борта двухъярусного отстойника над поверхностью воды 0,5 м .

Наиболее распространены монолитные и из сборного железобетона двухъярусные отстойники, которые строятся по типовым проектам.

Таблица 5.2: Основные размеры типовых двухъярусных отстойников из монолитного и сборного железобетона

Основные параметры	Конструктивное исполнение сооружений						
	Монолитное				Сборное		
Диаметр, м	6	6	9	9	9	12	12
Общая высота, м	7,6	8,8	8,5	9,7	8,5	8,2	9,4
Пропускная способность, $\text{м}^3/\text{час}$ при периоде отстаивания 1,5 часа	13,7	13,7	37,5	37,5	31	67	67

К недостаткам можно отнести большой объем иловой части, что увеличивает стоимость сооружения, и большая глубина отстойника делает невыгодным их применение при высоком уровне грунтовых вод.

Осадок из двухъярусных отстойников удаляется по иловой трубе диаметром не менее 150 мм под гидростатическим напором не менее 1,6 м.

При среднегодовой температуре воздуха до $3,5^\circ\text{C}$ отстойники пропускной способностью до $500 \text{ м}^3/\text{сут.}$ располагают в отапливаемом помещении, а при $3,5\text{-}6^\circ\text{C}$ в не отапливаемом.

Эффект очистки по БПК_{полн.} на двухъярусных отстойниках достигает 25-60%, по взвешенным веществам 45-70%.

Метантенки – сооружения, предназначенные для стабилизации осадков, отделяемых в процессах очистки сточных вод. Одновременно в той или иной степени обеспечивается обеззараживание осадков. Биохимический процесс стабилизации осуществляется в анаэробных условиях и представляет собой разложение органического вещества осадков в результате жизнедеятельности комплекса макро организмов до конечных продуктов, в основном метана и диоксида углерода.

2. Сооружения биологической очистки.

Аэротенки-отстойники разработаны специально для очистки малого количества сточных вод. В аэротенках-отстойниках протекает одновременно несколько процессов- аэрация, отстаивание и циркуляция активного ила.

Большим достоинством аэротенков-отстойников является их компактность, возможность заводского изготовления и возможность компоновки в блоки с другими очистными сооружениями.

В настоящее время разработаны типовые проекты очистных сооружений, оборудованных аэротенками-отстойниками пропускной способностью от 12 до 700 м³/сут. В Эстонии разработаны аэротенки-отстойники типа БИО-25,50,100 м³/сут. В АОО НИИ КВОВ разработаны компактные аэротенки-отстойники типа КУ пропускной способностью 200;400 и 700м³/сут.

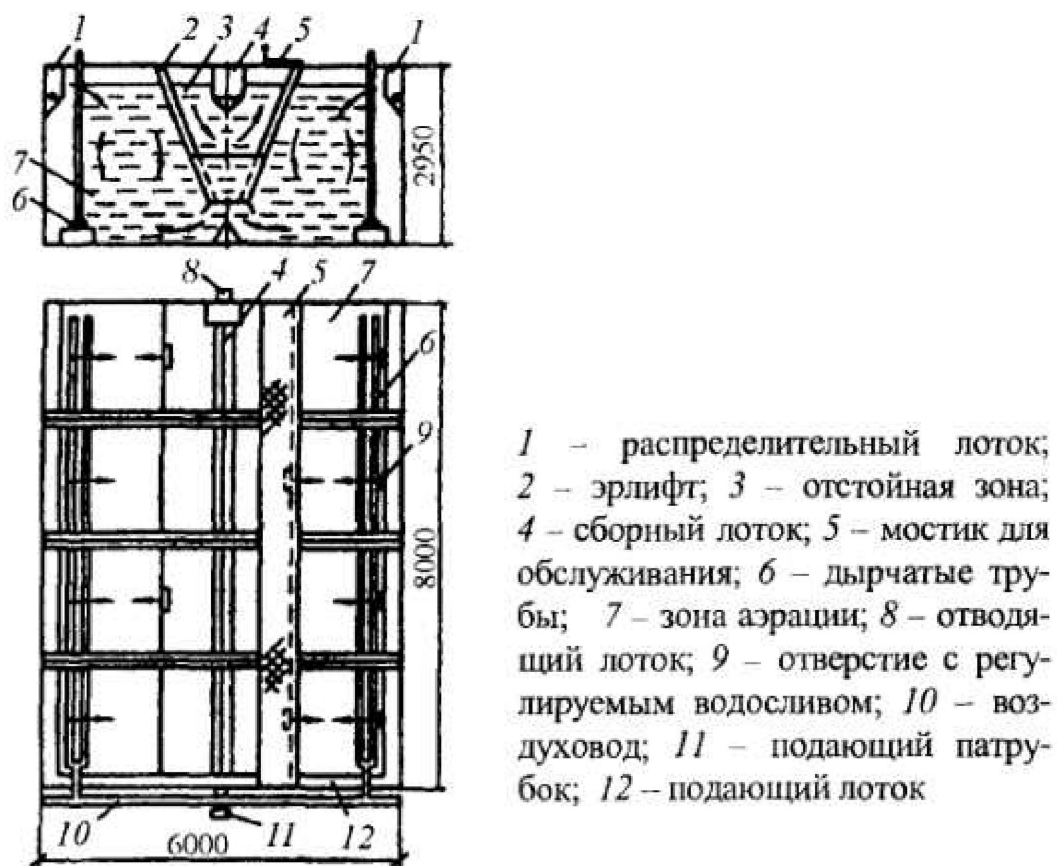


Рис 5.3: Аэротенк-отстойник типа КУ:

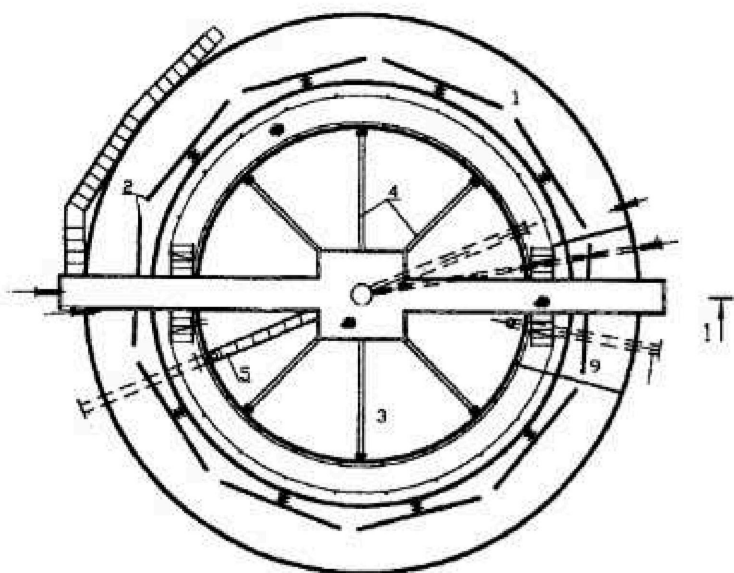
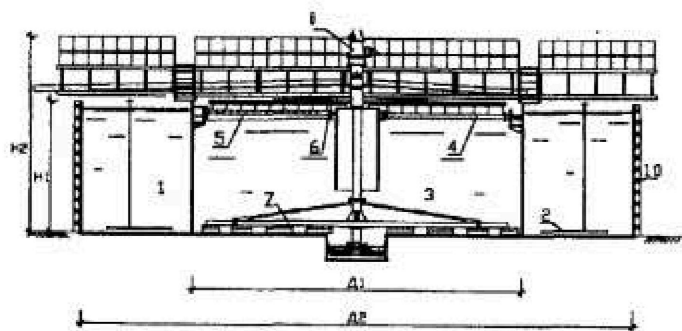


Рис 5.4: Аэротенк-отстойник фирмы Кубост:

1 - зона аэрации; 2 - аэраторы; 3 - отстойник; 4 - сборные радиальные лотки; 5 - лотки для сбора плавающих загрязнений; 6 - механизм сбора плавающих загрязнений; 7 - скребковый механизм; 8 - мотор с редуктором; 9 - зона контактной дезинфекции хлором; 10 - теплоизоляционный материал

Аэротенки-отстойники с механической аэрацией изготавливаются пропускной способностью 12 м³/сут, с низконапорной аэрацией пропускной способностью 25-120 м³/сут и с пневматической аэрацией, пропускной способностью 200-700 м³/сут.

Фирмой Кубост разработаны аэротенки-отстойники производительностью 500-2500 м³/сут. Сооружение выполняется из металла с антикоррозионным покрытием. Пространство между наружными и внутренними стенками является непосредственно аэротенком, а круглая центральная часть — вторичным отстойником, который оборудован сборными радиальными лотками для удаления плавающих веществ. При очистке бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод при одноступенчатой очистке

достигается показатель по взвешенным веществам и по БПК_{полн.} до 15 мг/л, а в случае двухступенчатой очистки соответственно до 5 и 6 мг/ л.

Фирмой Кубост также разработан комплекс локальной очистки производственных сточных вод, рассчитанный на базовую производительность до 150 м³/сут.

Этой же фирмой разработана установка Кубост-3 для очистки сточных вод на автомойках и их повторного использования в технологическом процессе.

Циркуляционные окислительные каналы (ЦОК). Циркуляционные окислительные каналы применяют в районах с расчетной зимней температурой наиболее холодного периода не ниже 25°C.

Обычно циркуляционные окислительные каналы выполняются трапецеидального сечения глубиной 1 м с уклоном откосов от 1:1 до 1:1,5. Стенки и днища их изготавливаются из железобетонных плит и облицовываются искусственными материалами или асфальтируются. Применяют циркуляционные каналы из монолитного железобетона.

ГЛАВА 6. ОБЩИЕ СХЕМЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

1. Общие компоновочные решения очистных сооружений.

Очистные сооружения необходимо располагать на расстоянии не менее 500 м от жилой застройки с подветренной стороны. Высотное расположение должно обеспечивать самотечное движение сточной воды и площадка очистных сооружений не должна затапливаться.

Зоны санитарной охраны сооружений назначаются в зависимости от расчетного расхода необходимой степени очистки и состава сооружений.

Состав сооружений по очистке сточных вод зависит от пропускной способности, требуемого качества очистки сточных вод, выбранного метода обработки и использования осадков, а также от местных условий и обосновывается технико-экономическими расчетами.

При проектировании очистных сооружений необходимо учесть возможность их блокировки обоснованного оптимального числа эксплуатационных единиц.

Проектируются очистные сооружения, как в открытом, так и закрытом варианте.

Компоновка сооружений должна обеспечивать размещение контрольных скважин для наблюдения фильтрации сточных вод из ёмкостных сооружений и технологических коммуникаций с целью предотвращения загрязнения ими подземных вод.

Генеральный план очистных сооружений составляется в масштабе 1:500 или 1:1000. На плане показывают основные и вспомогательные сооружения, коммуникации, дороги и пр.

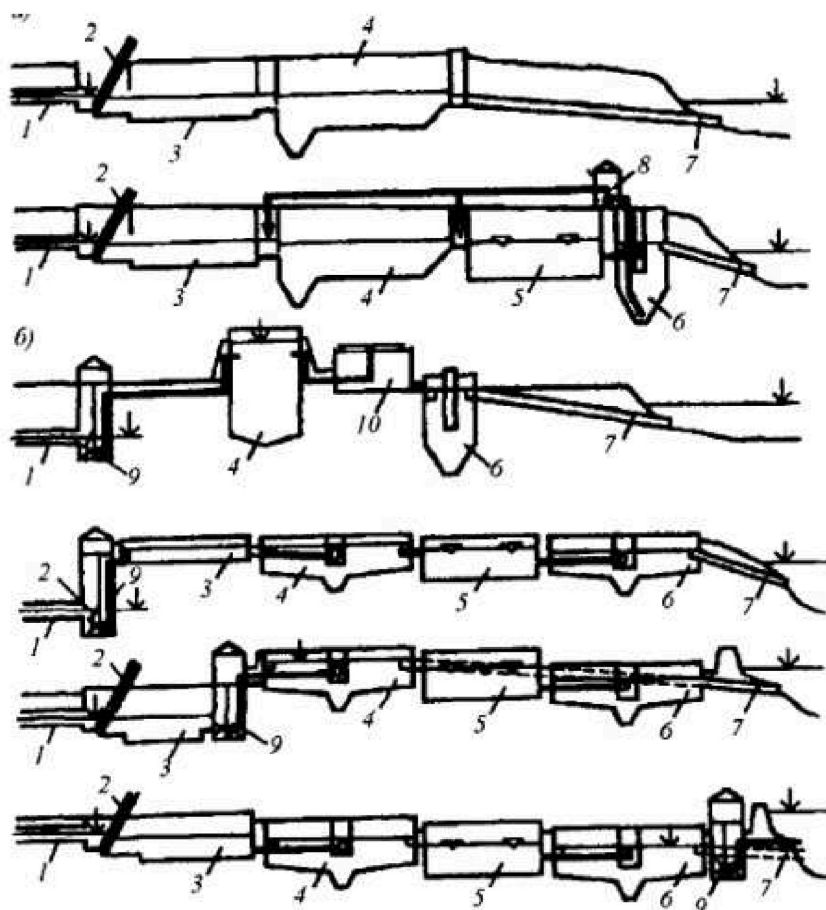


Рис 6.1: Схемы движения сточных вод через очистные сооружения:

а – с самотечным движением; *б* – с насосными станциями; 1 – коллектор; 2 – решетки; 3 – песколовки; 4 – первичные отстойники; 5 – аэротенки; 6 – вторичные отстойники; 7 – выпуск в водоем; 8 – эрлифтная установка для перекачки активного ила; 9 – насосная станция; 10 – биофильтр

При составлении высотной схемы сооружений с самотечным движением сточных вод ориентировочные значения потерь напора на сооружениях можно принять по табл.

Таблица 6.1: Потери напора на очистных сооружениях

№	Наименование сооружений	Потери напора
1	Решетки	5-20
2	Измерительные устройства	5-10
3	Песколовки	10-20
4	Преаэраторы	15-25
5	Горизонтальные отстойники	20-40
6	Вертикальные отстойники	40-50
7	Радиальные отстойники	50-60
8	Биофильтры	$h^* + 150$
9	Аэротенки	25-50
10	Контактные резервуары	40-60
11	Смесители	10-30
12	Песчаные фильтры	250-300

h^* - высота загрузки биофильтров, см.

2. Технологические схемы очистных сооружений малых городов и посёлков.

ОАО ЦНИИЭП инженерного оборудования разработан проект станции очистки сточных вод пропускной способностью 1000-25000 м³/сут.

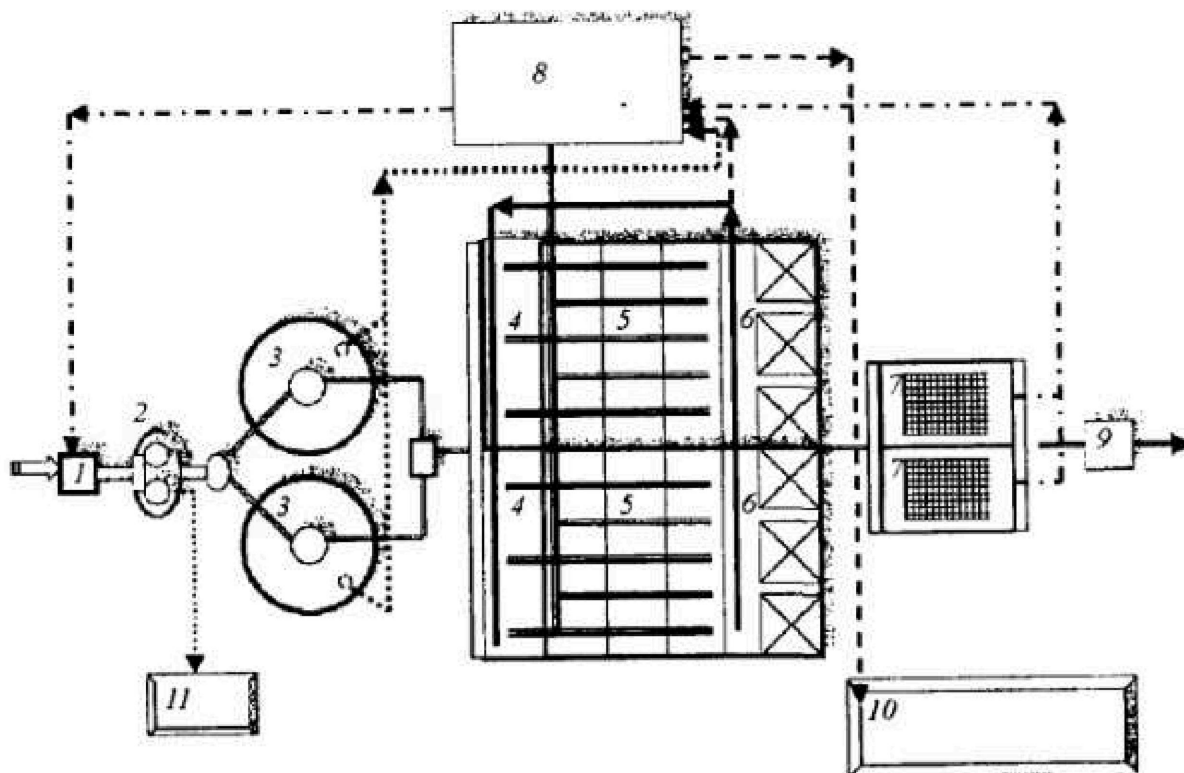


Рис 6.2: Технологическая схема сооружений по очистке сточных вод пропускной способностью 1000-25000 м³/сут.:

1 – приёмная камера; 2 – тангенциальные песколовки; 3 – первичные отстойники с камерой; 4 – денитрификатор; 5 – нитрификатор; 6 – вторичный отстойник; 7 – биореактор доочистки; 8 – производственное помещение; 9 – дезинфекция сточных вод; 10 – песковые площадки; 11 – аварийные иловые площадки

Из приемной камеры сточные воды поступают в две тангенциальные песколовки и далее в два первичных вертикальных отстойника.

Биологическая очистка происходит в аэротенках (число секций -2), общей длиной с вторичными отстойниками 27, шириной коридоров 6 м.

После вторичных отстойников сточные воды доочищаются в двух биологических реакторах.

Дезинфекция осуществляется на установках ультрафиолетового облучения

Таблица 6.2: Показатели очистки сточных вод мг/л на очистных сооружениях пропускной способностью 2500 м³/сут.

Место отбора воды Показатели качества очистки проб	Поступающ ая вода	Биологичес ки очищенная	Доочищенн ая	Сбрасываем ая в водоем
Взвешенные вещества	150	15	2-3	2-3
БПК ₅	150	10	3	3
Азот аммонийный	35	0,4-0,6	0,4	0,6
0,4Н-0,6, нитриты	-	0,25	0,15	0,15
Нитраты	-	9	9	9
Фосфор фосфатов (по Р)	4	1-1,5	1-1,5	1-1,5

При наличии в городских сточных водах отработавших вод предприятий содержащих значительное количество трудноокисляемых органических веществ представляется применение физико- химической очистки. Технологическая схема сооружений физико-химической очистки представлена на рис. 6.3.

Суммарное количество загрязнений по БПК_{полн.} соответствует станции пропускной способностью 25 тыс.м³/сут. При концентрации загрязнений по БПК_{У_{полн.}} 200 мг/л. Такая концентрация загрязнений наиболее характерна для городских сточных вод. В качестве реагентов были использованы железный купорос и полиакриламид.

Для очистки сточных вод принята следующая технологическая схема: коагулирование, отстаивание, фильтрование через пористую загрузку и доочистка в биологических прудах.

По данной схеме обеспечивается снижение ХПК на 78-80%, БПК₅ на 85-90%, взвешенных веществ на 91-93%. В очищенной воде наблюдается полное отсутствие бактерий группы кишечной палочки. Технологическая схема сооружений по очистке сточных вод населенного пункта пропускной способностью 500 м³/сут приведена на рис

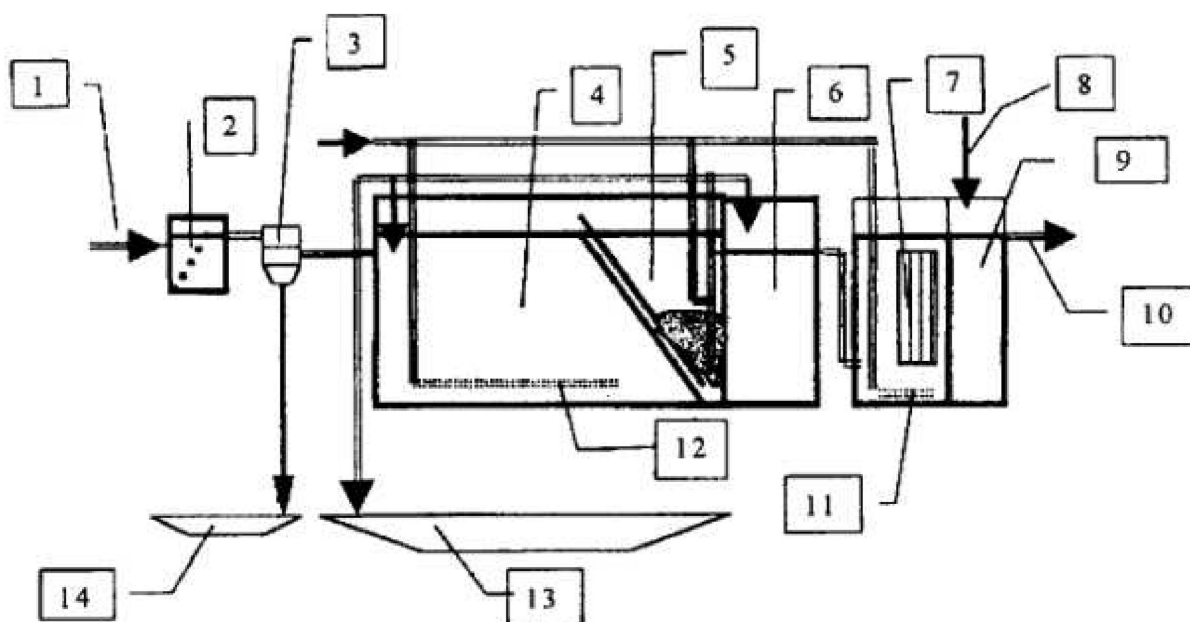


Рис. 6.3: Технологическая схема сооружений по очистке сточных вод пропускной способностью 500м³/сут.:

1 - поступающая сточная вода; 2 - приёмная камера с решёткой; 3 - тангенциальная песколовка; 4 - аэротенк продлённой аэрации; 5 - вторичный отстойник; 6 - аэробный стабилизатор активного ила; 7 - биореактор доочистки; 8 - гипохлорит натрия; 9 - контактный резервуар; 10 - очищенная сточная вода; 11 - аэрационная система регенерации биореактора; 12 - аэрационная система; 13 - иловые площадки; 14 - песковые площадки

Очистные сооружения обслуживают населенный пункт с населением 2000 жителей.

После решетки сточные воды поступают в тангенциальную песколовку.

Биологическая очистка проходит в аэротенках продленной аэрации (до 16 часов). Воздух распределяется через дырчатые трубы, диаметр отверстий составляет 3 мм.

Отстаивание воды происходит в четырех отстойниках, время отстаивания составляет 3,2 часа, Рециркуляционный активный ил направляется в начало аэротенков, а избыточный ил – в аэробные стабилизаторы с уплотнителем, встроенные в общий блок сооружений.

Доочистка сточных вод осуществляется в биологических реакторах, установленных отдельно и сблокированных с контактными резервуарами. Осадок после регенерации фильтра откачивается эрлифтами во вторичный отстойник.

После фильтрации общий поток сточных вод поступает в контактные резервуары и далее самотеком направляется в насосную станцию, перекачивающую сточные воды для сброса в водоем.

Избыточный активный ил после аэробной стабилизации в течение 7 суток и уплотнения направляется на две иловые площадки размером 18х18 м.

Сооружения по очистке сточных вод являются завершающей частью всей системы водоотведения перед сбросом очищенных сточных вод в водоем или их сельскохозяйственного использования. Поэтому от обеспечения надежной и бесперебойной работы этих сооружений зависит техническое, санитарное и экологическое состояние водоемов.

Сооружения и оборудование очистной станции представляют собой систему, связанную между собой сложной структурой инженерных коммуникаций. Эти коммуникации служат для подачи сточных вод, иловой смеси, отвода сырого осадка и избыточного активного ила, сжатого воздуха, реагентов, дренажных и промывных вод, электроэнергии и др.

В зависимости от пропускной способности очистных сооружений меняется их состав и объемы. Чем меньше пропускная способность сооружений, тем меньше протяженность инженерных сооружений и тем выше надежность сооружений.

Эксплуатацией очистных сооружений занимаются соответствующие службы, входящие в состав производственных управлений.

Основная задача эксплуатации — обеспечение бесперебойной и надежной работы всех сооружений для приема отведения и очистки сточных вод с целью их последующего сельскохозяйственного использования или выпуска в водоем при высоких технико-экономических и качественных показателях, с учетом требований охраны водоемов от загрязнения сточными водами и рационального использования водных ресурсов.

Для обеспечения нормальной эксплуатации очистных сооружений, как правило, создают самостоятельные подразделения, включающие ряд технологических цехов: механической очистки, биологической очистки, доочистки, обработки осадков и др.

Эксплуатацию очистных сооружений обеспечивают вспомогательные подразделения: химико-бактериологическая лаборатория, службы контрольно-измерительной аппаратуры и автоматики, механические мастерские, электрические подстанции и электромастерские, отдел капитального строительства и др.

Технологическую наладку сооружений осуществляют специализированные пусконаладочные организации. Наладку очистных сооружений, в которых происходят биохимические процессы (аэротенки, биофильтры, метантенки), проводят в теплое время года, что сокращает их пусковой период до 1-2 мес. Для ускорения выращивания определенного количества активного ила он может быть привезен с другой очистной станции. При выращивании активного ила или биопленки на месте к сточным водам добавляют осадок из вторичного отстойника. При наладке песколовок и отстойников регулируют водораспределительные и водосборные устройства, а также устройства для сбора и удаления осадка.

Список использованной литературы.

- 1.Абрамов Н.Н. Водоснабжение М.: Стройиздат, 1982.-480 с.
- 2.Белоконов Е.Н., Попова Г.Е., Пурас Г.Н. Водоотведение и водоснабжение. Серия Строительство, 2009.
3. Водоподготовка. Справочник под редакцией С.Е.Беликова М.: Издательский дом «Аква-Терм», 2007.
4. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод МГСУ Издательство Ассоциации Строительных вузов, Москва. 2006,-704 с.
5. Журба М.Т., Соколов Л.М., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 2. -2004.
6. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды.-Л.: Химия,1987.-208 с.
- 7 КМК 2.04.02-97 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Ташкент- 1997.
8. КМК 2.04.03-97 Канализация. Наружные сети и сооружения.Ташкент.-1996.
- 9.Ласков Ю.М.,Воронов Ю.В., Камищун В.И. примеры расчетов канализационных сооружений: Учебное пособие для вузов.-М.: Высшая школа, 1981, -213с.
10. Новиков Ю.В., Сайфутдинов М.М. «Вода и жизнь» М., изд. «Наука», 1981.
11. Новые технологии и разработки по водоподготовке и очистке питьевой воды для водоснабжения сельских территорий. М.: Мелиоводинформ, 2000.-109 с.
12. Орлов В.А. Технология озонирования вод: Учебное пособие МГСУ. М.: 1996.-118 с.
13. Проектирование сооружений для очистки сточных вод. Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85.М.: Стройиздат.-1990.-192 с.
- 14.Разумовский С.Э., Медриш Т.Л., Казарян В.А. Очистка и обеззараживание сточных вод малых населенных пунктов. М.: Стройиздат, 1986.-175с

- 15.Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования.М.: Дели.принт, 2004-301с.
- 16.Сомов М.А., Квитка Л.А., Сб. 1. «Водоснабжение»-М.: Инфрам, 2007.-287 с.
17. Фетисов В.Д., Завгородняя И.В. Проектирование и расчет системы водоснабжения сельского населенного пункта. Учебное пособие. -Краснодар, 2004.
18. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка: Учебное пособие для вузов, М.: Издательство МГУ, 1996.- 680 с.
19. Яковлев С.В., Ласков Ю.М. Канализация. Стройиздат, Москва, 1987.-319 с.
20. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Калицун В.Н. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для ВУЗов. М., Стройиздат, 1996-591 с.



Tempus

This publication has been funded with support from the European Commission (Tempus IV). This publication reflects the views only of the author, and the European Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Проект финансируется при поддержке Европейской Комиссии. Содержание данной публикации/материала является предметом ответственности автора и не отражает точку зрения Европейской Комиссии.