

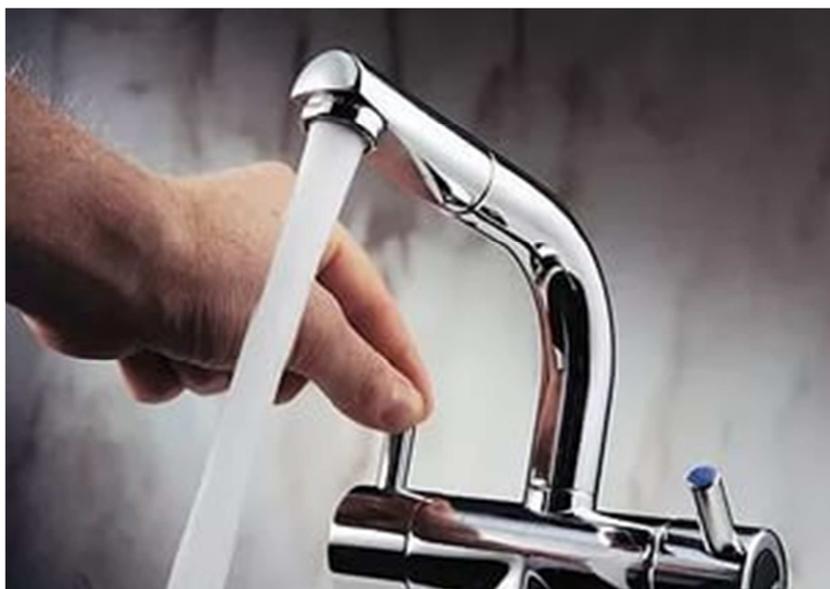
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И.В. Башкирцева

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ
НАСЕЛЁННЫХ МЕСТ**

Часть 2

Электронное учебное пособие



Волжский
2018

УДК 628.1(07)
ББК 38.761.1
Б 334

Р е ц е н з е н т
Руководитель группы энергетического хозяйства ОАО ВРП
В.Ю. Варшук,
директор ООО «Керамика»
Арзаканцян С.В.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Башкирцева, И.В.
Водоснабжение и водоотведение населённых мест. Часть 2
[Электронный ресурс] : учебное пособие / И.В. Башкирцева ; ВПИ
(филиал) ВолгГТУ. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 14,9 МБ). –
Волжский, 2018. – Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул.
экрана.

ISBN 978-5-9948-2988-2

Учебное пособие включает теоретический материал для самостоятельной работы и посвящено вопросам, связанным с устройством и проектированием систем холодного водоснабжения и водоотведения населённых мест. Составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Водоснабжение и водоотведение» для студентов 2 курса направления подготовки 08.03.01 - «Строительство», профиль подготовки «Городское строительство и хозяйство», квалификация – бакалавр дневной и заочной форм обучения.

Ил. 44, табл. 3, библиограф.: 12 назв.

ISBN 978-5-9948-2988-2

© Волгоградский государственный
технический университет, 2018
© Волжский политехнический
институт, 2018

Содержание

Введение.....	4
1. ВОДООТВЕДЕНИЕ	5
1.1 Основные элементы и схемы систем канализации населенных пунктов.....	5
1.2 Сооружения для очистки сточных вод.....	21
1.3 Методы глубокой очистки и обеззараживания сточных вод.....	56
2. ОХРАНА ВОДОЁМОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	63
2.1. Пути загрязнения водоёмов	63
2.2. Мониторинг загрязнений водоёмов	64
2.3 Водные ресурсы Волгоградской области.....	66
Список литературы	76

Введение

Водоотведение и санитарно-техническое оборудование зданий и отдельных объектов определяют уровень благоустройства отдельных объектов и масштабы развития многих отраслей народного хозяйства. Системы канализации относятся к системам жизнеобеспечения.

Важной проблемой развития водного хозяйства является проведение комплексных мероприятий по защите воды, воздуха и почв от загрязнений. Особую актуальность приобретают вопросы защиты источников водоснабжения от сброса неочищенных сточных вод.

Содержание представленного учебного пособия отражает основные направления решения изложенных выше проблем.

1. ВОДООТВЕДЕНИЕ

1.1 Основные элементы и схемы систем канализации населенных пунктов

Виды сточных вод. Сточные воды подразделяются на бытовые, или хозяйственно-фекальные, промышленные, или производственные, и атмосферные, или ливневые.

К хозяйственно-фекальным (бытовым) водам относятся воды, поступающие от раковин, умывальников, ванн, трапов и пр. (хозяйственные воды), а также воды, поступающие из уборных, т.е. загрязненные в основном физиологическими отбросами (фекальные воды). К категории бытовых вод относятся, кроме того, воды, поступающие из бань, прачечных, стекающие из душевых помещений, воды от мытья полов и т. д.

К производственным сточным водам относятся воды, использованные при процессах производства и загрязненные теми или иными примесями.

Атмосферные сточные воды образуются вследствие выпадения атмосферных осадков в виде дождя или снега и смыва ими загрязнений, имеющих на поверхности территории города или промышленного предприятия.

Воды от поливки улиц и зеленых насаждений по составу своих загрязнений близки к атмосферным сточным водам и поэтому удаляются вместе с ними.

Состав бытовых вод более или менее однообразен. В них содержатся: крупные нерастворенные вещества: остатки пищи, овощей, бумага, тряпки, песок, фекалии, загрязнения органического и минерального происхождения, находящиеся в коллоидальном и растворенном состоянии, а также различные бактерии, в том числе и болезнетворные. Поэтому они являются наиболее опасными с санитарной точки зрения.

Количество загрязнений, приходящихся на единицу объема сточной воды, зависит от степени их разбавления водопроводной водой; чем больше воды отпускается на 1 жителя, пользующегося канализацией, тем менее концентрированными, менее загрязненными являются сточные воды.

Состав производственных сточных вод может быть очень разнообразным, так как в зависимости от рода обрабатываемого сырья и способа технологического процесса производства количество загрязнений в сточных водах резко изменяется.

Производственные сточные воды в основном подразделяются на загрязненные и условно чистые. В свою очередь загрязненные производственные сточные воды делятся на воды с примесями, в основном органического происхождения, и воды, содержащие главным образом, примеси минерального происхождения.

Канализация и её основные сооружения. Схемой канализации называют технически и экономически обоснованное проектное решение принятой системы канализации с учетом местных условий и перспектив

развития объекта канализования.

Каждая система канализации может быть осуществлена различными техническими приемами при трассировке сетей и коллекторов, определении глубины их заложения, количества насосных станций числа и расположения очистных сооружений и т. д.

Все канализационные сооружения любой системы и схемы канализации по своему назначению делятся на две основные группы.

К первой группе относят оборудование и сооружения, предназначенные для приема и транспортирования сточных вод:

- а) внутренние канализационные устройства;
- б) наружную канализационную сеть;
- в) насосные станции и напорные канализационные водоводы.

Ко второй группе относят:

- а) очистные станции, предназначенные для очистки, обезвреживания, обеззараживания сточных вод и для обработки осадка;
- б) выпуски очищенных вод в водоем.

Внутренние канализационные устройства в жилых и общественных зданиях состоят из приемников (санитарных приборов) – унитазов, писсуаров, раковин, умывальников, моек, трапов, ванн и пр., и из сети – отводных труб, стояков, выпусков и дворовой сети (рис. 1.1.1). Санитарные приборы устанавливают в кухнях, туалетных и ваннных комнатах жилых, общественных и производственных зданий.

Сточные воды из приемников поступают в отводные трубы, а затем в стояки внутренней канализационной сети. Стояки прокладывают по стенам внутри отапливаемых помещений или в монтажных шахтах, блоках и санитарно-технических кабинках. Их выводят через чердачное помещение выше крыши. Вследствие обогрева стояков в отапливаемых помещениях в них создается тяга воздуха, что обеспечивает вентиляцию внутренней и наружной канализационной сети. Верхнюю часть стояка называют вытяжной трубой, на конце ее устанавливают дефлектор (флюгарку).

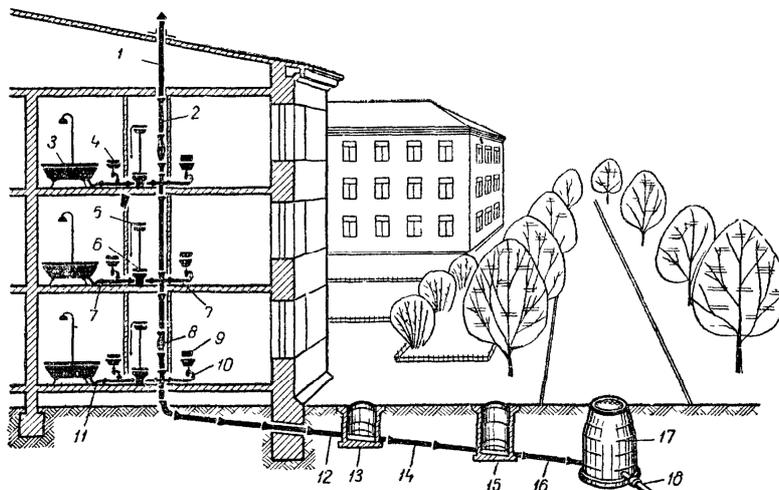


Рис. 1.1.1. Схема внутренней канализации: 1 — вытяжная вентиляционная труба; 2 — стояк; 3—ванна; 4—умывальник; 5 - смывной бачок; 6 — унитаз, 7 —отводная труба; 8 — ревизия; 9 — мойка или раковина

на кухне; 10— гидравлический затвор; 11 — напольный сифон; 12— выпуск;
 13—смотровой колодец на дворовой сети; 14 — дворовая сеть; 15—
 контрольный колодец; 16—соединительная ветка; 17—смотровой колодец на
 уличной сети; 18 — уличная сеть

Чтобы воздух и газы не проникали в помещение, между сетью и санитарными приборами предусматривают водяные затворы. В унитазах и трапах водяные затворы являются конструктивным элементом прибора, а под умывальниками, ваннами, мойками и раковинами устанавливают специальные фасонные части – сифоны. Одним сифоном можно обслужить несколько приборов. Вода в нем автоматически заменяется свежей после каждого сброса новой порции воды в санитарный прибор. Для осмотра и прочистки труб устанавливают ревизии и прочистки.

Сточные воды поступают по стояку через выпуск в дворовую или внутриквартальную канализационную сеть (рис. 1.1.2). В месте присоединения каждого выпуска к дворовой или внутриквартальной канализационной сети устраивают смотровой колодец, который предназначается для наблюдения за работой внутренней сети и для ее прочистки при засорении.

В производственных помещениях приемниками сточных вод служат воронки, трапы, открытые и закрытые лотки, располагаемые у производственных аппаратов и машин. Внутрицеховую канализационную сеть в производственных помещениях устраивают аналогично внутренней домовой сети из чугунных или пластмассовых труб в виде стояков, отводных труб и выпусков.

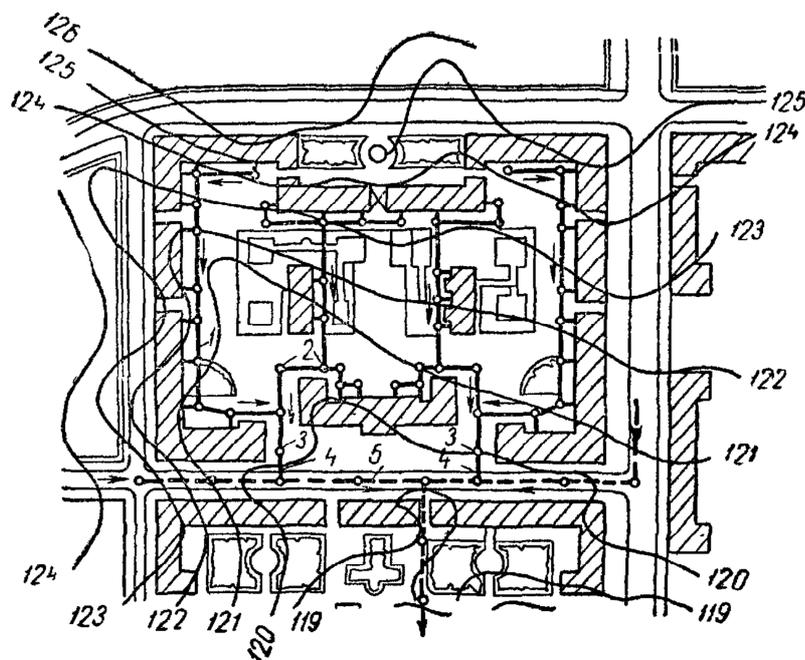


Рис. 1.1.2. Схема внутриквартальной канализационной сети: 1 —
 внутриквартальная сеть; 2 — смотровые колодцы; 3—контрольные колодцы; 4
 — соединительная ветка; 5 — уличная сеть

Наружной канализационной сетью называют уложенную с уклонами разветвленную подземную сеть труб и каналов, отводящую сточные воды самотеком к насосной станции, очистным сооружениям или в водоем. В зависимости от назначения, места укладки и размеров наружные канализационные сети называют: дворовой – уложенной в пределах одного владения; внутриквартальной – уложенной внутри квартала (рис. 1.1.2); заводской – уложенной на территории промышленных предприятий; уличной – уложенной по улицам и проездам и принимающей сточные воды из дворовых, внутриквартальных и заводских сетей.

Для контроля за работой дворовой и внутриквартальной сетей в конце их устраивают смотровой колодец, который называют контрольным. Участок сети, соединяющий контрольный колодец с уличной сетью, называют соединительной веткой. Уличная сеть городов сильно разветвлена и охватывает обширные территории, с которых сточные воды отводятся преимущественно самотеком. Для этого всю канализуемую территорию населенного места делят на бассейны канализования (рис. 1.1.3).

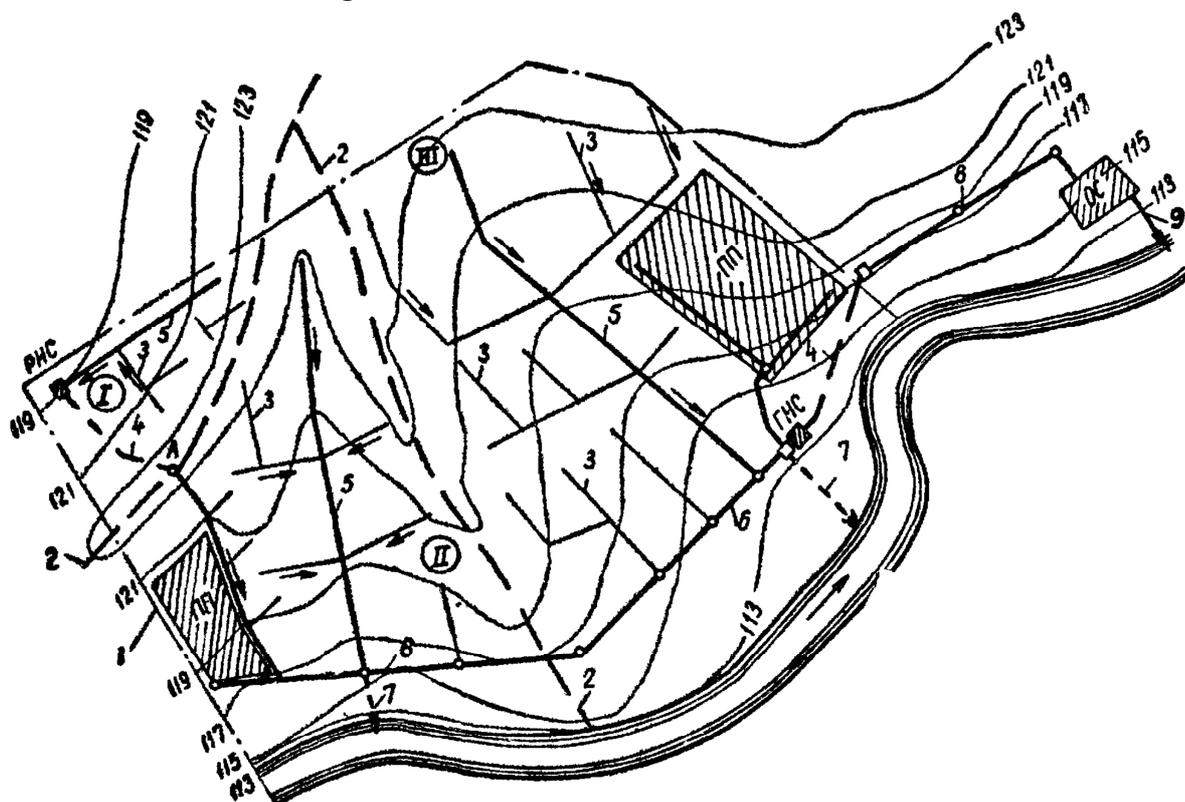


Рис. 1.1.3. Общая схема и основные сооружения канализации населенного пункта: I–III — бассейны канализования; 1—граница города; 2—границы бассейнов канализования; 3—уличная сеть; 4 — напорные водоводы; 5 — коллекторы; 6— главный коллектор; 7—аварийные выпуски; 8 — загородный или отводной коллектор; 9—выпуск в водоем

Бассейном канализования называют часть канализуемой территории, ограниченную водоразделами. Участок канализационной сети, собирающий сточные воды из одного или нескольких бассейнов канализования, называют коллектором. Коллекторы подразделяют на: а) коллекторы бассейна

канализования, собирающие сточные воды из канализационной сети одного бассейна; б) главные коллекторы, собирающие сточные воды двух или нескольких коллекторов бассейнов канализования; в) загородные (или отводные) коллекторы, отводящие сточные воды транзитом (без присоединений) за пределы объекта канализования к насосным станциям, очистным сооружениям или к месту выпуска в водоем. В крупных городах с сильно развитой городской сетью коллекторы больших размеров нередко называют каналами.

Канализационная сеть и коллекторы всегда должны быть доступны для осмотра, промывки и прочистки от засорений, для чего на них устраивают смотровые колодцы.

С реками, оврагами и железными дорогами коллекторы пересекаются с помощью дюкеров, переходов, эстакад. Коллекторы прокладывают с уклоном по пониженной местности, по тальвегам рек и оврагов. При необходимости подъема сточных вод на более высокие отметки устраивают канализационные насосные станции, которые перекачивают воду по напорным водоводам.

В зависимости от назначения канализационные станции подразделяют на: а) местные, предназначенные для перекачки сточных вод от одного или нескольких отдельных, неблагоприятно расположенных зданий или жилых кварталов; б) районные, предназначенные для перекачки сточных вод от отдельных районов или бассейнов канализования; в) главные, перекачивающие основную часть или все количество сточных вод канализуемого населенного пункта или промышленного предприятия.

На схеме канализации города, имеющего промышленное предприятие ПП, из бассейна канализования I, расположенного на пониженных отметках, не представляется возможным отводить сточные воды самотеком в главный коллектор. Поэтому в наиболее пониженной точке этого бассейна устроена районная насосная станция РНС, которая перекачивает сточные воды по напорному трубопроводу в верховье (точка А) ближайшего самотечного главного коллектора.

На этой схеме канализации имеется главная насосная станция ГНС, перекачивающая все сточные воды на очистную станцию ОС.

Очистные станции предназначены для очистки сточных вод и обработки осадков; они komponуются из комплексов очистных и вспомогательных сооружений, связанных между собой инженерными коммуникациями в единую технологическую схему. Комплексы очистных сооружений выбирают в зависимости от концентрации, качественной и количественной характеристики загрязняющих примесей, а также от требований, предъявляемых к очищенным водам по местным условиям.

Канал, отводящий очищенные сточные воды от очистных станций в водоем и снабженный устройством для перемешивания этих вод с водой водоема, называют выпуском. На коллекторах перед насосной и очистной станциями также устраивают выпуски для сброса сточных вод в водоем без очистки в случае аварии; эти выпуски называют аварийными.

При составлении схемы общесплавной системы канализации на главном

коллекторе предусматривают устройство ливнеспусков для частичного сброса в водоем во время больших ливней сильно разбавленной смеси бытовых и дождевых вод. Это позволяет уменьшить размеры главного коллектора и очистных сооружений, а, следовательно, и стоимость строительства общесплавной канализации.

Схема канализации населённых пунктов и промышленных предприятий. Схемы канализационной сети городов, населенных пунктов или промышленных предприятий зависят от рельефа местности, грунтовых условий, места расположения очистных станций, концентрации и разновидностей загрязнений сточных вод, а также планировочных факторов и других условий (наземных и подземных препятствий и др.).

Ввиду большого разнообразия местных условий трудно дать какие-либо типовые схемы канализационной сети. В качестве приближенной классификации можно указать на схемы, приведенные на рис. 1.1.4.

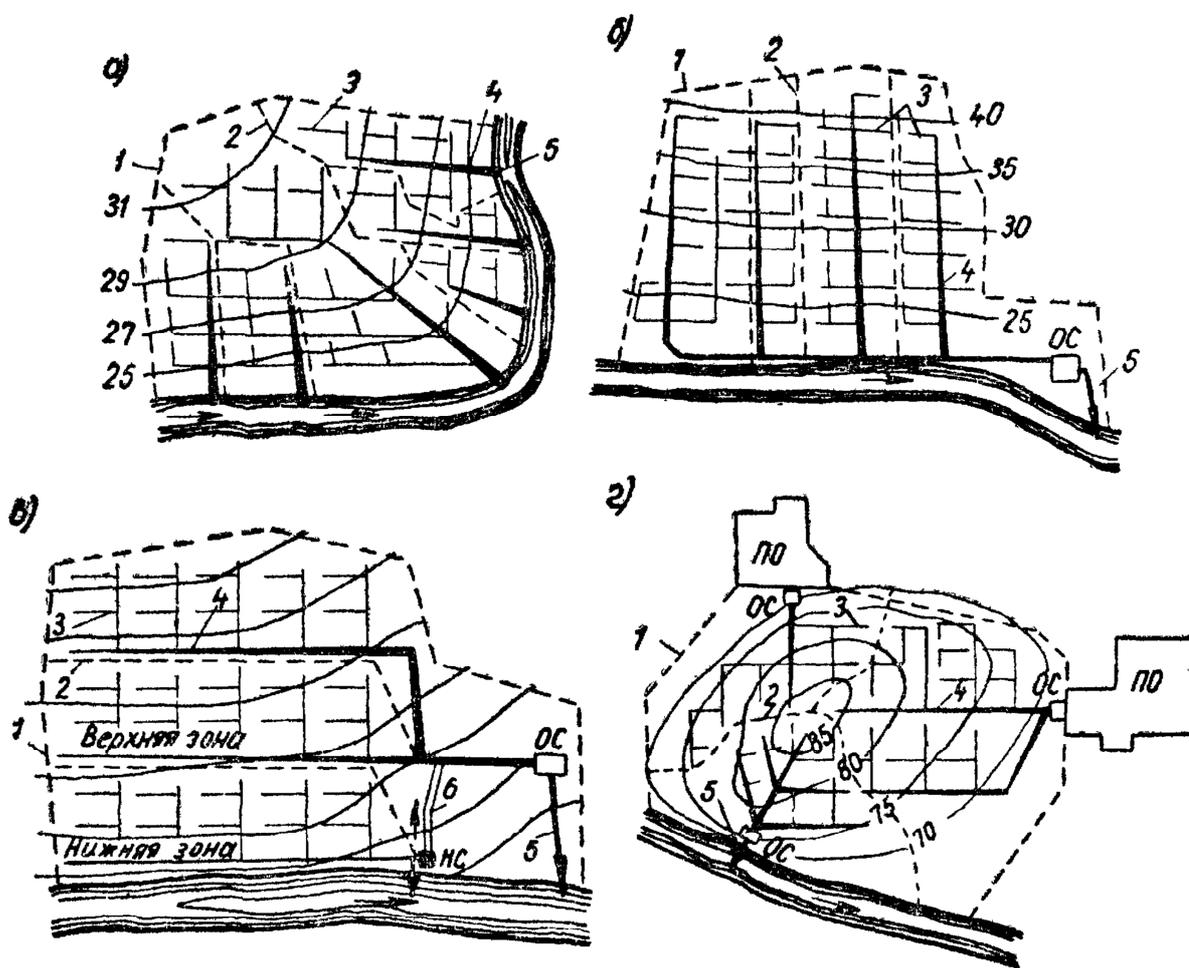


Рис. 1.1.4. Схемы канализации: 1- граница города, 2—границы бассейнов канализования; 3 — уличная сеть; 4—коллекторы; 5 — выпуски, 6 — напорный водовод; ОС — очистные станции; НС — насосные станции; ПО — поля орошения

В первоначальный период строительства канализаций, когда сточных вод было мало и к их очистке не предъявлялось строгих требований, коллекторы бассейнов канализования трассировались по наикратчайшему

направлению перпендикулярно водоему, если этому не препятствовал рельеф местности. Такую схему канализационной сети называли перпендикулярной (рис. 1.1.4,а). В настоящее время эту схему применяют в местностях с хорошо выраженным уклоном к водоему для отведения атмосферных и незагрязненных производственных сточных вод.

Если коллекторы отдельных бассейнов перпендикулярной схемы перехватывают главным коллектором, прокладываемым параллельно водоему, то такую схему канализационной сети называют пересеченной (рис.1.1.4,б). Пересеченную схему рекомендуется применять в местностях с хорошо выраженным уклоном к реке для отведения всех трех категорий сточных вод Территорию, состоящую из нескольких отдельных террас со значительной разностью отметок, можно разбить на зоны (пояса), канализуемые самостоятельно. Такую схему канализационной сети называют поясной или зонной (рис. 1.1.4,в). Сточные воды верхней зоны могут самотеком поступать на очистные станции, и только сточные воды нижней зоны перекачивают непосредственно на очистные станции или в коллектор верхней зоны, что уменьшает эксплуатационные расходы. Схему канализационной сети, показанную на рис. 1.1.4, г, называют радиальной или децентрализованной. Такая схема имеет несколько очистных станций.

Схемы канализационной сети промышленных предприятий аналогичны схемам канализационной сети населенных пунктов. Однако при разнообразном составе производственных сточных вод и различной степени их загрязненности может оказаться целесообразным устройство на территории промышленного предприятия нескольких самостоятельных канализационных сетей.

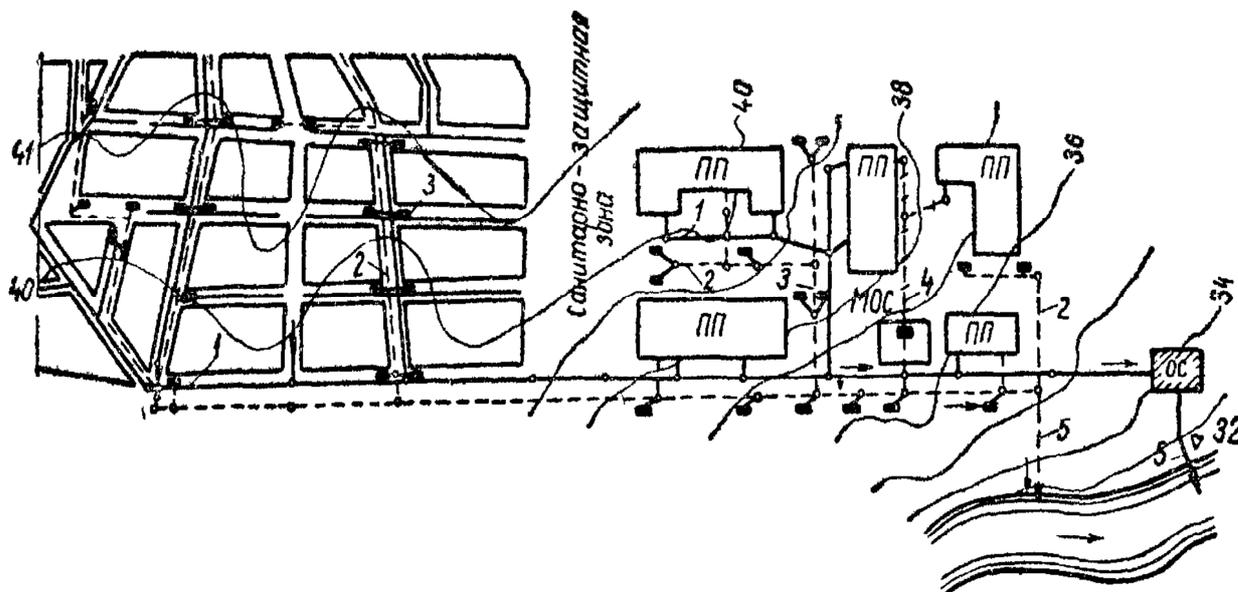


Рис. 1.1.5. Полная раздельная система канализации промышленного предприятия с поселком: 1— производственно-бытовая сеть; 2 — производственно-дождевая сеть; 3 — дождеприемники; 4 — сеть загрязненных производственных сточных вод; 5 — выпуски

На рис. 1.1.5 приведена одна из возможных схем канализационной сети промышленного предприятия ПП с жилым поселком. Здесь представлена полная раздельная система канализации с тремя совершенно самостоятельными канализационными сетями и двумя очистными станциями. Производственно-бытовая сеть принимает все бытовые и загрязненные производственные сточные воды от поселка и предприятия. Воды этой сети перед выпуском в водоем подвергают очистке на общей очистной станции ОС. Производственно-дождевая сеть принимает атмосферные воды с территории предприятия и поселка через дождеприемники, а также незагрязненные воды из цехов и сбрасывает их непосредственно в водоем без очистки. Для загрязненных производственных сточных вод устроена самостоятельная сеть и местная очистная станция МОС. Очищенные воды можно повторно использовать в производстве либо сбросить в производственно-дождевую сеть, а если очистка на местных очистных сооружениях недостаточна, то передать в производственно-бытовую сеть для доочистки совместно с бытовыми водами. Очищенные воды сбрасываются в водоем через выпуск.

Схемы канализации городов и промышленных комплексов могут быть централизованными, децентрализованными и районными (региональными). При централизованной схеме сточные воды всех бассейнов канализования направляют по одному или нескольким коллекторам на единственную для всего города очистную станцию, расположенную ниже города, по течению реки (Киев, Париж).

Децентрализованные схемы канализационной сети применяют при канализовании крупных городов в условиях как сильно пересеченного, так и очень плоского рельефа местности. В этом случае устраивают районную канализацию с самостоятельными очистными сооружениями (рис. 1.1.4,г). По децентрализованной схеме построены канализации Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Берлина, Лондона, Токио, Нью-Йорка и других городов.

Глубина заложения канализационных сетей. При проектировании водоотводящих сетей различают минимальную, максимальную и начальную глубины заложения сети.

Минимальная глубина заложения труб при диаметре труб до 500 мм на 0,3 м меньше глубины промерзания грунта в данном районе, а при диаметре труб свыше 500 мм – на 0,5 м меньше глубины промерзания. Во всех случаях из условия предохранения труб и разрушения под действием внешних нагрузок заглубление должно быть не менее 0,7 м до верха трубы. При условии проезда тяжелого наземного транспорта это значение должно быть увеличено до 1,5 м.

Максимальная глубина заложения трубопроводов при открытом способе прокладки сетей зависит от характера грунтов, уровня грунтовых вод и материала труб. В нормальных сухих грунтах ее принимают в пределах 7...8 м, в мокрых и плавунных – 5...6 м, в скальных – 4...5 м.

Начальная глубина заложения уличной сети в диктующей точке главного коллектора H , м, определяется по формуле

$$H = h + i(L + l) - (Z_2 - Z_1) + \Delta d, \quad (1.1.1)$$

где h – минимальная глубина заложения трубопровода в начальном колодце (дворовой внутриквартальной сети), м;

L – длина дворовой сети от начального дворового колодца до контрольного колодца, м;

l – расстояние от контрольного колодца до начального колодца уличного коллектора, м;

i – уклон внутриквартальной или дворовой сети, принимаем $i = 0,007 \dots 0,01$ для $d = 150$ мм, и $i = 0,005 \dots 0,007$ для $d = 200$ мм,

$L + l$ – длина внутриквартальной сети от наиболее удаленного колодца до места присоединения ее к уличной сети;

Z_1 и Z_2 – отметки поверхности земли у колодца уличной сети и начального колодца дворовой сети соответственно, м;

Δd – разница диаметров трубопроводов уличной и дворовой сети.

Прокладку сети рекомендуют производить в пределах проезжей части и в зонах зеленых насаждений. На пересечении с железнодорожными путями, трассами метрополитенов, вблизи уникальных зданий следует предусматривать дублирующие линии с камерами для их связи. Совмещенная прокладка трубопроводов и коллекторов различного назначения позволяет более экономично и рационально организовать производство работ.

Укладку всех видов сетей необходимо вести параллельно оси уличного проезда или красной линии застройки. При пересечении канализационных труб с водопроводными, как правило, первые прокладывают ниже водопроводных с расстоянием по вертикали в свету не менее 0,4 м. В противном случае водопровод заключается в кожух длиной не менее 5 м, а в фильтрующих грунтах – 10 м в обе стороны (по горизонтали) от места их пересечения.

Основы гидравлического расчета канализационных сетей. *Нормы водоотведения.* Среднее суточное количество сточной воды, отводимой от одного жителя, называемое нормой водоотведения или удельным водоотведением $q_{ж}$, л/сут на 1 чел., установлено на основании опыта работы действующих систем водоотведения (табл. 1.1.1).

Таблица 1.1.1 Нормы водоотведения бытовых сточных вод для районов жилой застройки

Степень благоустройства районов жилой застройки	Водоотведение на одного жителя, л/сут
Здания без внутреннего водопровода и канализации	25
Здания с внутренним водопроводом и канализацией без ванн	125 – 160
То же, с ваннами, оборудованными местными водонагревателями	160 – 230
То же, с централизованным горячим водоснабжением	230 - 250

Данные нормы учитывают расходы воды от административных зданий и коммунально-бытовых предприятий, расположенных в городах.

Удельное водоотведение на промышленных предприятиях учитывает расходы бытовых (хозяйственно-фекальных) душевых и производственных стоков. Нормы водоотведения на бытовые нужды составляют 25 л/чел в смену для холодных цехов и 45 л/чел в смену для горячих цехов (с тепловыделением более 80 кДж/ч на 1 м³ помещения), а на душевые нужды – 500 л/ч на одну душевую сетку. Продолжительность пользования душем составляет 45 мин после окончания смены. Удельное водоотведение производственных сточных вод зависит от вида выпускаемой продукции или исходного сырья и изменяется в широких пределах.

Канализационную сеть рассчитывают на пропуск максимального секундного расхода сточных вод:

$$q_{max.c} = K_{общ} N q_{ж} / 86400, \text{ л/с}, \quad (1.1.2)$$

где N – численность населения города;

$q_{ж}$ – норма водоотведения бытовых вод принимается равной норме водопотребления;

$K_{общ}$ – общий коэффициент неравномерности водоотведения бытовых сточных вод определяется в зависимости от величины среднего секундного расхода:

$$q_{ср.с} = N q_{ж} / 86400, \text{ л/с}, \quad (1.1.3)$$

При расчете канализационных сетей удобно вычислять расходы, используя понятие модуля стока, л/(с га) по формуле:

$$q_0 = \rho q_{ж} / 86400, \text{ л/с}, \quad (1.1.4)$$

где ρ – плотность населения на 1 га, тогда:

$$q_{max.c} = K_{общ} F q_0, \quad (1.1.5)$$

где F – площадь кварталов в жилой зоне канализуемой территории.

Максимальный секундный расход для производственных сточных вод:

$$q_{max.c} = K_{ч} П_{см} q_{пр}^3 / T 3600, \quad (1.1.6)$$

где $q_{пр}$ – норма водоотведения на единицу продукции, м³;

$П_{см}$ – количество продукции в смену с максимальной выработкой продолжительностью T , ч;

$K_{ч}$ – коэффициент часовой неравномерности водоотведения производственных сточных вод, зависящий от технологических условий.

Расчетный расход сточных вод на участке канализационной сети определяется по формуле:

$$q_r = q_{тр} + q_{поп} + q_c, \quad (1.1.7)$$

где $q_{тр}$ – транзитный расход воды, поступающий в расчетный участок сети из боковой сети;

$q_{поп}$ – попутный расход, поступающий в расчетный участок сети от зданий прилегающего квартала. Этот расход условно считают присоединенным в начале участка сети, к которому примыкает квартал;

q_c – сосредоточенный расход от промышленного предприятия.

Бытовую канализацию рассчитывают на частичное наполнение труб – H/D . Расчетные наполнения в трубопроводах бытовой канализации рекомендуется принимать в зависимости от диаметра труб:

D, мм	150-300	350-450	500-900	более 900
H/d	0,6	0,7	0,75	0,8

Минимальные диаметры трубопроводов сетей уличной канализации принимаются в зависимости от системы канализации

Полная система	раздельная	Общесплавная система	Хозяйственно – бытовая система	Дождевая система
D, мм	200	250	250	300

Расчетной скоростью называют скорость течения при расчетном расходе и наполнении. Минимальной скоростью (самоочищающей) называют наименьшую допустимую скорость течения, при которой обеспечивается самоочищение труб:

D, мм	150-200	300-400	450-500	600-800	900-1200	1300-1500	более 1500
V, м/с	0,7	0,8	0,9	1	1,15	1,3	1,5

Наибольшую расчетную скорость движения сточных вод следует принимать 8 м/с – для металлических труб и 4 м/с – для неметаллических.

Канализационные трубы прокладывают с уклоном.

Наименьшим уклоном трубы называется уклон, обеспечивающий при расчетном наполнении трубы скорость самоочищения.

Наименьшие уклоны труб бытовой канализации принимают для труб диаметром 150 мм – 0,08, 200 мм – 0,005, 250 мм и более – определяют гидравлическим расчетом в зависимости от допускаемых минимальных скоростей. Ориентировочно минимальный уклон можно определить по выражению: $i_{min} = 1/d$, где d – диаметр трубы в мм.

В ходе гидравлического расчета канализационной сети по полученным значениям расчетных расходов сточных вод определяют диаметры труб, уклоны, обеспечивающие требуемые значения расчетных скоростей и наполнений.

Сооружения на канализационных сетях. На канализационных сетях сооружают *колодцы и камеры*. В зависимости от назначения смотровые колодцы подразделяют на линейные, поворотные, узловые и специальные. К специальным относятся контрольные, промывные, колодцы с гидрозатвором, колодцы – дождеприемники. Отдельную группу смотровых колодцев составляют перепадные колодцы. Камеры сооружают на всех канализационных сетях в местах соединения нескольких линий больших диаметров в один коллектор. Трубы внутри колодцев и камер заменяют открытыми лотками с бермой с небольшим уклоном от стенок колодца к лотку.

Устройство лотков в колодцах различного назначения приведено на рис. 1.1.6. Как видно из рисунка, поворотный колодец отличается от линейного формой лотка, который имеет криволинейное очертание в виде плавной кривой с минимальным радиусом искривления, равным двум – трем диаметрам труб. Угол поворота не должен быть более 90° .

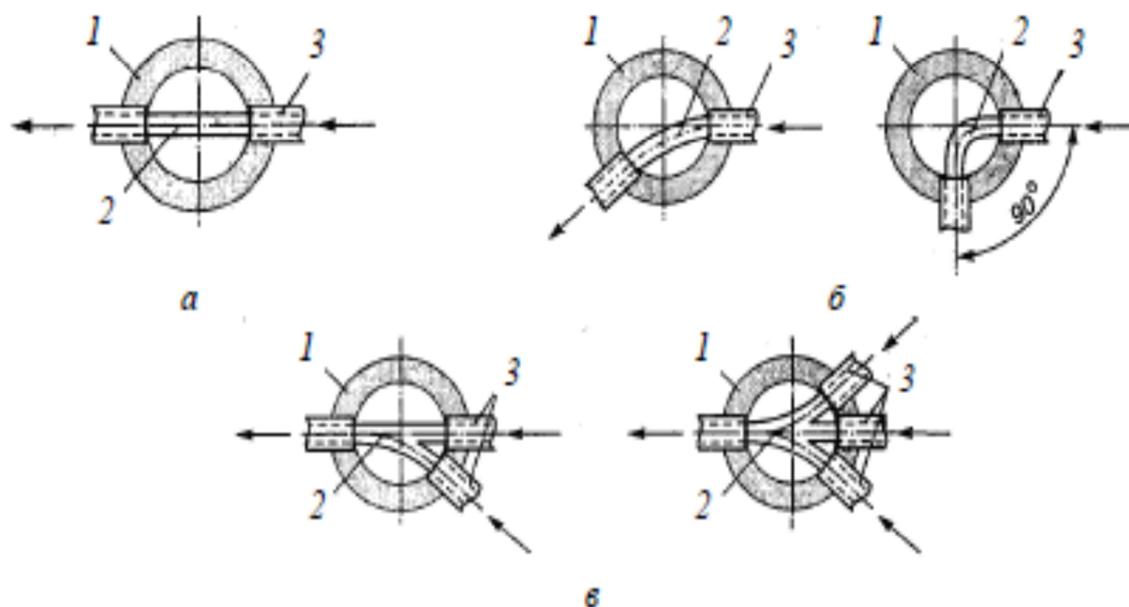


Рис. 1.1.6. Лотки смотровых колодцев: *а* – линейные; *б* – поворотные; *в* – узловые; 1 – стенки колодцев; 2 – лотки; 3 – трубы

Устройство узлового колодца для уличной сети представлено на рис. 1.1.7.

При пересечении трубопроводов с препятствиями устраивают дюкеры, переходы и эстакады. *Дюкер* (рис. 1.1.8) состоит из следующих основных элементов: напорных трубопроводов, верхней и нижней камер. Напорные трубопроводы дюкера выполняются не менее чем из двух ниток стальных труб с усиленной антикоррозионной изоляцией. Диаметр должен быть не менее 150 мм. Обе нитки должны быть рабочими. Устройство дюкера с одной рабочей и одной резервной трубой допускается при небольших расходах. Дюкер укладывается в траншее по дну русла. Глубина заложения подводной части трубопровода должна приниматься не менее 0,5 м до верха трубы, а в пределах фарватера на судоходных реках не менее 1 м. Расстояние между трубами дюкера по горизонтали в свету должно быть не менее 0,7–1,5 м. Аварийный выпуск может быть проложен из верхней камеры дюкера или из ближайшего колодца перед ним.

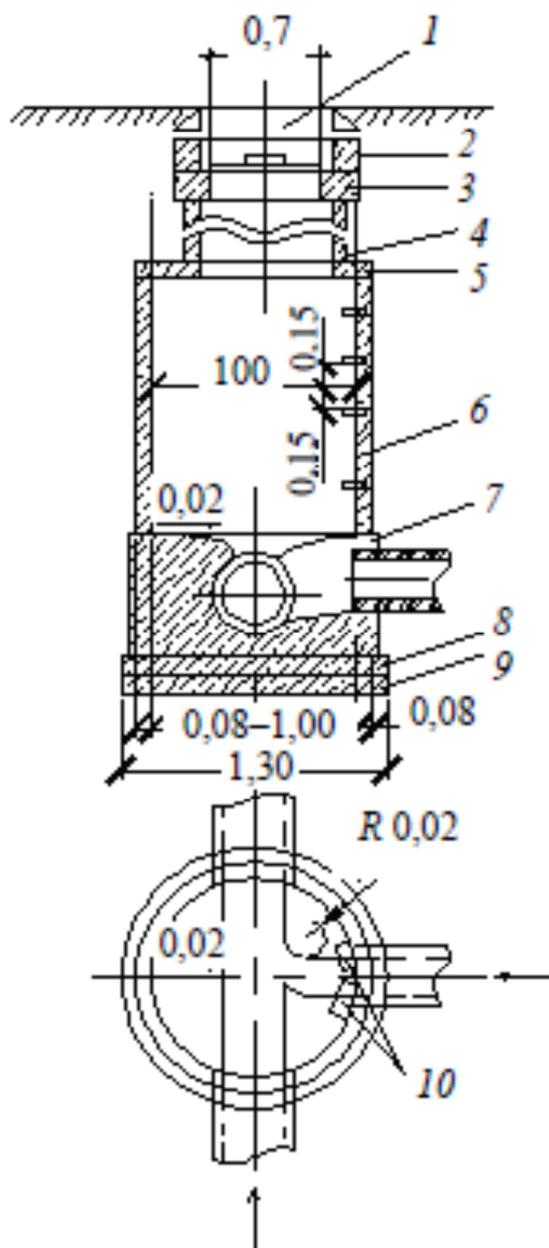


Рис. 1.1.7 – Узловой колодец диаметром до 400 мм: 1 – чугунный люк с крышкой, 2,3 – кольца регулировочное и опорное, 4,6 – железобетонные кольца диаметром 700 и 1000 мм, 5 – плита перекрытия, 7 – регулировочные блоки, 8 – основание, 9 – подготовка, 10 – скобы

Переходы под железными и автомобильными дорогами применяют: для дорог, проходящих в глубоких выемках, – дюкерные, а в остальных случаях – самотечные.

Эстакады устраивают при пересечении глубоких оврагов или суходолов с самотечными трубопроводами, отметки лотка которых значительно превышают отметки дна пересекаемого препятствия. Конструктивно эстакада представляет собой мост на высоких опорах, по которому проложен самотечный трубопровод в утепленном коробе – футляре.

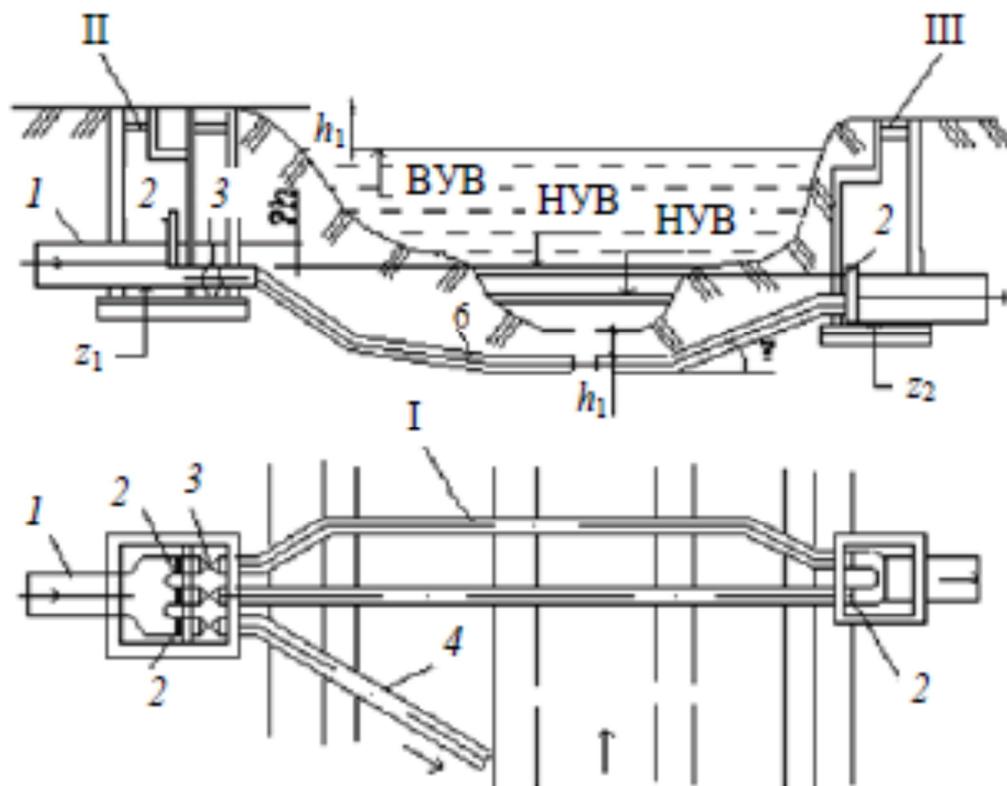


Рис. 1.1.8 – Схема дюкера через реку: I – напорные трубопроводы, II – верхняя камера, III – нижняя камера: 1 – подводный самотечный трубопровод, 2 – щитовые затворы, 3 – задвижки, 4 – аварийный выпуск

Материал канализационных труб. Для напорных коллекторов применяют *чугунные, железобетонные, стальные и асбестоцементные* трубы. Стальные трубы преимущественно используют при прокладке дюкеров, монтажа трубопроводов в насосных станциях, для устройства выпусков сточных вод в сейсмических районах.

Трубы чугунные для безнапорных трубопроводов выпускают по ГОСТ 6942–98.

Для прокладки самотечных канализационных сетей широко применяются безнапорные *асбестоцементные* (ГОСТ 1839–80*), *пластмассовые* ГОСТ 22689.089, *бетонные* (ГОСТ 20054–82), *железобетонные* (ГОСТ 6482–88), *керамические* (ГОСТ 286–82) трубы.

Коллекторы проектируют из круглых железобетонных труб, а при отсутствии нужного размера труб – из сборных железобетонных элементов. При прокладке коллекторов на большой глубине способом щитовой проходки устраивают коллекторы круглого сечения из бетонных или железобетонных блоков (в водоносных грунтах могут применяться блоки из чугуна – тубинги).

Устройство дождевой канализации. Начертание дождевой (водосточной) сети в плане зависит от:

- рельефа местности;

- размера территории;
- расположения подземных коммуникаций.

Дождевые воды, стекающие с поверхности земли, поступают в закрытую водосточную сеть через *дождеприемники* (рис. 1.1.9). Дождеприемник представляет собой колодец, перекрытый сверху приемной решеткой 1. Из дождеприемника дождевая вода по соединительной ветке 2, закладываемой в низовой части дождеприемника, поступает в подземную водосточную сеть. Дождеприемники бывают круглыми, диаметром не менее 0,7 м или прямоугольными (размером 0,6×0,9 м). Основание дождеприемника без осадочной части закладывается на глубину не менее 0,8 м. Приемные решетки изготавливают из чугуна и стали. Размещение дождеприемников предусматривается во всех пониженных местах, а также у перекрестков до створа организованных переходов улиц. Расстояние между дождеприемниками принимается в зависимости от уклона улиц от 50 до 80 м друг от друга (при ширине улиц до 30 м и условии, что в дождеприемники не поступают дождевые воды с территории кварталов). При отводе дождевых вод с внутренней стороны квартала расстояние между дождеприемниками принимается по расчету.

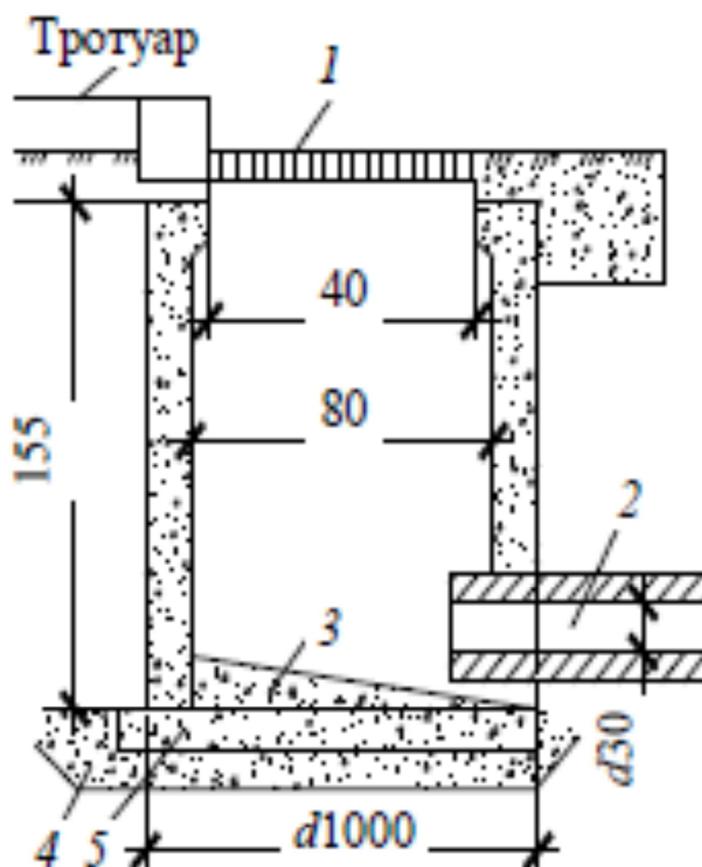


Рис. 1.1.9. Схема устройства железобетонного дождеприемника: 1 – приемная решетка; 2 – соединительная ветка; 3 – лоток с набивкой; 4 – песчаная подушка; 5 – основание (размеры даны в см)

В целях уменьшения сечения и длины дождевой (водосточной) сети ее трассируют вдоль городских проездов по кратчайшему расстоянию от мест сброса. При ширине проезда до 30 м подземная водосточная сеть проходит по его середине. При большей ширине проезда водосток можно прокладывать в две линии по обеим его сторонам.

При интенсивных дождях часть СВ через *ливнеспуски* сбрасывается в водоем без очистки. Схема работы ливнеспуска приведена на рис. 1.1.10.

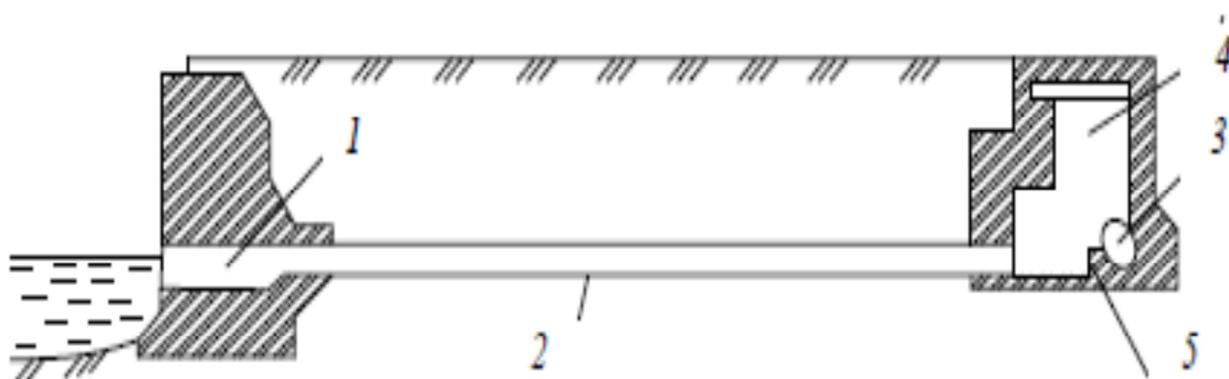


Рис. 1.1.10. Схема ливнеспуска: 1 – оголовок ливнеотвода; 2 – ливнеотвод; 3 – береговой коллектор; 4 – камера ливнеспуска; 5 – водослив

Канализационные насосные станции (КНС) строят, когда рельеф местности не позволяет отводить сточные воды и атмосферные осадки самотеком к месту очистки. Эти станции необходимо строить, если глубина канализационных коллекторов превосходит 4–8 м (в зависимости от грунтов). Наиболее целесообразно располагать канализационные насосные станции на свободных территориях вблизи промышленных предприятий, складских помещений и зеленых массивов.

КНС разделяются на четыре группы: для перекачивания бытовых сточных вод, производственных сточных вод, атмосферных вод и осадков (на очистных сооружениях). Станции первой группы могут быть районными, перекачивающими сточную жидкость из отдельных коллекторов в главный коллектор, и главными, перекачивающими сточную жидкость на очистные сооружения. На станциях второй группы предусматривается защита оборудования от агрессивной сточной жидкости и периодическая промывка оборудования. Станции третьей группы предусматриваются в сети дождевой канализации, когда отвод дождевой воды самотеком на данном участке местности невозможен. Станции четвертой группы входят в состав очистных сооружений и обработки осадков. Эти станции служат для перекачивания осадка из первичных сборников на сооружения по обработке активного ила, песка, а также для повышения напора в канализационных магистралях большой протяженности.

Наличие КНС в технологической схеме не обязательно и определяется рельефом местности и пропускной способностью станций очистки. Технологический процесс перекачивания состоит из двух операций:

освобождение жидкости от твердых габаритных отбросов, песка, камней и перекачивания относительно чистой жидкости. Поэтому всегда строят два помещения: помещение с приемным резервуаром и очистными решетками, дробилками и насосный зал. Эти помещения могут быть разделены или совмещены и, соответственно, станции называются: отдельного или совмещенного типа. КНС бывают незаглубленные (до 4 м относительно поверхности земли), полуглубленные (до 7 м) и шахтного типа (свыше 8 м) с насосами горизонтального, вертикального или осевого типа, с ручным или автоматическим управлением.

1.2 Сооружения для очистки сточных вод

Состав и свойства сточных вод, виды загрязнений, понятие о санитарно-химическом анализе. По своей природе загрязнения сточных вод подразделяются на органические, минеральные и биологические. Органические загрязнения – это примеси растительного и животного происхождения. Минеральные загрязнения – это кварцевый песок, глина, щелочи, минеральные кислоты и их соли, минеральные масла и т. д. Биологические и бактериальные загрязнения – это различные микроорганизмы: дрожжевые и плесневые грибки, мелкие водоросли и бактерии, в том числе болезнетворные – возбудители брюшного тифа, дизентерии и др.

По классификации Кульского все примеси сточных вод, независимо от их происхождения, разделяются на четыре группы в соответствии с размером частиц.

К первой группе примесей относят нерастворимые в воде грубодисперсные примеси. Значительная часть загрязнений этой группы может быть выделена из воды в результате гравитационного осаждения.

Вторую группу примесей составляют: вещества коллоидной степени дисперсности с размером частиц менее 10^{-6} см. В зависимости от физических условий, примеси этой группы способны изменять свое агрегатное состояние. Малый размер их частиц затрудняет осаждение под действием сил тяжести. При разрушении агрегативной устойчивости примеси выпадают в осадок.

К третьей группе относят примеси с размером частиц менее 10^{-7} см. Они имеют молекулярную степень дисперсности. При их взаимодействии с водой образуются растворы. Для очистки сточных вод от примесей третьей группы применяют биологические и физико-химические методы.

Примеси четвертой группы имеют размер частиц менее 10^{-8} см, что соответствует ионной степени дисперсности. Это растворы кислот, солей и оснований. Некоторые из них, в частности, аммонийные соли и фосфаты частично удаляются из воды в процессе биологической очистки. Однако технология очистки бытовых сточных вод (полная биологическая очистка) не позволяет изменить солесодержание воды. Для снижения концентрации солей используют следующие физико-химические методы очистки: ионный обмен, электролиз и т. д.

Состав сточных вод и их свойства оценивают по результатам санитарно-химического анализа. Сложность состава сточных вод и невозможность определения каждого из загрязняющих веществ приводит к необходимости выбора таких показателей, которые характеризовали бы определенные свойства воды без идентификации отдельных веществ. Такие показатели называются групповыми или суммарными. Полный санитарно-химический анализ включает следующие показатели: температура, окраска, запах, прозрачность, величина рН, сухой остаток, плотный остаток и потери при прокаливании, взвешенные вещества, оседающие вещества по объёму и по массе, перманганатная окисляемость, химическая потребность в кислороде (ХПК), биохимическая потребность в кислороде (БПК), азот (общий, аммонийный, нитритный, нитратный), фосфаты, хлориды, сульфаты, тяжелые металлы и другие токсичные элементы, поверхностно – активные вещества, нефтепродукты, растворенный кислород, микробное число, бактерии группы кишечной палочки (БГКП), яйца гельминтов. Кроме перечисленных показателей, в число обязательных тестов полного санитарно-химического анализа на городских очистных станциях может быть включено определение специфических примесей, поступающих в водоотводящую сеть населенных пунктов от промышленных предприятий.

Под концентрацией загрязнения понимается масса загрязнений в единице объема сточных вод, $г/м^3$,

$$C = a / q_{н}, \quad (1.2.1)$$

где a – норма поступления загрязнений, $г/(чел\ сут)$;

$q_{н}$ – норма водоотведения, $л/ чел\ сут$.

В случаях, когда производственные воды поступают в бытовую сеть, средняя концентрация загрязнений вычисляется по формуле:

$$C_{см} = (C_{быт}Q_{быт} + C_{пр}Q_{пр}) / (Q_{быт} + Q_{пр}) \quad (1.2.2)$$

где $C_{быт}$ и $C_{пр}$ – концентрации загрязняющего вещества в бытовой и производственной сточной воде соответственно, $г/м^3$;

$Q_{быт}$ и $Q_{пр}$ – расход бытовых и производственных сточных вод соответственно, $м^3/сут$.

Определение необходимой степени очистки сточных вод перед сбросом в водоем. Условия спуска сточных вод в водоемы регламентированы «Правилами охраны поверхностных сточных вод от загрязнений сточными водами».

Все водные объекты разделяются на два вида: объекты питьевого и культурно-бытового назначения (условно I вид); объекты, используемые для рыбохозяйственных целей (условно II вид).

Водные объекты I вида в свою очередь делятся на две категории: I категория включает объекты, используемые для централизованного и нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и

водоснабжения предприятий пищевой промышленности. II категория включает объекты, используемые для отдыха людей и купания, а также территории объектов, находящихся в пределах населенных мест. Отнесение объектов к I или II категории производится Минздравом РФ.

Рыбохозяйственные водные объекты также делятся на две категории. К I категории относятся водные объекты, предназначенные для сохранения и воспроизводства ценных пород рыб, особо чувствительных к содержанию в воде растворенного кислорода. Ко II категории относят водные объекты, предназначенные для других рыбохозяйственных целей.

Требования, предъявляемые к качеству воды водоемов, зависят от их вида водоиспользования и категории и относятся к створам, расположенным на проточных участках на 1 км выше ближайшего пункта водопользования, на непроточных участках и водохранилищах – к створам в 1 км в обе стороны от пункта водопользования. Допустимые изменения состава воды в водоемах и водотоках после выпуска в них очищенных сточных вод приведены в табл. 1.2.1.

Технологические расчеты необходимой степени очистки сточных вод базируются на уравнении материального баланса:

$$q \cdot C_{\text{доп}} + Q \cdot C_{\text{ф}} = C_{\text{пдк}} (q + \gamma \cdot Q), \quad (1.2.4)$$

где q , Q – расход сточных и речных вод, м³/ч;

$C_{\text{доп}}$ – концентрация загрязняющего вещества в сточной воде, допустимая к сбросу;

$C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в реке выше места выпуска, г/м³;

$C_{\text{пдк}}$ – предельно допустимая концентрация в воде в зависимости от вида водопользования, г/м³;

γ – коэффициент смешения, доли единицы.

При поступлении в водный объект вместе со сточными водами нескольких веществ с одинаковыми лимитирующими признаками вредности и относящихся к первому или второму классу опасности, должно соблюдаться условие:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1, \quad (1.2.5)$$

где C_1 , C_2 , ..., C_n – концентрации конкретных вредных веществ в воде водного объекта, мг/дм³;

ПДК_1 , ПДК_2 , ..., ПДК_n – нормативное содержание этих веществ в воде, мг/дм³.

Таблица 1.2.1 Требования к составу и свойствам воды в водоемах

Показатели состава и свойств воды в водоёме после выпуска сточных вод	Требования к составу и свойствам воды в водоёме			
	Категории хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения		Категории рыбохозяйственного назначения	
	I	II	I	II
Содержание взвешенных веществ	Допускается увеличение не более чем на			
	0,25 мг/л	0,75 мг/л	0,25 мг/л	0,75 мг/л
Плёнки нефтепродуктов, жиров, масел и др. плавающих примесей	Не допускаются			
Запахи, привкусы и окраска	Запахи и привкусы интенсивностью не более 2 баллов. Окраска не должна обнаруживаться в столбике воды высотой		Посторонние запахи, привкусы и окраска, влияющие на качество мяса рыб. не допускаются	
	20 см	10 см		
Температура воды	Повышение не более, чем на 3 градуса по отношению к среднемесячной температуре самого жаркого месяца		Не более, чем на 5 градусов к естественной температуре воды	
Водородный показатель	Не должен выходить за пределы 6,5 – 8,5			
Минеральный состав воды	Сухой остаток не более 1000 мг/л (в том числе хлориды до 300 и сульфаты до 100 мг/л)		Не нормируется	
Наличие растворённого кислорода	Не менее 4 мг/л		Не менее 6 мг/л	Зимой подо льдом не менее 4 мг/л, летом – не менее 6 мг/л
Биохимическая потребность в кислороде при температуре 20 °С	Не должна превышать			
	3 мг/л	6 мг/л	3 мг/л	
Возбудители заболеваний	Не допускаются			
Токсичные вещества	Не допускаются в концентрациях, которые прямо или косвенно могут оказать вредное воздействие на живые организмы			

Выбор места расположения канализационных очистных сооружений. Относительно населенного пункта очистные сооружения устраивают ниже по течению реки и с подветренной стороны по отношению к преобладающим ветрам теплого времени года. Между границей жилой застройки и площадкой канализационных очистных сооружений должен быть разрыв, равный санитарно-защитной зоне, ширина которой зависит от состава и производительности очистных сооружений. Очистные сооружения не должны находиться в пределах водоохранной зоны.

Методы очистки сточных вод. Для очистки сточных вод применяют следующие методы:

- механический, основанный на механическом извлечении частиц загрязнений из сточных вод. К сооружениям механической очистки относятся решетки, решетки-дробилки, сита, песколовки, отстойники, жироловки, нефтеловушки, маслоловушки, смолоотделители;

- биологический, основанный на применении биохимических процессов окисления и восстановления загрязнений. Эти процессы могут происходить в естественных условиях или в искусственных, близких к естественным, на очистных сооружениях; они аналогичны процессам, происходящим в водных объектах или в почве. К сооружениям биологической очистки относятся аэротенки, биофильтры, биореакторы, поля орошения и поля фильтрации и биологические пруды;

- физико-химический: реагентная очистка, сорбция, экстракция, эвапорация, дегазация, ионный обмен, озонирование, электрофлотация, хлорирование, электродиализ и др. Для очистки городских сточных вод эти методы применяют весьма редко.

Для очистки городских сточных вод обычно используется следующая технологическая схема очистки (рис. 1.2.1).

Сооружения механической очистки сточных вод

В блок механической очистки СВ входят: решетки, песколовки и первичные отстойники.

Решетки на очистных станциях применяются для задержания крупных загрязнений, в том числе плавающих (тряпок, бумаги и т. п.). Решетки состоят из ряда прутьев, установленных вертикально или под углом $45...60^{\circ}$ к горизонту (рис. 1.2.2).

Решетки бывают с ручной очисткой – обычными вилами (граблями), но только при количестве отбросов не более $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$, в иных случаях применяются механизированные решетки с движущейся бесконечной цепью, на которой установлены скребки (рис. 1.2.3). Они протаскивают отбросы вверх на транспортеры. Далее отбросы поступают в дробилки или вывозятся на захоронение. В последнее время дробилки применяются не всегда, поскольку они все равно забиваются волокнистыми веществами.

Полагается предусматривать не менее двух решеток. Путем выключения или включения в работу разного числа решеток можно

регулировать скорость течения жидкости. Расстояние между прутьями – прозоры – раньше рекомендовали делать 16 мм. Однако опыт показал, что прозоры лучше назначать 4...6 мм, при этом производительность решеток по количеству задерживаемых отбросов возрастает в 5 раз.

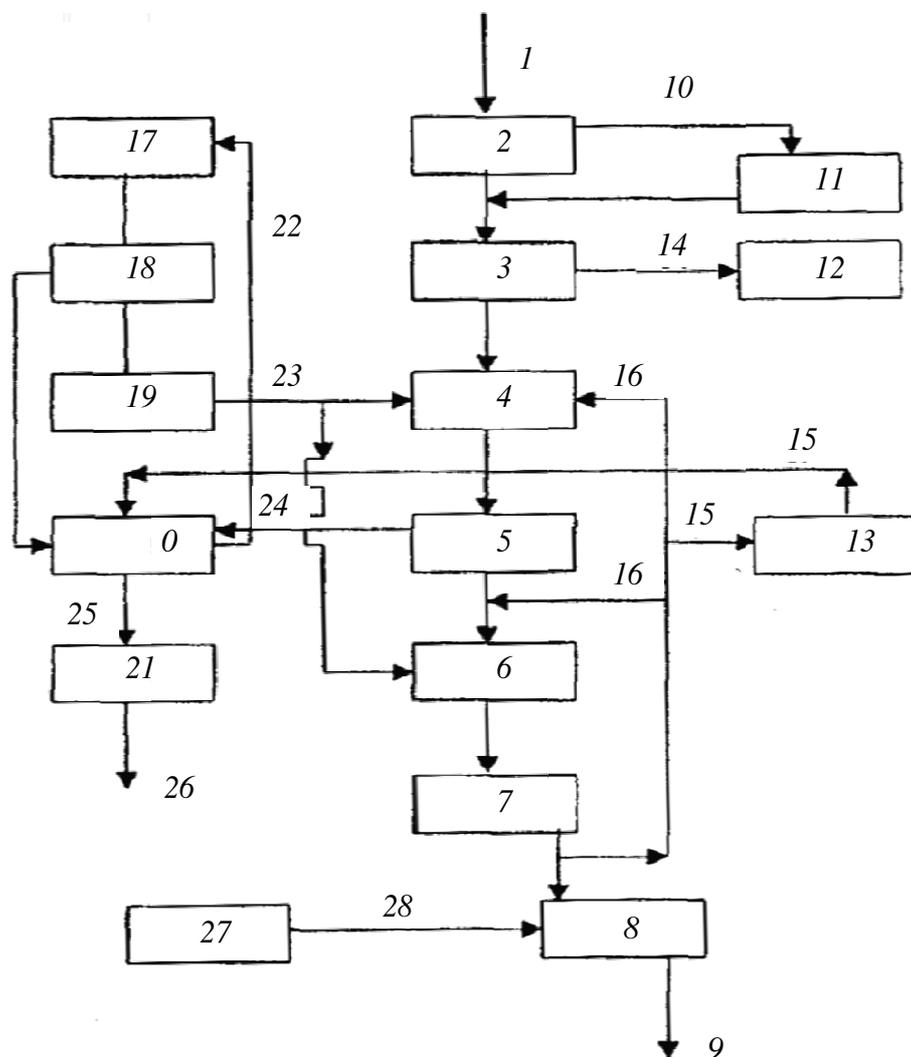


Рис. 1.2.1. Технологическая схема очистной станции с биологической очисткой: 1 – сточная вода; 2 – решетки; 3 – песколовки; 4 – преаэраторы; 5 – первичные отстойники; 6 – аэротенки; 7 – вторичные отстойники; 8 – контактный резервуар; 9 – выпуск; 10 – отбросы; 11 – дробилки; 12 – песковые площадки; 13 – илоуплотнители; 14 – песок; 15 – избыточный активный ил; 16 – циркуляционный активный ил; 17 – газгольдеры; 18 – котельная; 19 – машинное здание; 20 – метантенки; 21 – цех механического обезвоживания сброженного осадка; 22 – газ; 23 – сжатый воздух; 24 – сырой осадок; 25 – сброженный осадок; 26 – на удобрение; 27 – хлораторная установка; 28 – хлорная вода

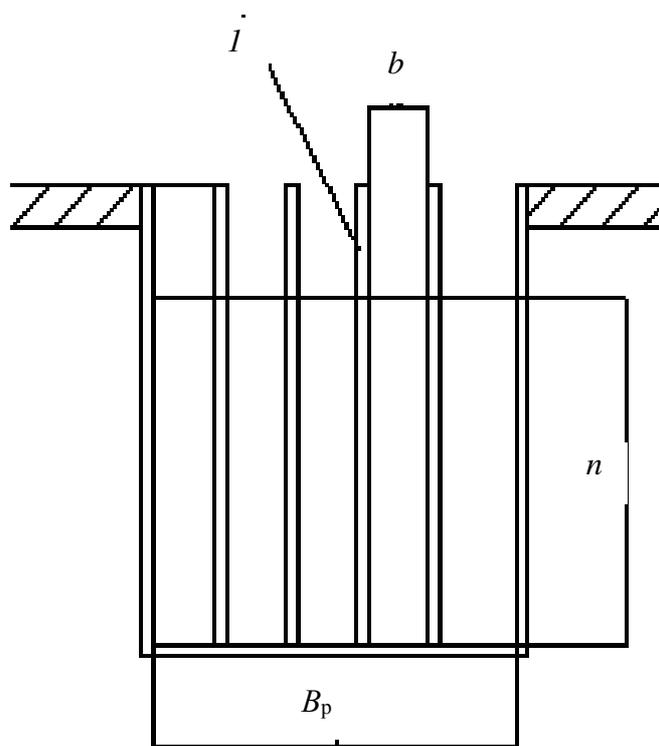


Рис. 1.2.2 – Простая решётка: 1 – прутья

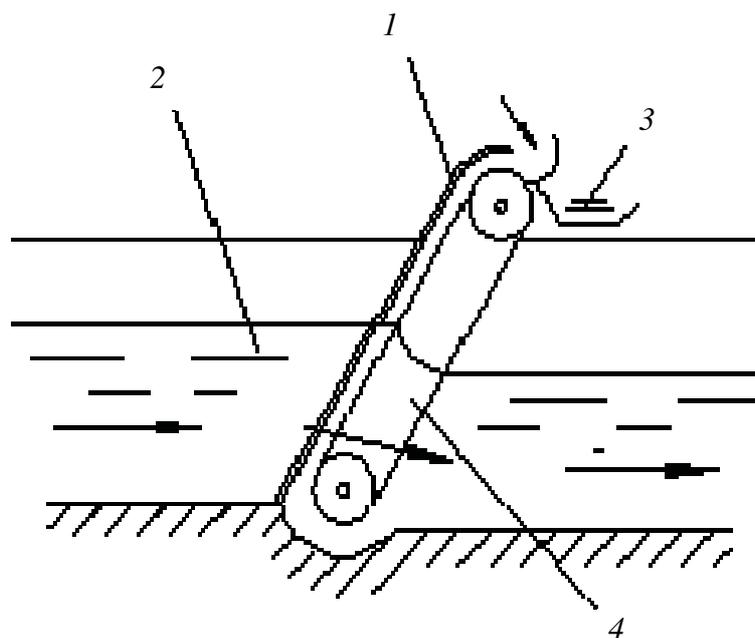


Рис. 1.2.3 – Механизированная решётка: 1 – прутья, 2 – канал, 3 – транспортёр, 4 – канат или бесконечная цепь для перемещения граблей

Наиболее перспективно применение ступенчатых решеток РС с фильтрующими прозорами 2...6 мм, (рис. 1.2.4).

По конструкции они напоминают движущиеся эскалаторы метро, но с прорезями на каждой ступеньке. Ширина решеток от 630 до 1960 мм, они входят в существующие, построенные ранее каналы для решеток. Максимальный уровень воды перед решеткой от 600 до 2200 мм. Производительность решетки от 210 до 5900 м³/ч.

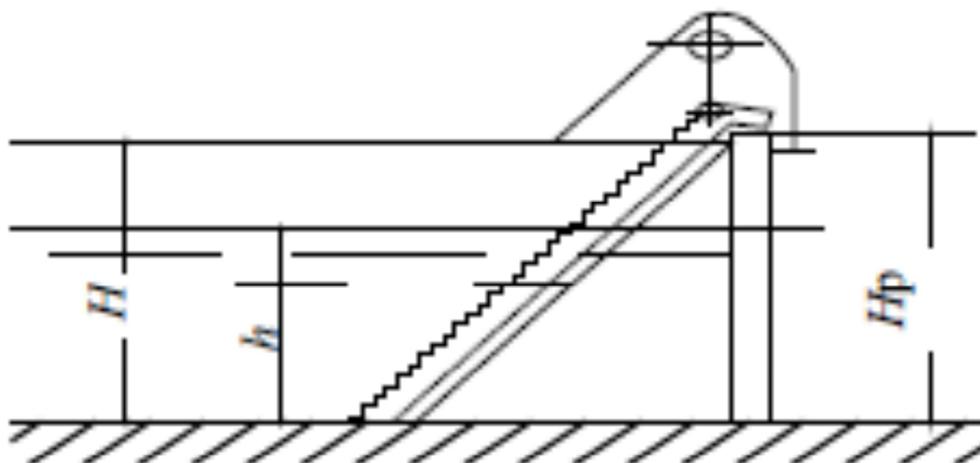


Рис. 1.2.4. Ступенчатая решетка фирмы «РИОТЭК»

Песколовки служат для удаления из сточных вод тяжелых примесей минерального происхождения главным образом песка. Они предусматриваются во всех случаях, когда производительность очистной станции более $100 \text{ м}^3/\text{сут.}$, и состоят не менее чем из двух отделений (оба рабочие).

Песколовки, как и отстойники, работают по принципу осаждения взвеси при небольшой скорости течения. Для песколовок скорость течения должна быть не более $0,3 \text{ м/с}$ и не менее $0,15 \text{ м/с}$. Такой диапазон изменения скорости объясняется тем, что по данным опытов превышение скорости сверх $0,3 \text{ м/с}$ приведет к выносу песка из песколовки, а ее уменьшение ниже $0,15 \text{ м/с}$ вызовет осаждение в песколовке легких органических загрязнений, которые для песколовок нежелательны по причине сложности их дальнейшей обработки. Регулирование скорости обычно обеспечивается водосливными устройствами на выходе из песколовок и числом их секций. При количестве песка менее $0,1 \text{ м}^3/\text{сут.}$ разрешается его ручное удаление, а при больших расходах – только механизированное.

Песколовки бывают:

- горизонтальные – с прямолинейным или круговым течением воды;
- аэрируемые;
- тангенциальные.

Большое распространение получили компактные горизонтальные песколовки с круговым течением воды (рис. 1.2.5).

В этих песколовках вода течет по круговому желобу, имеющему в нижней (треугольной) части щель, через которую отстоянные загрязнения (песок) проваливаются в коническую (осадочную) часть песколовки. Подобные песколовки в плане занимают мало места и поэтому удобны для сравнительно небольших очистных сооружений.

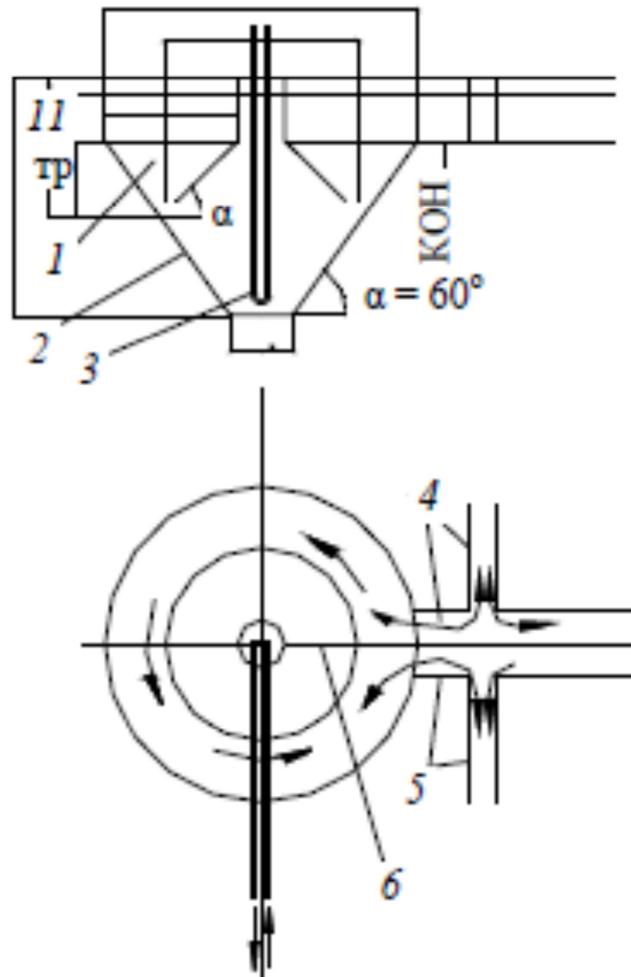


Рис. 1.2.5. Песколовка с круговым течением воды: 1 – круговой желоб; 2 – коническая часть песколовки; 3 – гидроэлеватор; 4 – подводящий канал; 5 – отводящий канал; 6 – перегородка

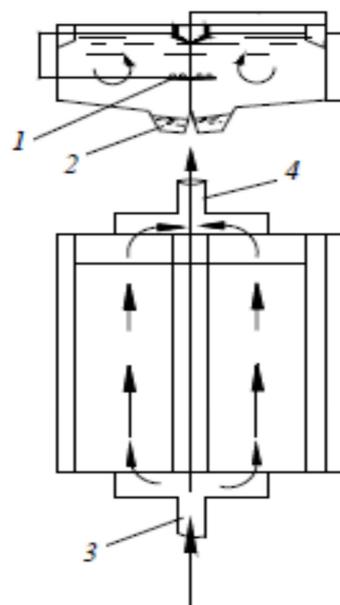


Рис. 1.2.6. Аэрируемая песколовка: 1 – пористые или дырчатые трубы; 2 – прямик; 3 – впуск воды; 4 – выпуск очищенной воды

Аэрируемые песколовки (с винтовым поступательно – вращательным течением жидкости) также относятся к горизонтальным, но отличаются от них тем, что вода в этих песколовках протекает вращательным путем. Такое движение создается впуском воздуха через дырчатые (пористые) трубы, расположенные вдоль одной из стенок песколовки (рис. 1.2.6).

При вращательном течении воды из нее выпадают органические примеси, поскольку они как более легкие поддерживаются во взвешенном состоянии. Поэтому осадок в таких песколовках на 90...95 % состоит из песка и после выгрузки на поверхность земли не загнивает. Дырчатые трубы устанавливаются на подставках (выступах) на глубине 0,7 Н (Н – глубина воды в песколовке, может достигать до 3,5 м). Интенсивность аэрации 3...5 м³/м²ч. Днище песколовки имеет уклон 0,2...0,4 к песковому лотку. Из этого лотка песок сгребается механическим способом или смывается водой в приямок, откуда удаляется гидроэлеватором. Впуск стоков в песколовку совпадает с направлением течения воды в ней, выпуск – затопленный.

Гидравлическая крупность песка 13,2...18,7 мм/с. Объем задерживаемого песка определяется при норме задержания песка 0,03 дм³/(чел-сут); влажность устанавливается на основе экспериментов.

Продолжительность протекания воды, как и в обычных горизонтальных песколовках, не менее 30 с. Скорость продольного течения воды V_M м/с.

Песок из песколовки имеет сравнительно большую влажность (до 60 %), поэтому его следует обезвоживать.

При расходах сточных вод до 80 тыс.м³/сут для обезвоживания песок сначала загружается в песковые бункеры, где песок частично отстаивается и хранится от 1,5 до 5 суток. Дренажная вода направляется в начало очистных сооружений.

В простейшем и наиболее распространенном случае песчаная смесь из песколовки гидроэлеваторами перекачивается на песковые площадки. Это спланированные участки земли, огражденные валиками высотой 1...2 м. Размеры площадок рассчитываются исходя из нагрузки 3 м³/м² в год. Отстоянная вода с площадок переливается в боковые каналы через водосливы, устроенные в валиках, и снова направляется в начало очистных сооружений.

Отстойники по направлению течения жидкости делятся на: горизонтальные; вертикальные; радиальные, в которых вода течет в горизонтальном направлении, но по радиусам, т. е. от центра к периферии.

Для интенсификации процессов отстаивания загрязнений применяются специальные сооружения-осветлители и биокоагуляторы.

Выбор типа отстойников с учетом экономических соображений производится в зависимости от расхода сточной жидкости, уровня грунтовых вод, технологии очистки воды и обработки осадка, размеров площадки очистных сооружений и других факторов. При расходах сточных вод $q = 10-20$ тыс. м³/сут и при низком уровне грунтовых вод наиболее экономичны вертикальные отстойники. При расходах сточных вод $q \geq 15$

тыс.м³/сут. и при высоком уровне грунтовых вод рекомендуется применять горизонтальные отстойники. При расходах $q \geq 20$ тыс.м³/сут. можно использовать как радиальные, так и горизонтальные отстойники, но тоже при условии высокого уровня грунтовых вод. Осветлители и биокоагуляторы обычно полностью или частично заменяют вертикальные отстойники, в основном при содержании взвешенных веществ более 300 мг/дм³.

Горизонтальные отстойники в плане представляют собой прямоугольные резервуары, по которым жидкость течет в горизонтальном направлении, а длина отстойника L_s , как правило, существенно превышает глубину воды H_s . Они выполняются обычно из железобетона и состоят не менее чем из двух секций, причем обе секции рабочие. Если секций две или более, то общий объем отстойников следует увеличить на 20...30 %.

Дну отстойника придают уклон 0,005...0,05 в сторону приямка для осадка, который устраивается в начале отстойника и выполняется в виде усеченной пирамиды. Осадок, выпавший на дно отстойника, сгребается в приямок при помощи движущейся бесконечной цепи со скребками или посредством одиночного скребка (рис. 1.2.7).

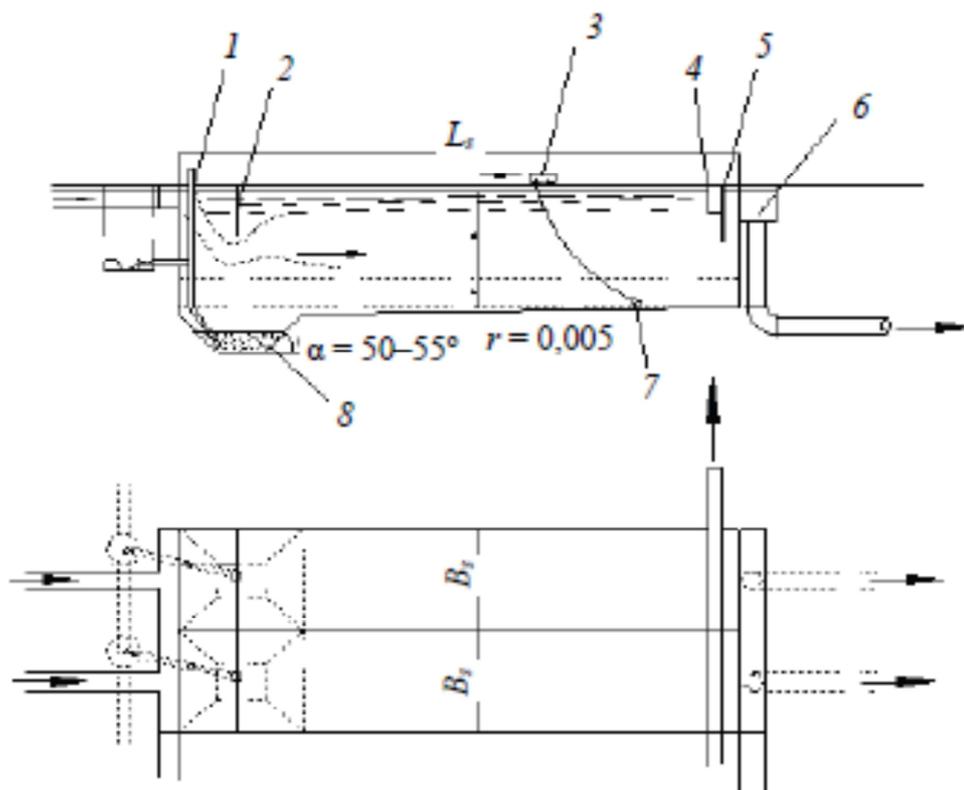


Рис. 1.2.7. Горизонтальный отстойник: 1 – иловая труба для выпуска осадка; 2 – входная погруженная доска; 3 – электрифицированная скребковая тележка; 4 – лоток для сбора всплывших веществ; 5 – выходная полупогруженная доска; 6 – приемный лоток; 7 – скребок; 8 – приямок

Скребки перемещаются вдоль отстойника при помощи электрифицированной тележки, движущейся в прямом и обратном направлении по верхней кромке стены отстойника. Из приямка осадок

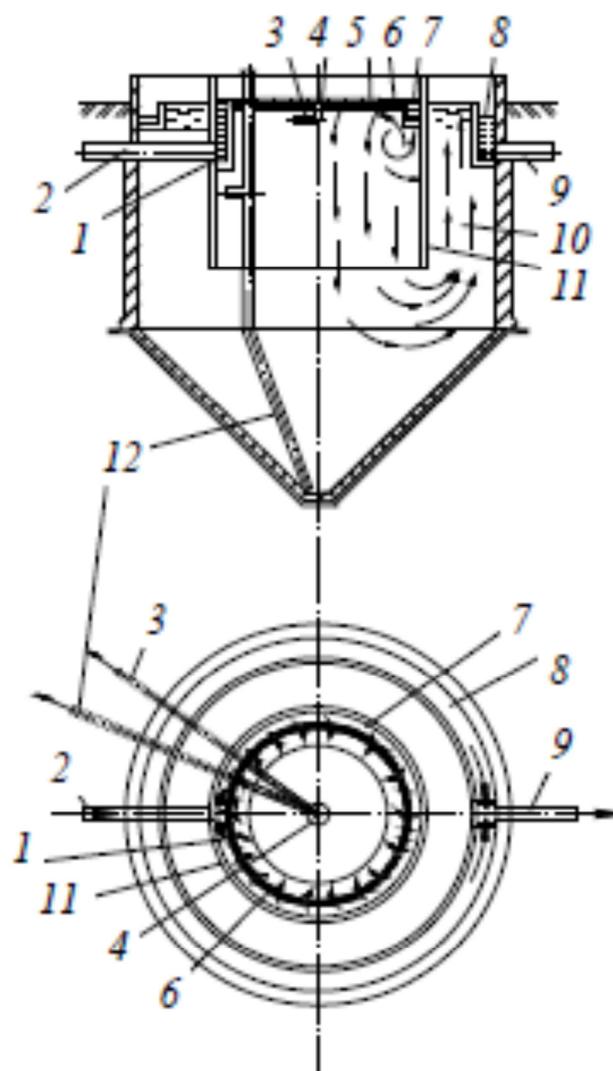


Рис. 1.2.9. Первичный вертикальный отстойник с нисходяще – восходящим потоком: 1 – приемная камера; 2 – подающий трубопровод; 3, 4 – трубопровод и воронка для удаления плавающих веществ соответственно; 5 – зубчатый распределительный водослив; 6 – отражательный козырек; 7 – распределительный лоток; 8 – периферийный сборный лоток осветленной воды; 9 – отводящий трубопровод; 10 – кольцевая зона восходящего движения; 11 – кольцевая перегородка; 12 – трубопровод для выпуска

На очистку сточная вода поступает по лотку в центральную трубу и по ней протекает вниз. В конце трубы устроен раструб, вследствие чего скорость течения по ней несколько уменьшается. Далее поток воды отражается от щита, попадает в отстойную часть и с медленной скоростью поднимается вверх, где и происходит отстаивание взвеси. Выпавший осадок скапливается в конической части отстойника, где находится не более двух суток во избежание слеживания. Щит предохраняет осадок от размыва. Длина центральной трубы принимается равной высоте зоны отстаивания $H_5 = 2,7 \dots 3,8$ м.

Более совершенными с технологической точки зрения являются вертикальные отстойники с нисходяще – восходящим потоком осветляемой

воды (рис. 1.2.9).

В отстойнике этого типа зона осветления разделена полупогружной перегородкой на две равные по площади зеркала воды части. Сточная вода поступает в центральную часть по лотку или трубопроводу и через зубчатый водослив с отражательным козырьком распределяется по площади зоны осветления, где происходит нисходящее движение потока осветляемой воды, обеспечивающее лучшее совпадение направлений векторов движения потока воды и выпадения агломерирующейся взвеси, чем в типовых вертикальных отстойниках с центральной распределительной трубой. Основная масса взвешенных веществ успевает выпасть в осадок до поступления потока осветляемой воды в кольцевую зону восходящего движения, где происходит доосветление воды, которая собирается периферийным сборным лотком. Коэффициент использования объема в этих отстойниках повышается до 0,65, и эффективность осветления воды по снижению концентрации взвешенных веществ достигает 60–65 %.

Осадок под действием гидростатического давления выгружается через центральный илопровод. Всплывающие вещества удаляются из центральной части через приемную воронку и самотечный трубопровод.

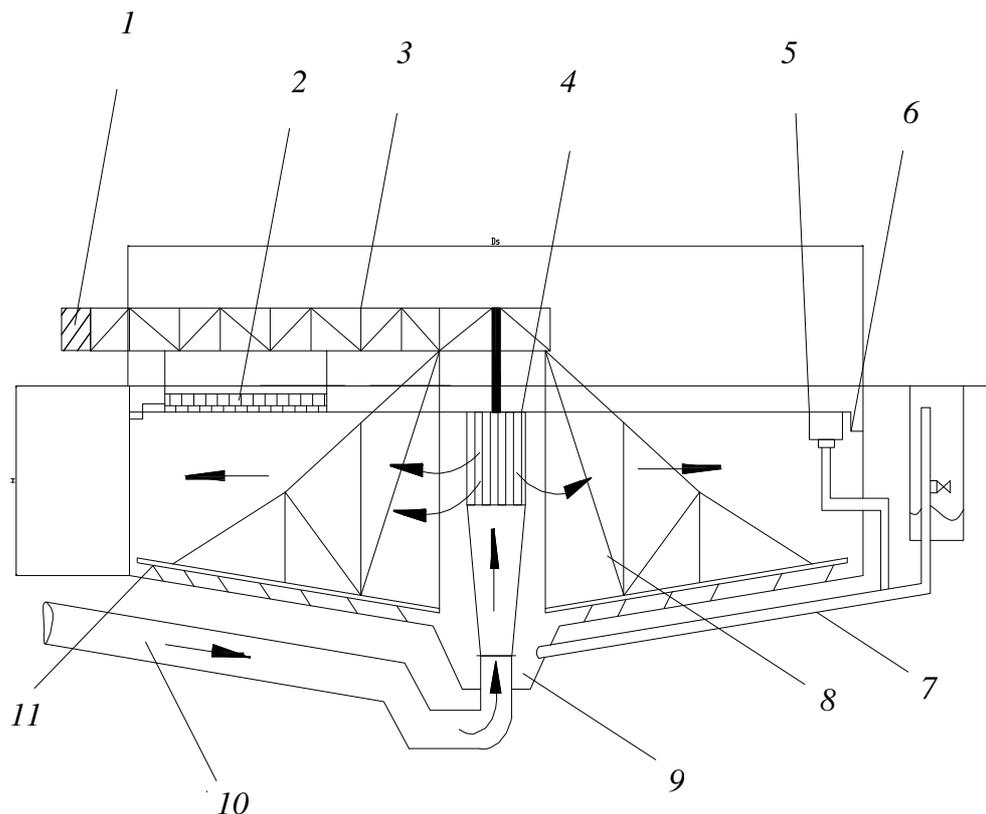


Рис. 1.2.10. Радиальный отстойник: 1 – электрифицированная тележка с двигателем; 2 – полупогруженная доска для сбора плавающих веществ; 3 – верхняя вращающаяся часть фермы с мостиком для прохода к центру отстойника; 4 – впускная воронка с жалюзи; 5 – воронка для сбора всплывших загрязнений; 6 – кольцевой лоток для сбора очищенной воды; 7 – иловая труба для удаления загрязнений; 8 – вращающаяся ферма; 9 – приямок; 10 – труба, подающая воду на очистку; 11 – скребки

Радиальные отстойники – это круглые в плане железобетонные резервуары, как правило, имеют большой диаметр $D = 18...40$ м (до 50 м). В этих отстойниках (рис. 1.2.10) сточная вода поступает в их центр и протекает горизонтально по радиусам, поэтому скорость по мере ее течения уменьшается и происходит интенсивное отстаивание жидкости. Осадок, выпадающий на дно, сгребается специальными скребками к середине отстойника в приямок, откуда удаляется, как обычно, по иловой трубе $d = 200$ мм под гидростатическим напором $h = 1,5$ м.

Скребки крепятся к специальной ферме, которая постоянно вращается при помощи электрифицированной тележки,двигающейся по рельсам, уложенным по кромке отстойника. Скорость тележки примерно 2...3 оборота в час. В ряде случаев скребки заменяются илососами, находящимися под вакуумом. Они засасывают осадок в специальный закрытый резервуар. Глубина воды в отстойниках $H_s 1,5...5$ м. Плавающие на поверхности воды в отстойнике вещества собираются специальными телескопическими воронками, которые для сбора подобных загрязнений несколько понижаются под действием проходящей мимо них фермы со специально подвешенной к ней доской; иногда воронки заменяются качающимися металлическими ящиками.

Биологическая очистка сточных вод

Биологические методы очистки сточных вод основываются на естественных процессах жизнедеятельности гетеротрофных микроорганизмов. Микроорганизмы обладают целым рядом особых свойств, из которых следует выделить три основных, широко используемых для целей очистки:

1. способность потреблять в качестве источников питания самые разнообразные органические соединения для получения энергии и обеспечения своего функционирования;
2. свойство быстро размножаться;
3. способность образовывать колонии и скопления, которые сравнительно легко можно отделить от очищенной воды после завершения процессов изъятия содержащихся в ней загрязнений.

Биологическая очистка сточных вод может осуществляться в естественных и искусственных условиях. В естественных условиях очистка проходит на полях орошения, полях фильтрации и биологических прудах. Сущность биологической очистки на полях орошения и полях фильтрации заключается в том, что сточная жидкость фильтруется через почву. В верхнем ее слое задерживаются взвешенные вещества, образующие на поверхности частичек грунта густонаселенную микроорганизмами пленку. Это пленка адсорбирует и окисляет органические загрязнения, находящиеся в сточной жидкости. При этом используется кислород, проникающий в поры грунта из воздуха. Поля орошения представляют собой специально спланированные участки земли, предназначенные для очистки сточных вод, с одновременным использованием этих участков для выращивания сельскохозяйственных культур. Если участки земли предназначены только

для очистки сточных вод, то они называются полями фильтрации.

В биологических прудах сточная вода протекает через водоем, куда кислород поступает за счет реаэрации или механической аэрации. Биологические пруды могут быть использованы как самостоятельные сооружения, а также для их доочистки в сочетании с другими сооружениями.

В искусственных условиях биологическая очистка осуществляется в аэротенках и биофильтрах.

В **аэротенках** микробиальная масса находится во взвешенном в жидкости состоянии в виде отдельных хлопьев, представляющих собой зооглейные скопления микроорганизмов, простейших и более высокоорганизованных представителей фауны (коловратки, черви, личинки насекомых), а также водных грибов и дрожжей. Этот биоценоз организмов, развивающихся в аэробных условиях на органических загрязнениях, содержащихся в сточной воде, получил название активного ила. Доминирующая роль в нем принадлежит различным группам бактерий – одноклеточным подвижным микроорганизмам с достаточно прочной внешней мембраной, способным не только извлекать из воды растворенные и взвешенные вещества органического и неорганического происхождения, но и самоорганизовываться в колонии – хлопья, сравнительно легко отделимые затем от очищенной воды отстаиванием или флотацией. Размер хлопьев зависит как от вида бактерий, наличия и характера загрязнений, так и от внешних факторов – температуры среды, гидродинамических условий в аэрационном сооружении и пр.

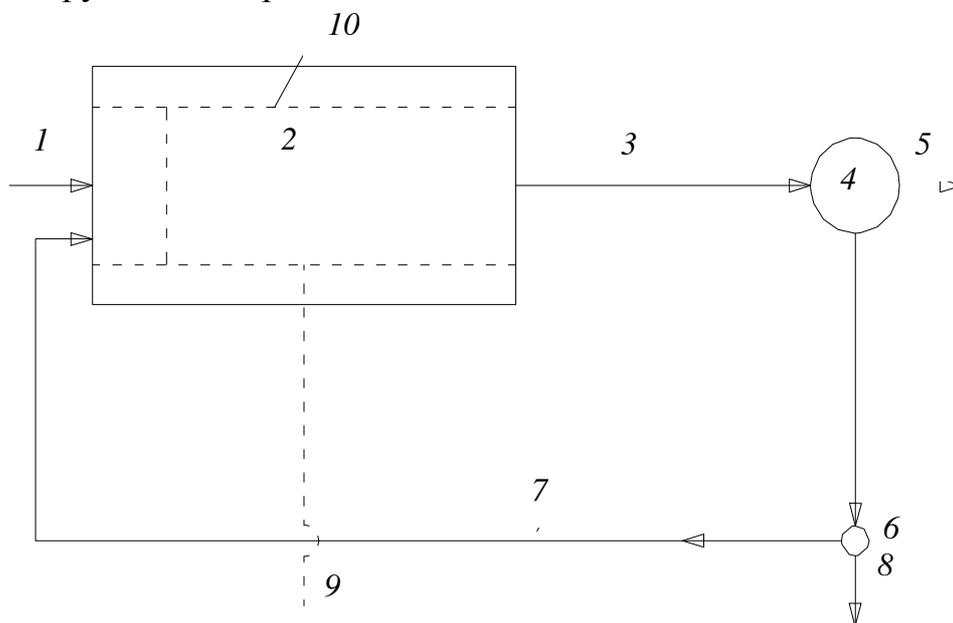


Рис. 1.2.11. Классическая схема биологической очистки сточных вод: 1 – сточная вода после первичных отстойников; 2 – аэротенк; 3 – иловая смесь из аэротенков; 4 – вторичный отстойник; 5 – очищенная вода; 6 – иловая камера; 7, 8 – циркуляционный и избыточный активный ил соответственно; 9 – воздух из воздуходувок; 10 – аэрационная система для подачи и распределения воздуха в аэротенке

Наиболее часто аэротенк устраивается в виде прямоугольного

резервуара, разделенного продольными перегородками на отдельные коридоры шириной 4–9 м, по которым иловая смесь протекает от входа в аэротенк к выходу из него при постоянном перемешивании и обеспечении кислородом воздухом.

Классическая схема очистки сточных вод включает аэрационные и отстойные сооружения, оборудование и коммуникации для подачи и распределения сточных вод по аэротенкам, сбора и подачи иловой смеси на илоотделение, отведения очищенной воды, обеспечения возврата в аэротенки циркуляционного активного ила и удаления избыточного ила, подачи и распределения воздуха в аэротенках (рис. 1.2.11).

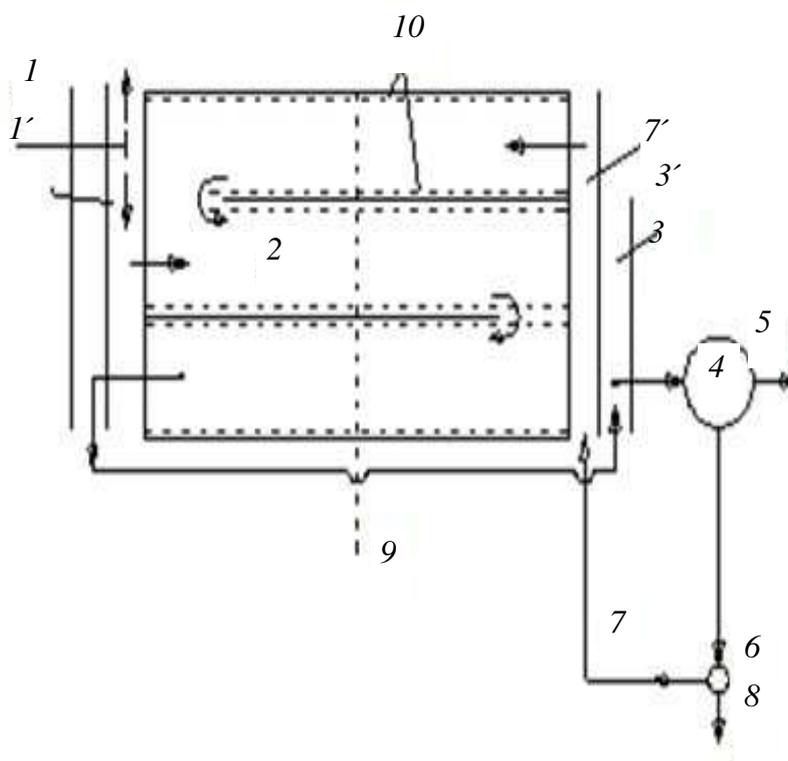


Рис. 1.2.12. Аэротенк-вытеснитель с регенерацией ила (33 %): 1' – канал сточной воды на биологическую очистку; 3' – канал иловой смеси; 7' – канал циркуляционного активного ила; 1 – сточная вода после первичных отстойников; 2 – аэротенк; 3 – иловая смесь из аэротенков; 4 – вторичный отстойник; 5 – очищенная вода; 6 – иловая камера; 7, 8 – циркуляционный и избыточный активный ил соответственно; 9 – воздух из воздуходувок; 10 – аэрационная система для подачи и распределения воздуха в аэротенке

По способу подачи активного ила, сточной воды и отводу иловой смеси различают: аэротенки-вытеснители, аэротенки-смесители и аэротенки с рассредоточенной подачей сточной воды. Аэротенки-вытеснители отличаются сосредоточенной подачей воды и активного ила и сосредоточенным отводом иловой смеси. Аэротенки-смесители отличаются рассредоточенной подачей воды, ила и рассредоточенным отводом иловой смеси. В аэротенках с рассредоточенной подачей сточной воды подача ила и отвод иловой смеси

сосредоточенные. Схемы различных видов аэротенков приведены на рис. 1.2.12, 1.2.13, 1.2.14.

Для создания аэробных условий процесса биологической очистки в аэротенках и поддержания ила во взвешенном состоянии аэротенки оборудуются системами аэрации.

Рис. 1.2.13. Аэротенк-смеситель с рассредоточенным подводом воды и ила вдоль сооружения (условные обозначения на рис. 1.2.12)

Рис. 1.2.14. Аэротенк с рассредоточенным впуском воды на очистку (условные обозначения на рис. 1.2.12)

Системы аэрации подразделяются на пневматическую, механическую, смешанную и струйную. Пневматическая аэрация может быть: мелкопузырчатой, среднепузырчатой и крупнопузырчатой. Мелкопузырчатые аэраторы могут быть изготовлены из керамики, ткани, пластмассы, а также форсуночного или ударного типов.

В качестве среднепузырчатых аэраторов применяются перфорированные трубы, щелевые аэраторы и др. Крупнопузырчатые – трубы с открытым концом, сопла.

Механические аэраторы классифицируются следующим образом:

- по принципу действия: импеллерные и поверхностные;
- по плоскости расположения оси вращения ротора: с горизонтальной и вертикальной осью вращения;
- по конструкции ротора: конические, дисковые, цилиндрические, колёсные, турбинные и винтовые.

Наиболее широкое распространение получили аэраторы поверхностного типа, особенностью которых является незначительное погружение их в сточную воду.

Биологический фильтр (биофильтр) – сооружение биологической очистки, в котором сточная вода фильтруется через загрузочный материал, покрытый биологической пленкой (биопленкой), образованной колониями микроорганизмов. Биофильтр состоит из резервуара круглой или прямоугольной формы в плане; фильтрующей загрузки; водораспределительного устройства, обеспечивающего равномерное орошение сточной водой поверхности загрузки биофильтра; дренажного устройства для удаления очищенной сточной воды; вентиляционного устройства, с помощью которого поступает необходимый для окислительного процесса воздух (рис. 1.2.15).

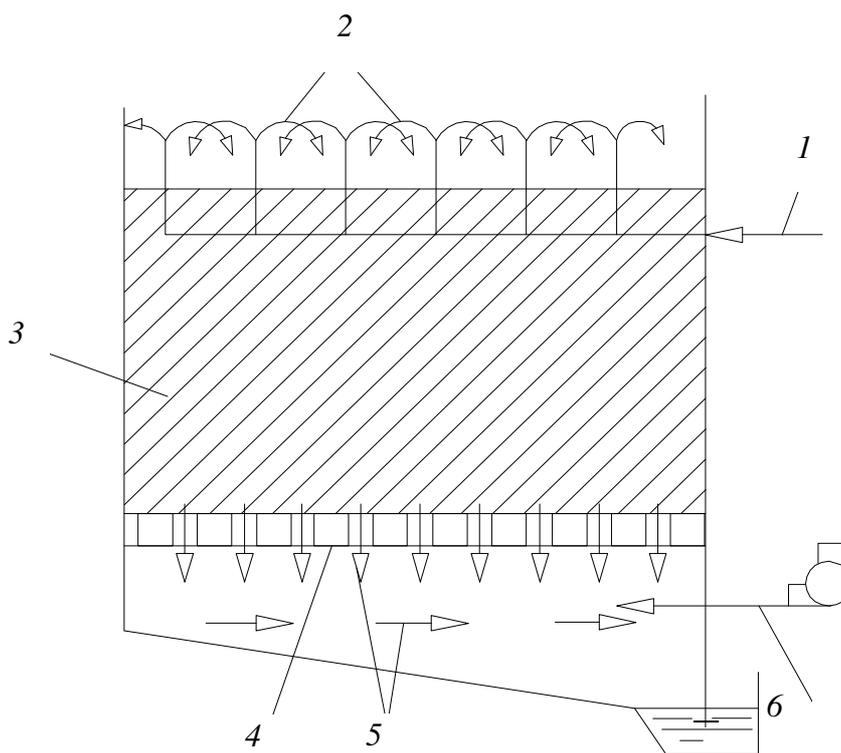


Рис. 1.2.15. Схема биологического фильтра: 1 – подача сточных вод; 2 – водораспределительное устройство; 3 – фильтрующая загрузка; 4 – дренажное устройство; 5 – очищенная сточная вода; 6 – вентиляционное устройство

Микроорганизмы биопленки в процессе ферментативных реакций окисляют органические вещества, получая при этом питание и энергию, необходимые для своей жизнедеятельности. В результате из сточной воды удаляются органические загрязнения, проходят процессы денитрификации, и

увеличивается масса активной биологической плёнки в теле биофильтра.

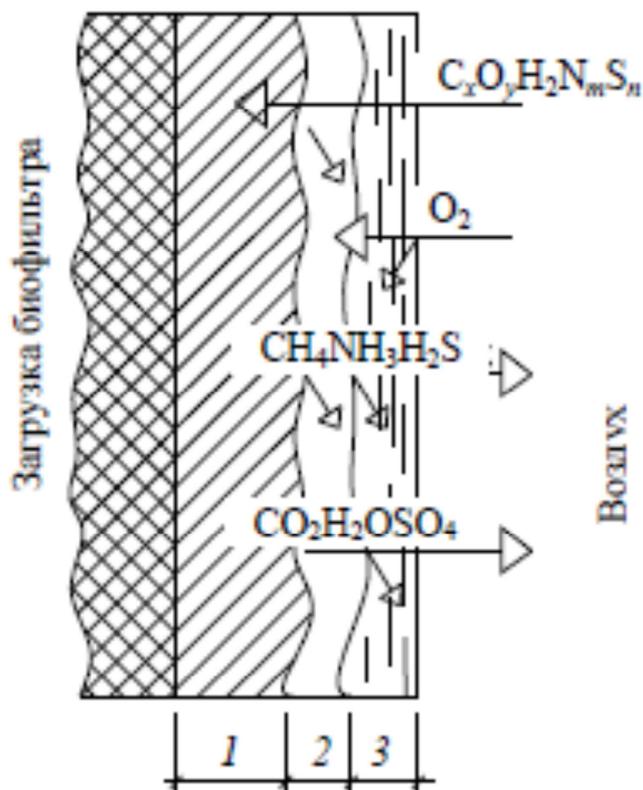


Рис. 1.2.16. Схема обмена веществ в элементарном слое биофильтра:
1 – анаэробный слой биопленки; 2 – аэробный слой биопленки; 3 – слой сточной воды

Отработавшая и омертвевшая плёнка смывается и выносится из тела биофильтра протекающей сточной водой. Необходимый для биохимического процесса кислород поступает в толщу загрузки путём естественной или искусственной вентиляции фильтра. Схема обмена веществ в элементарном слое биофильтра приведена на рис. 1.2.16.

В технологических схемах очистки после аэротенков и биофильтров предусматриваются **вторичные отстойники**, которые служат для разделения иловых смесей и выделения отмершей биопленки из биологически очищенной воды.

Вторичные отстойники бывают: вертикальными, горизонтальными и радиальными. Для очистных станций небольшой пропускной способности (до 20 000 м³/сут.) применяются вертикальные вторичные отстойники, для очистных станций средней и большой пропускной способности (более 20 000 м³/сут.) – горизонтальные и радиальные.

Обработка осадков сточных вод

Осадки городских сточных вод имеют большие объемы, высокую влажность, неоднородный состав и свойства и содержат органические вещества, которые могут быстро разлагаться и гнить. Осадки заражены

бактериальной и патогенной микрофлорой и яйцами гельминтов.

Осадок из первичных отстойников и избыточный активный ил на 65–75 % состоят из органических веществ, которые на 80–85 % представлены белками, жирами и углеводами.

Осадки сточных вод относятся к труднофильтруемым иловым суспензиям. Водоотдающие свойства осадков характеризуются удельным сопротивлением фильтрации и индексом центрифугирования.

Технологический процесс обработки осадков можно подразделить на следующие основные стадии: уплотнение (сгущение); стабилизация органической части; кондиционирование; обезвоживание; термическая обработка; утилизация ценных продуктов или ликвидация осадков.

Уплотнение илов и осадков сточных вод. В зависимости от принятой схемы очистной станции уплотнению могут подвергаться осадки из первичных отстойников, избыточные активные илы, смесь осадка первичных отстойников и избыточного активного ила, флотационный шлам, осадки и илы после стабилизации.

Для уплотнения избыточного активного ила на очистных сооружениях используют вертикальные и радиальные илоуплотнители гравитационного типа или флотационные илоуплотнители, работающие по принципу компрессионной флотации.

Гравитационное уплотнение – наиболее распространенный прием уменьшения объема избыточного активного ила. Оно в значительной мере уменьшает объем сооружений и затраты электроэнергии, необходимые для последующей его обработки. Конструкции вертикальных и радиальных уплотнителей аналогичны конструкциям первичных отстойников.

Сбор и удаление осадка в радиальных илоуплотнителях осуществляется илоскребами или илососами. Сопоставление работы вертикальных илоуплотнителей с радиальными, оборудованными илоскребами и илососами, показало, что наибольшей эффективностью отличаются радиальные илоуплотнители с илоскребами. Это объясняется медленным перемешиванием активного ила в процессе уплотнения, а также меньшей высотой радиальных илоуплотнителей по сравнению с вертикальными. При перемешивании снижаются вязкость активного ила и его электрокинетический потенциал, что способствует лучшему хлопьеобразованию и осаждению. Поэтому в современных конструкциях илоуплотнителей предусматривается устройство низкоградиентных мешалок.

Флотационное уплотнение активного ила позволяет предотвратить его загнивание, сократить продолжительность уплотнения и объемы сооружений. Флотаторы для уплотнения избыточного активного ила обычно представляют собой резервуары круглые в плане диаметром 6, 9, 12, 15, 18, 20, 24 м и глубиной 2–3 м, различающиеся внутренним оборудованием.

Стабилизация осадков сточных вод и активного ила в анаэробных и аэробных условиях. Стабилизация первичных и вторичных осадков достигается путем разложения органической части до простых соединений или продуктов, имеющих длительный период ассимиляции

окружающей средой. Стабилизация осадков может быть осуществлена разными методами – биологическими, химическими, физическими, а также их комбинацией.

Наибольшее распространение получили методы биологической анаэробной и аэробной стабилизации. При небольшом количестве осадков применяют септики, двухъярусные отстойники и осветлители – перегниватели. Для обработки больших объемов осадков применяют метантенки и аэробные минерализаторы.

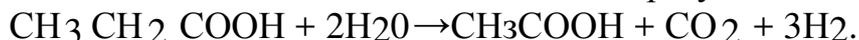
В метантенках биохимический процесс стабилизации осуществляется в анаэробных условиях и представляет собой разложение органического вещества осадков в результате жизнедеятельности сложного комплекса микроорганизмов до конечных продуктов, в основном метана и диоксида углерода.

Согласно современным представлениям анаэробное метановое сбраживание включает четыре взаимосвязанные стадии, осуществляемые разными группами бактерий:

1. Стадия ферментативного гидролиза осуществляется быстрорастущими факультативными анаэробами, выделяющими экзоферменты, при участии которых осуществляется гидролиз нерастворенных сложных органических соединений с образованием более простых растворенных веществ. Оптимальное значение рН для развития этой группы бактерий находится в интервале 6,5–7,5.

2. Стадия кислотообразования (кислотогенная) сопровождается выделением летучих жирных кислот, аминокислот, спиртов, а также водорода и углекислого газа. Стадия осуществляется быстрорастущими, весьма устойчивыми к неблагоприятным условиям среды гетерогенными бактериями.

3. Ацетатогенная стадия превращения ЛЖК, аминокислот и спиртов в уксусную кислоту осуществляется двумя группами ацетатогенных бактерий. Первая группа, образующая ацетаты с выделением водорода из продуктов предшествующих стадий, называется ацетатогенами, образующими водород:

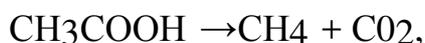


Вторая группа, также образующая ацетаты и использующая водород для восстановления диоксида углерода, называется ацетатогенами, использующими водород:

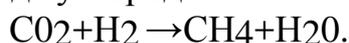


Метаногенная стадия, осуществляемая медленно растущими бактериями, являющимися строгими анаэробами, весьма чувствительными к изменениям условий среды, особенно к снижению рН менее 7,0–7,5 и температуры. Разные группы метаногенов образуют метан двумя путями:

- расщеплением ацетата:



- восстановлением диоксида углерода:



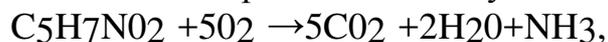
По первому пути образуется 72 % метана, по второму – 28 %.

Процесс сбраживания протекает медленно. Для его ускорения и уменьшения объема сооружений применяют искусственный подогрев ила. При этом значительно эффективнее идет выделение газа – метана, который улавливается и может быть использован в качестве горючего. В зависимости от температуры различают два типа процесса: мезофильный ($t = 30\text{--}35\text{ }^{\circ}\text{C}$) и термофильный ($t = 50\text{--}55\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Метантенки представляют собой герметичные вертикальные резервуары с коническим или плоским дном, выполненные из железобетона или стали.

Схема метантенка представлена на рис. 1.2.17. Уровень осадка поддерживается в узкой горловине метантенка, что позволяет повысить интенсивность газовыделения на единицу поверхности бродящей массы и предотвратить образование плотной корки.

Аэробная стабилизация осадков сточных вод – процесс окисления органических веществ в аэробных условиях. В отличие от анаэробного сбраживания аэробная стабилизация протекает в одну стадию:



с последующим окислением NH_3 до NO_3 .

Аэробной стабилизации может подвергаться неуплотненный и уплотненный избыточный активный ил и его смесь с осадком первичных отстойников.

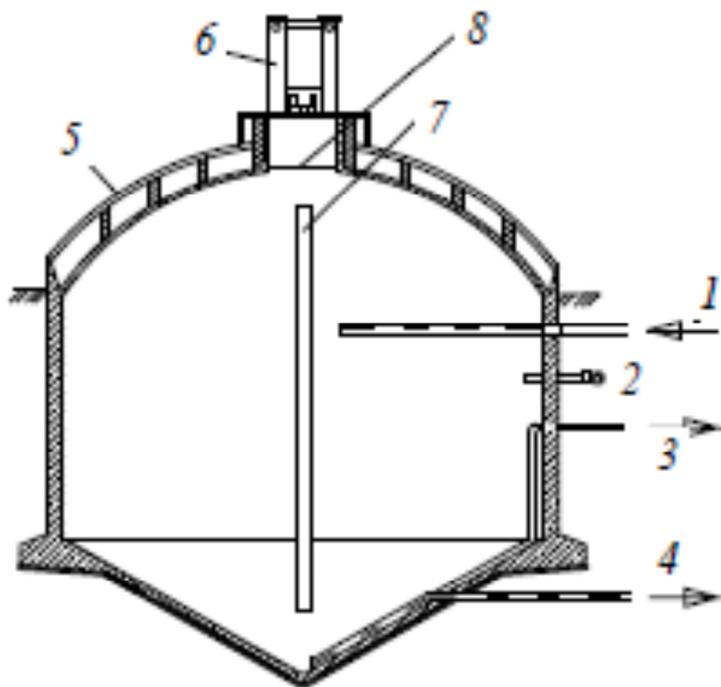


Рис. 1.2.17. Метантенк: 1 – подача осадка; 2 – паровой инжектор; 3 – выпуск сброженного осадка; 4 – опорожнение метантенка; 5 – теплоизоляция; 6 – система сбора и отвода газа; 7 – циркуляционная труба; 8 – уровень осадка

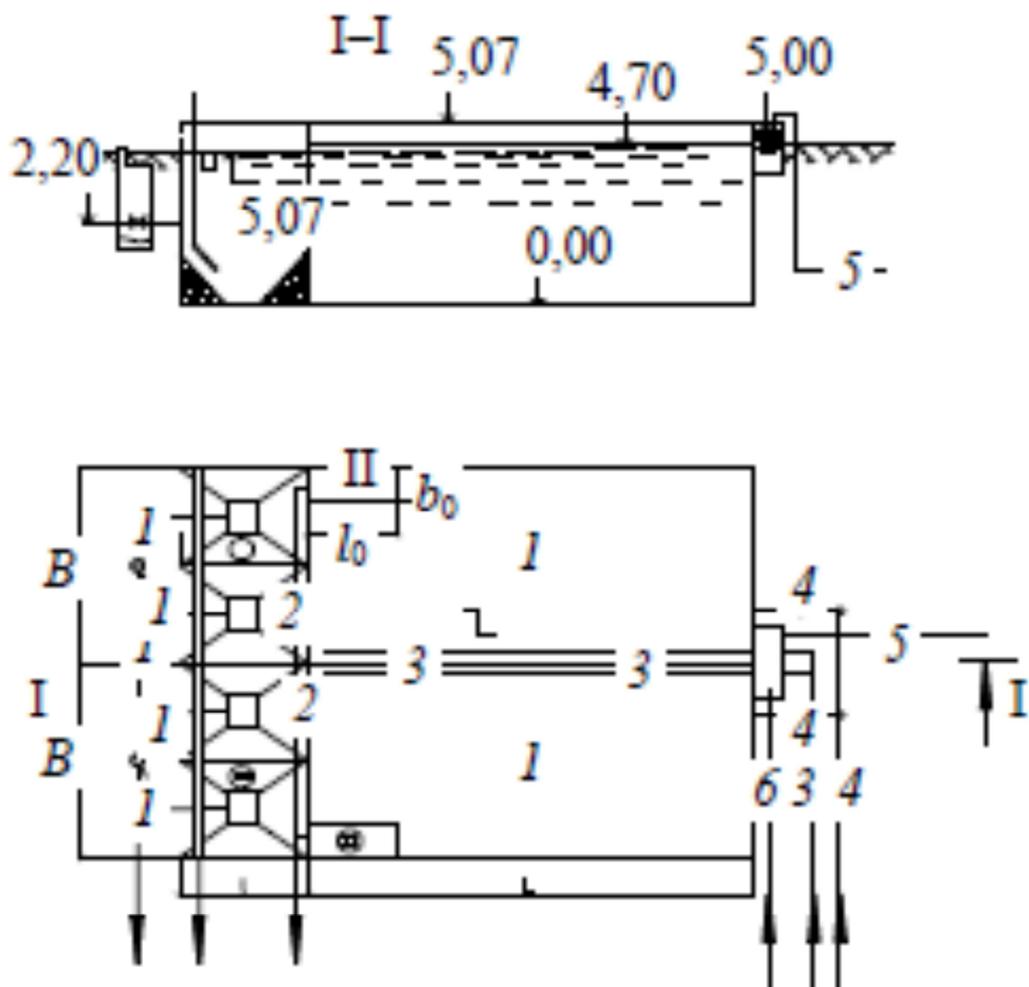


Рис. 1.2.18. Схема минерализатора: I – зона аэрации; II – отстойная зона; III – осадкоуплотнитель; 1 – стабилизированный осадок; 2 – выпуск отстойной воды; 3 – воздуховод; 4 – опорожнение; 5 – иловая смесь; 6 – фугат из цеха механического обезвоживания

Аэробная стабилизация осадков проводится обычно в сооружениях типа аэротенков глубиной 3–5 м. Отстаивание и уплотнение аэробно стабилизированного осадка следует производить в течение 1,5–5 ч в отдельно стоящих илоуплотнителях или в специально выделенной зоне внутри стабилизатора. Влажность уплотненного осадка 96,5–98,5 %. Иловая вода должна направляться в аэротенки. Схема аэробного стабилизатора представлена на рис. 1.2.18.

Аэробная стабилизация осадков обеспечивает получение биологически стабильных продуктов, хорошие показатели влагоотдачи, простоту эксплуатации и низкие строительные стоимости сооружений. Однако значительные энергетические затраты на аэрацию ограничивают целесообразность использования этого процесса на очистных сооружениях производительностью более 50–100 тыс. м³/сут.

Таблица 1.2.2 Показатели методов обеззараживания осадков сточных вод

Процесс	Расход теплоты, МДж на 1 м ³ обезвоженного осадка	Влажность после обработки, %	Основные преимущества метода	Основные недостатки метода	Предпочтительная область применения
Обработка в камерах дегельминтизации	600-700	60-70	Простота эксплуатации, невысокий расход топлива	Относительно высокие влажность и стоимость транспортировки и осадка	Сооружения по очистке сточных вод пропускной способностью до 20 тыс. м ³ /сут
Термическая сушка в сушилках со встречными струями	1900-2800	35-40	Сокращаются транспортные расходы, упрощается утилизация как удобрения, так и топлива	Высокий расход топлива. Потребность в квалифицированном персонале, необходимость очистки отходящих газов	То же, пропускной способностью более 100 тыс. м ³ /сут
Биотермическая обработка (компостирование)	-	45-50	Сокращаются топливно-энергетические и транспортные расходы, готовится качественное удобрение	Необходимость устройства площадок с водонепроницаемым покрытием и применения наполнителей (бытовых отходов, готового компоста, торфа, опилок и т. п.)	То же, пропускной способностью до 200 тыс. м ³ /сут
Сжигание с использованием получаемой теплоты	От -300 до +1800	-	Значительно сокращаются транспортные расходы, возможно получение дополнительной теплоты	Необходимость эффективной очистки отходящих газов, потребность в квалифицированном персонале	Сооружения по очистке сточных вод при отсутствии потребителей удобрений из осадков или высокой их токсичности

Обеззараживание осадков сточных вод. В осадках городских сточных вод находится большое количество патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов, поэтому осадки перед утилизацией и хранением необходимо обеззараживать. Обеззараживание осадков сточных вод достигается разными методами:

- термическими – прогревание, сушка, сжигание;
- химическими – обработка химическими реагентами;
- биотермическими – компостирование;
- биологическими – уничтожение микроорганизмов простейшими, грибами и растениями почвы;
- физическими воздействиями – радиация, токи высокой частоты, ультразвуковые колебания, ультрафиолетовое излучение и т. п.

Общая характеристика процессов обеззараживания осадков сточных вод приведена в табл. 1.2.2. На крупных станциях аэрации целесообразно применение термической сушки механически обезвоженных осадков, позволяющей сократить транспортные расходы и получить удобрение из осадков в виде сыпучих материалов. Для сокращения топливно-энергетических расходов на станциях аэрации пропускной способностью до 20 тыс. м³/сут. целесообразно применение камер дегельминтизации, до 50 тыс. м³/сут. – методов химического обеззараживания. В случаях, когда осадок не подлежит утилизации в качестве удобрения, может применяться сжигание с использованием получаемого тепла.

Процессы и сооружения для обезвоживания осадков сточных вод

Обезвоживание осадков в естественных условиях. Иловые площадки предназначены для естественного обезвоживания осадков, образующихся на станциях биологической очистки сточной воды, и до сих пор остаются самым распространенным в России методом обезвоживания. Работа иловых площадок в большой степени зависит от климатических и других природных факторов. Иловые площадки представляют собой спланированные участки земли, разделенные на карты с земляными валиками.

Иловые площадки на естественном основании без дренажа проектируются на хорошо фильтрующих грунтах при залегании грунтовых вод на глубине не менее 1,5 м от поверхности карт и только тогда, когда допускается фильтрация иловой воды в грунт.

При плотных и водонепроницаемых грунтах устраиваются иловые площадки на естественном основании с трубчатым дренажом, укладываемом в дренажные каналы. Искусственное дренирующее основание иловых площадок должно составлять не менее 10 % их площади.

Схема иловых площадок на естественном основании с дренажом представлена на рис. 1.2.19.

Наибольшее распространение получили иловые площадки на естественном основании каскадного типа с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды. После заполнения карт иловой площадки осадком и слива отделившейся иловой воды дальнейшее обезвоживание осадка осуществляется путем испарения с поверхности оставшейся влаги.

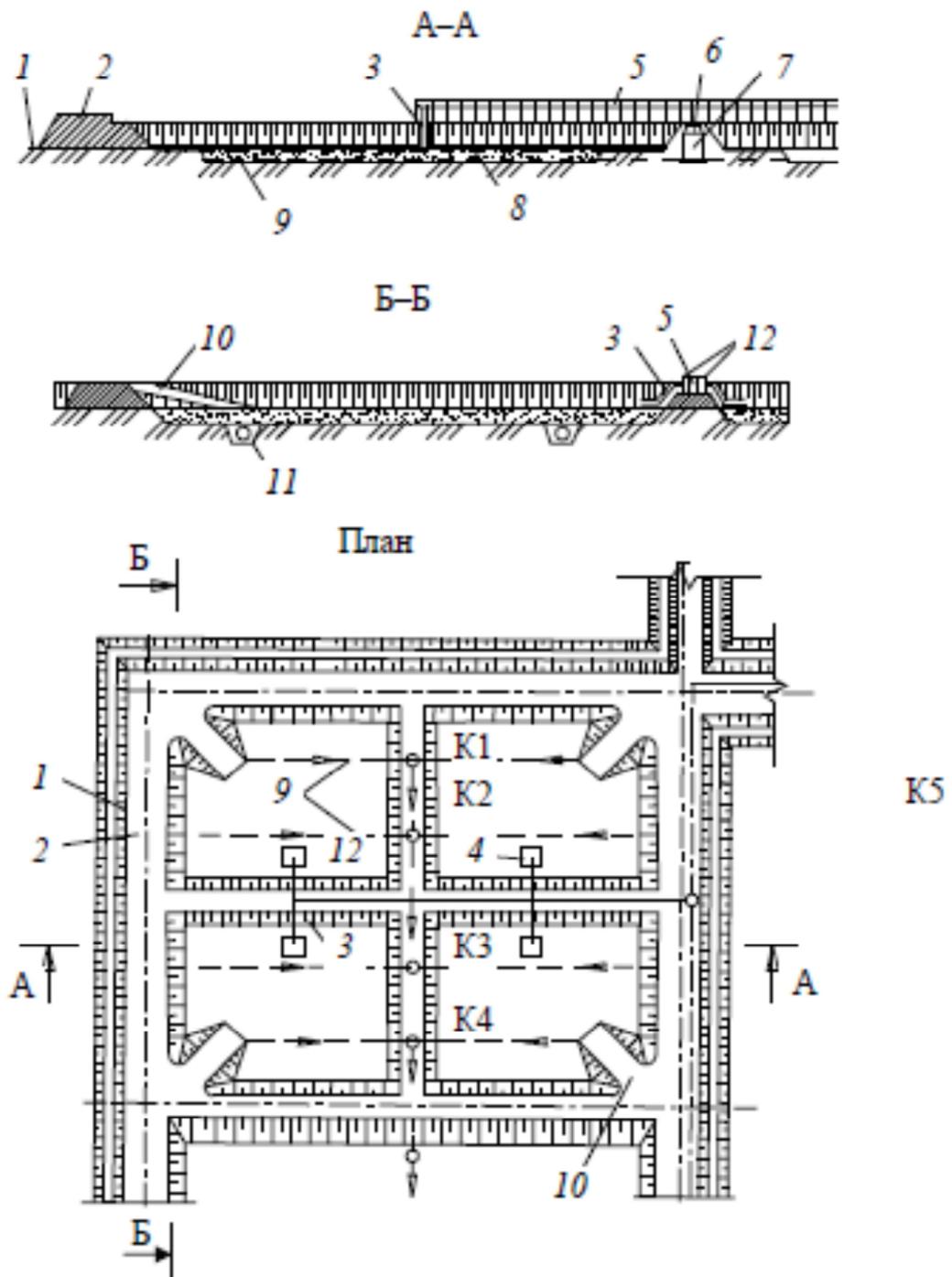


Рис. 1.2.19. Иловые площадки на естественном основании с дренажом:
 1 – кювет ограждающей канавы; 2 – дорога; 3 – сливной лоток; 4 – щит под сливным лотком; 5 – разводящий лоток; 6 – дренажный колодец; 7 – сборная дренажная труба; 8 – дренажный слой; 9 – дренажные трубы; 10 – съезд на карту; 11 – дренажная канава; 12 – шиберы; К1–К5 – колодцы

Иловые площадки – уплотнители представляют собой прямоугольные железобетонные резервуары (карты) с отверстиями, расположенными в продольной стенке на разных глубинах, и перекрытыми шиберами. Для выпуска иловой воды, выделяющейся при отстаивании осадка, по высоте продольных стен карт-резервуаров устраивают отверстия, перекрываемые шиберами. Иловую воду направляют для очистки в голову

сооружений по аналогии с иловыми площадками с отстаиванием и поверхностным удалением воды. Расстояние между выпусками иловой воды устанавливается не более 18 м. Для механизированной уборки высушенного осадка устраивают пандусы с уклоном до 12 %.

Механическое обезвоживание осадков сточных вод. Обезвоживание осадков на иловых площадках требует свободных земельных площадей и нерационально как с экономической, так и с экологической точки зрения. Наиболее перспективным является механическое обезвоживание осадков на вакуумфильтрах, фильтр-прессах и центрифугах. Для улучшения водоотдающих свойств осадки перед механическим обезвоживанием кондиционируют (изменяют структуру осадка).

Методы кондиционирования подразделяются на реагентные и безреагентные. Первой стадией подготовки осадка к обезвоживанию является его промывка. Промывка применяется только для сброженных осадков. В результате промывки из сброженного осадка удаляются коллоидные частицы и мелкая взвесь.

Реагентные методы предполагают использование для обработки осадков неорганических реагентов (хлорное железо, сернокислородное железо, известь) или органических высокомолекулярных соединений (полиэлектролитов). И те, и другие приводят к снижению удельного сопротивления фильтрации в результате агрегации коллоидных и мелких нерастворенных частиц. Дозы реагентов устанавливаются экспериментально в ходе производственных испытаний обезвоживающего оборудования.

Кондиционирование минеральными реагентами характеризуется рядом существенных недостатков, к которым относятся: большой массовый расход; высокая коррозионная активность; трудности с транспортировкой и хранением; внесение большого количества балластных веществ.

Однако эти проблемы разрешимы при использовании органических реагентов (флокулянтов). Флокулянты – растворимые в воде высокомолекулярные вещества, применяемые для отделения твердой фазы от жидкости и образующие с находящимися в жидкой фазе коллоидными и тонкодисперсными частицами трехмерные структуры (хлопья). Для обезвоживания осадков сточных вод наиболее широко используются синтетические флокулянты – полиакриламид и сополимеры на его основе. В осадках станций биологической очистки сточных вод в основном содержатся отрицательно заряженные частицы, поэтому для флокуляции таких осадков необходимы катионные флокулянты.

Отечественные флокулянты катионного типа, такие как КФ, ВПК, КО, ППС, ВА – 2, ОКФ и др., недостаточно эффективны и используются пока редко. Наилучшие результаты были получены при применении катионоактивных флокулянтов фирм «Штокхаузен», «Аллайд коллоидз» (обе Германия), «Магнифлок» (США) и «Кемира» (Финляндия). При дозах 3,5–4,5 кг/м³ сухого вещества осадка происходило интенсивное флокулообразование и выделение свободной воды.

Безреагентное кондиционирование осуществляется методами тепловой

обработки и замораживания – оттаивания.

Процессы и оборудование для механического обезвоживания осадков.

Обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах. Различают обычные барабанные, барабанные со сходящим полотном, дисковые и ленточные вакуум-фильтры.

Барабанный вакуум-фильтр – вращающийся горизонтально расположенный барабан, частично погруженный в корыто с осадком. Барабан имеет две боковые стенки: внутреннюю сплошную и наружную перфорированную, обтянутую фильтровальной тканью. Пространство между стенками разделено на 16–32 секции, не сообщающиеся между собой. Каждая секция имеет отводящий коллектор, входящий в торце в цапфу, к которой прижата неподвижная распределительная головка. В зоне фильтрования осадок фильтруется под действием вакуума. Затем осадок просушивается атмосферным воздухом. Фильтрат и воздух отводятся в общую вакуумную линию. В зоне съема осадка в секции подается сжатый воздух, способствующий отделению обезвоженного осадка от фильтровальной ткани. Осадок снимается с барабана ножом. В зоне регенерации ткань продувается сжатым воздухом или паром. Для улучшения фильтрующей способности ткани через 8–24 ч работы фильтр регенерируют, промывают ингибированной кислотой или растворами ПАВ.

В последнее время находят применение барабанные вакуум-фильтры со сходящим полотном. В этих фильтрах регенерация фильтровальной ткани производится непрерывно. Применение их особенно эффективно в тех случаях, когда осадки сточных вод по своей структуре способны быстро заиливать фильтровальную ткань, в частности сырые осадки из первичных отстойников.

Недостатками вакуум-фильтров являются сложность управления, низкая надежность, невозможность использования органических флокулянтов для кондиционирования осадка, громоздкость и загрязненность рабочей среды.

Кроме барабанных вакуум-фильтров, используются (в основном для обезвоживания осадков производственных сточных вод) ленточные вакуум-фильтры и листовые фильтры. Ленточные вакуум-фильтры применяют для обезвоживания быстро расслаивающихся осадков, преимущественно минерального происхождения, таких как окалина, осадки газоочисток доменного и конвертерного цехов.

Фильтр (рис. 1.2.20) имеет бесконечную резиново-тканевую ленту, натянутую на двух барабанах, и фильтровальный стол. Щелевое отверстие, расположенное посередине стола, сообщается с вакуум-камерой. Лента имеет поперечные рифления и продольные сквозные прорези. Фильтровальная ткань укладывается на ленту и закрепляется в пазах резиновым шнуром. Верхняя рабочая ветвь ленты протягивается по столу так, что ее продольные прорезы совпадают с щелевым отверстием стола. Фильтрат отводится с внутренней стороны ткани по поперечным пазам и через продольные отверстия поступает в вакуум-камеру и сборный

коллектор. При фильтровании быстроосаждающиеся крупные частицы образуют подслоя, который улучшает условия фильтрования и повышает пропускную способность фильтра.

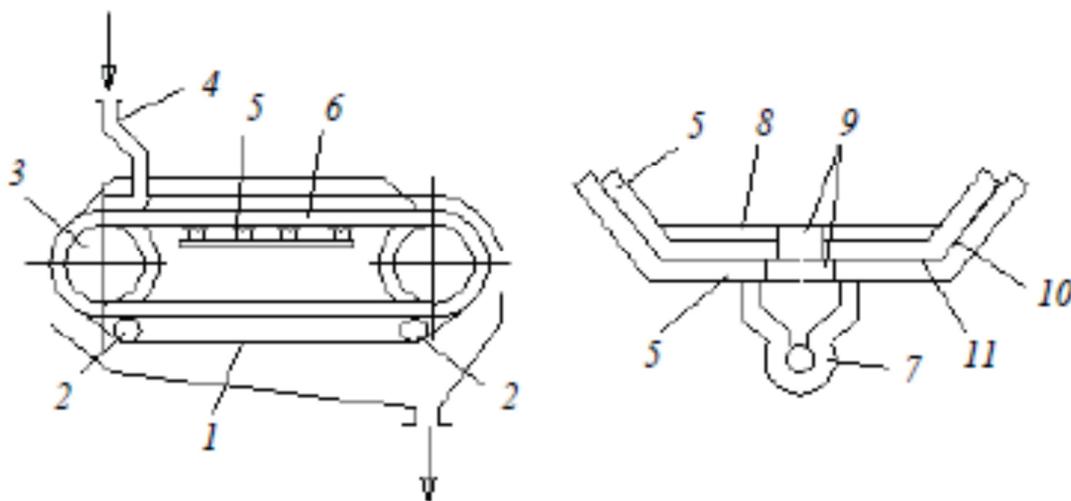


Рис. 1.2.20. Ленточный вакуум-фильтр: 1 – фильтровальная ткань; 2 – направляющие для фильтровальной ткани; 3 – барабан; 4 – лоток для подачи осадка; 5 – фильтровальный стол; 6 – прорезиненная лента; 7 – сборный коллектор фильтрата; 8 – поперечный желоб для отвода фильтрата; 9 – продольная прорезь; 10 – направляющие для ленты; 11 – резиновый шнур

Обезвоживание осадков сточных вод на фильтр-прессах. В последнее время фильтр-прессы находят довольно широкое распространение для обезвоживания осадков сточных вод. Их применяют для обработки сжимаемых аморфных осадков. По сравнению с вакуум-фильтрами, при прочих равных условиях после обработки на фильтр-прессах получают осадки с меньшей влажностью. Фильтр-прессы применяют в тех случаях, когда осадок направляют после обезвоживания на сушку или сжигание, или когда необходимо получить осадки для дальнейшей утилизации с минимальной влажностью.

Различают рамные, камерные, мембранно-камерные, ленточные, барабанные и винтовые (шнековые) фильтр-прессы.

Рамный фильтр-пресс имеет набор вертикально расположенных чередующихся плит и рам. Между поверхностями плит и рам проложена фильтровальная ткань. Сначала собирают комплект рам и плит, загружают камеры осадком и отжимают его. Затем рамы и плиты поочередно отодвигают и обезвоженный осадок сбрасывают в бункер. Рамные фильтр-прессы имеют низкую пропускную способность. Кроме того, выгрузка осадка из фильтра обычно производится вручную. В настоящее время эти фильтры практически не применяются.

Фильтр-прессы ФПАКМ (фильтр-пресс, автоматизированный камерный модернизированный) находят довольно широкое распространение. Они выпускаются серийно и имеют площадь поверхности фильтрования 2,5–50 м.

Фильтр состоит из нескольких фильтровальных плит и фильтрующей ткани, протянутой между ними с помощью направляющих роликов. Поддерживающие плиты связаны между собой вертикальными опорами, воспринимающими нагрузку от давления внутри фильтровальных плит. В натянутом состоянии ткань поддерживается с помощью гидравлических устройств.

Каждая фильтровальная плита (рис. 1.2.21) состоит из верхней и нижней частей. Нижняя часть перекрыта перфорированным листом, под которым расположена камера приема фильтрата. На перфорированном листе находится фильтровальная ткань. Верхняя часть представляет собой раму, которая при сжатии плит образует камеру, куда подается осадок. В верхней части расположена эластичная водонепроницаемая диафрагма.

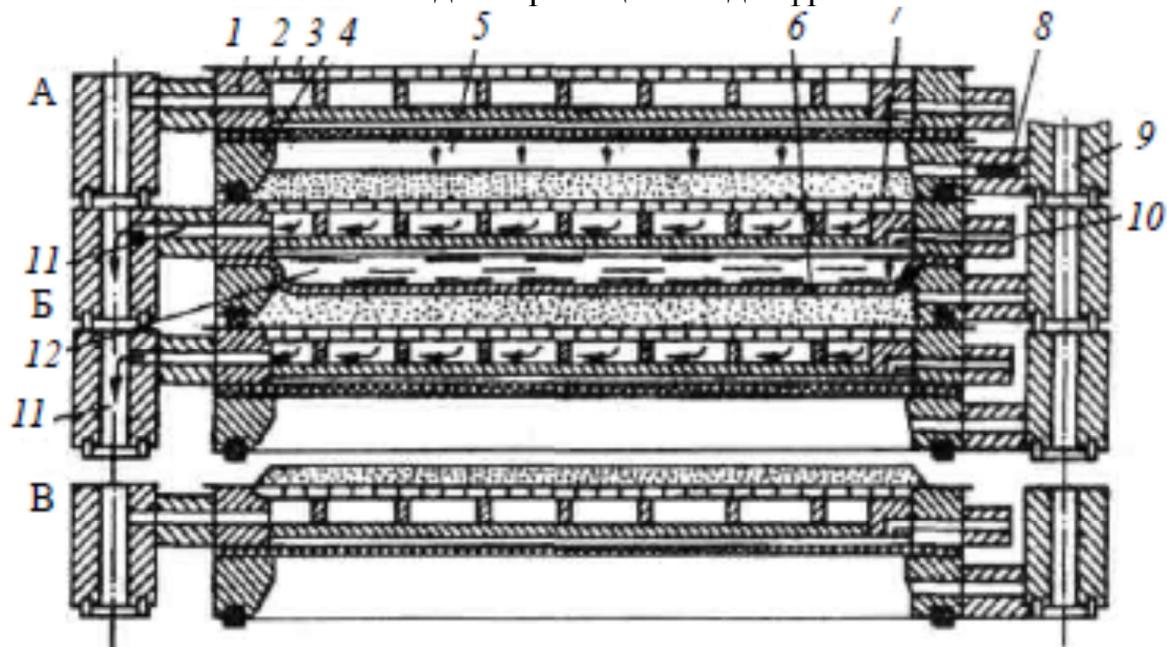


Рис. 1.2.21. Схема фильтр – пресса ФПАКМ: 1 – верхняя часть плиты; 2 – перфорированный лист; 3 – камера для приема фильтрата; 4 – нижняя часть плиты в виде рамы; 5 – камера для осадка; 6 – эластичная водонепроницаемая диафрагма; 7 – фильтровальная ткань; 8 и 10 – каналы; 9 – коллектор для подачи осадка; 11 – коллектор для отвода фильтрата и воздуха; 12 – полость для воды

В камеру по коллектору подаются осадок и воздух (положение А). По каналам фильтрат и воздух отводятся в коллектор. Затем осадок отжимается диафрагмой, для чего в полость нагнетается вода под давлением (положение Б). После этого раздвигаются плиты (положение В), передвигается фильтровальная ткань, и кек снимается с нее ножами, ткань промывается и очищается в камере регенерации ткани.

При необходимости перед подачей на фильтр-пресс в осадок вводятся химические реагенты – хлорное железо, известь, полиакриламид и др.

Наиболее эффективно обезвоживаются на камерных фильтр-прессах осадки производственных сточных вод минерального происхождения. Осадки

городских сточных вод обезвоживаются хуже.

В настоящее время все большее распространение получают мембранно-камерные фильтр-прессы. Схема установки мембранно-камерного фильтр-пресса приведена на рис 1.2.22.

Мембранно-камерный фильтр-пресс представляет собой серию вертикальных плит, имеющих каналы и покрытых тканью для поддержания кека. Плиты смонтированы в корпусе, верхние опоры которого соединены двумя тяжелыми горизонтальными и параллельными брусками или рельсами. Конструктивно фильтр – прессы подразделяются на: прессы с верхней подвеской плит и с боковой подвеской плит.

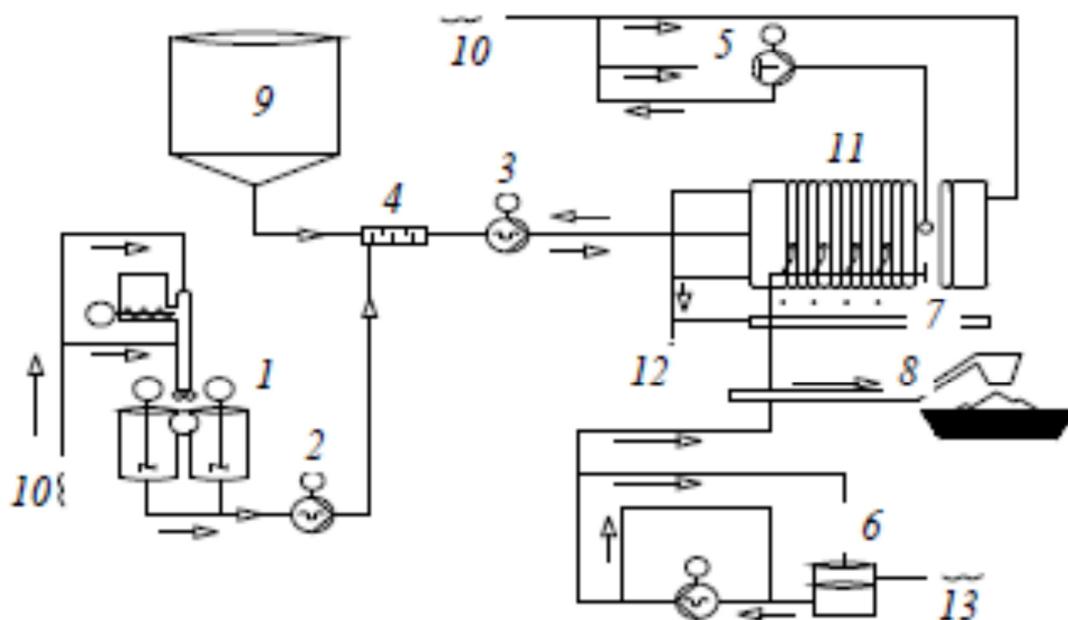


Рис. 1.2.22. Технологическая схема механического обезвоживания осадков на мембранно-камерном фильтр-прессе: 1 – система приготовления флокулянта; 2 – система дозирования флокулянта; 3 – система подачи осадка; 4 – система смешения осадка с флокулянтном; 5 – система промывки фильтровального полотна; 6 – система дожима мембран; 7 – система отвода капельных утечек и воды от промывки ткани; 8 – система отвода обезвоженного осадка; 9 – резервуар исходного осадка; 10 – подача воды питьевого качества; 11 – мембранно-камерный фильтр-пресс; 12 – отвод фильтрата; 13 – подача технической воды

Центрифугирование осадка городских сточных вод получило широкое распространение после начала промышленного выпуска синтетических высокомолекулярных органических флокулянтов катионного типа и использование их для повышения эффективности процесса обезвоживания, так как при центрифугировании осадков без применения флокулянтов образующийся фугат имеет высокие значения БПК, ХПК и содержание взвешенных веществ.

Основные преимущества метода:

-широкий диапазон производительности центрифуг – от 6 до 60 м³/ч;

- высокая эффективность задержания сухого вещества – до 98– 99 % и удовлетворительная влажность кека – 78–82 %;
- герметичность машин и невысокий уровень шума;
- простота, надежность в эксплуатации и управляемость процессом.

Основной недостаток метода – относительно высокая стоимость флокулянтов.

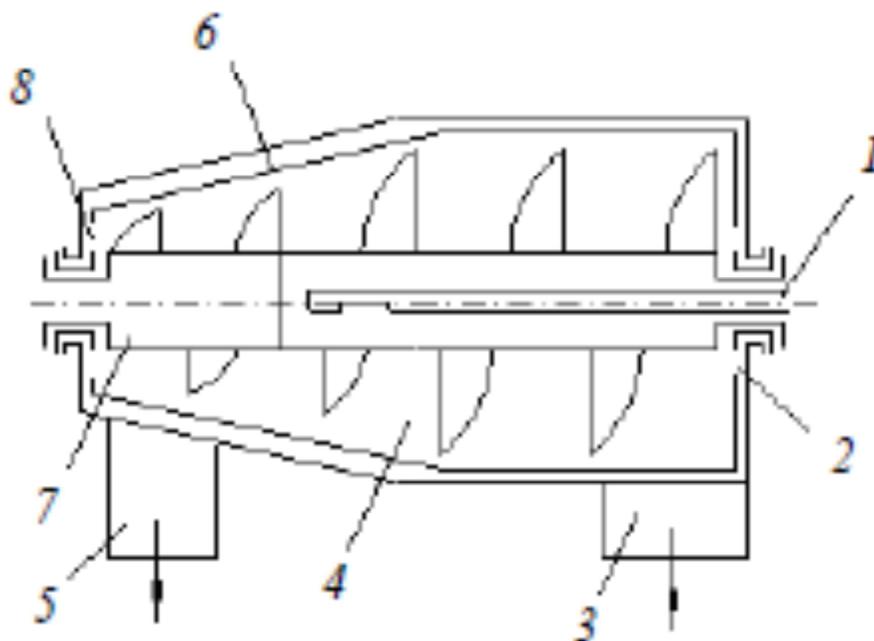


Рис. 1.2.23. Осадительная центрифуга: 1 – трубопровод для подачи осадка; 2 – отверстия для выгрузки фугата; 3 – выпуск фугата; 4 – отверстие для поступления осадка в ротор; 5 – выгрузка кека; 6 – ротор; 7 – полый шнек; 8 – выгрузочные окна

Основными элементами центрифуги являются конический ротор со сплошными стенками и полый шнек. Ротор и шнек вращаются в одну сторону, но с разными скоростями. Под действием центробежной силы нерастворенные частицы осадка отбрасываются к стенкам ротора и вследствие разности частоты вращения ротора и шнека перемещаются к отверстию в роторе, через которое обезвоженный осадок попадает в бункер кека. Образовавшаяся в результате осаждения нерастворенных частиц исходная фаза (фугат) отводится через отверстия, расположенные с противоположной стороны ротора (рис. 1.2.23) В настоящее время налажен выпуск центрифуг этого типа с расчетной производительностью по суспензии до 30 м³/ч.

В настоящее время в отечественную практику кроме центрифуг типа ОГШ широко внедряются центрифуги и центрипрессы зарубежного производства.

Проблема утилизации осадков. В числе обострившихся экологических проблем существенное место заняла утилизация осадков, образующихся в процессе очистки сточных вод населенных пунктов.

Наиболее реально утилизировать осадок как удобрение в сельском и садово-парковом хозяйствах, а также для приготовления растительных грунтов. Однако этому должна предшествовать работа по сокращению содержания токсичных веществ в сточных водах и осадках. В результате проведенных исследований были установлены нормативные ПДК тяжелых металлов в осадках сточных вод для использования последних в качестве удобрений, даны методики расчета объемов внесения таких удобрений на сельскохозяйственные поля и в зеленые строительства. Однако в настоящее время осадки с городских очистных сооружений в сельском хозяйстве не используются из-за присутствия в них в очень высоких концентрациях тяжелых металлов. В ограниченном количестве осадки применяются в садово-парковом хозяйстве.

Осадки сточных вод могут быть применены как выгорающая добавка при производстве строительных материалов – кирпича, керамзита. При производстве бетонов и в дорожном строительстве можно использовать золу от сжигания осадков.

Одним из наиболее разработанных процессов промышленной переработки осадков сточных вод, отдельно и в комплексе с переработкой твердых бытовых отходов (ТБО) является пиролиз – процесс переработки углеродсодержащих веществ путем высокотемпературного нагрева без доступа кислорода.

В результате пиролиза осадков остается полукокс, представляющий собой черную массу, легко рассыпающуюся в порошок. Содержание золы и беззольного вещества в этой массе примерно одинаковое. Полукокс, или пирокарбон, широко используется в промышленности. Его можно утилизировать как топливо, а также использовать в процессе получения азота и фосфора.

Наибольший интерес представляет образуемый при пиролизе первичный деготь, который при фракционной разгонке может дать такие ценные продукты, как парафины, асфальтены, карбоновые кислоты, фенолы, коксовую пыль, органические основания.

Все технологии по термообработке осадков подразделяются на две категории: термическая сушка и сжигание. Основным преимуществом термической сушки является сохранение в высушенном осадке органических веществ – ценных компонентов удобрений. При сжигании осадков органические вещества превращаются в газообразные продукты сгорания, при этом значительно сокращается общий объем осадков.

Необходимо отметить, что если осадок сжигается, то нецелесообразно его предварительно сбрасывать. Сбрасывание приводит к минерализации части органических веществ и снижению теплотворной способности осадка.

Таким образом, для крупных очистных сооружений, осадки которых могут быть использованы в качестве удобрений, наиболее рациональный метод их окончательной обработки – термическая сушка. Если же применение осадков в сельском хозяйстве недопустимо из-за повышенного содержания в них опасных загрязнений, то единственным способом, позволяющим

максимально сократить объем осадков, является их сжигание.

Установки для термической сушки и сжигания осадков.

Термическая сушка предназначена для обеззараживания и уменьшения массы осадков сточных вод.

Осадок после термической сушки представляет собой незагнивающий, свободный от гельминтов и патогенных микроорганизмов, внешне сухой (влажностью 10–50 %) сыпучий материал.

Наиболее распространен конвективный способ сушки, при котором необходимая для испарения влаги тепловая энергия непосредственно передается высушиваемому материалу теплоносителем – сушильным агентом. В качестве сушильного агента могут использоваться топочные газы, перегретый пар или горячий воздух.

Сушилки конвективного типа можно разделить на две группы: I – при продувке сушильного агента через слой материала частицы его остаются неподвижными – барабанные, ленточные, щелевые и др.; II – частицы материала перемещаются и перемешиваются потоком сушильного агента – сушилки со взвешенным (псевдооживленным) слоем (кипящим, фонтанирующим, вихревым) и пневмосушилки.

Сначала для сушки обезвоженного осадка применяли вращающиеся барабанные сушилки, но опыт их эксплуатации на станциях аэрации Москвы заставил отказаться от сушилок такой конструкции. Было рекомендовано использовать сушилки со встречными струями (СВС). Однако сушилки потребляли большое количество топлива, при работе становились источниками зловонных запахов и были взрывоопасны. По этим причинам от СВС пришлось отказаться.

Сложившаяся ситуация, а также неудачные попытки использования отечественных технологий термической обработки осадка заставили обратиться к опыту наиболее развитых стран мира. Самым эффективным методом было признано сжигание осадков. В мире существует несколько основных вариантов технологий сжигания осадков, технические решения которых заимствованы из технологии работы металлургических печей и энергетических твердотопливных установок. Пример тому – многоподовые печи.

Другое устройство, достаточно часто применяющееся для сжигания осадков, – барабанная вращающаяся печь. Устройства подобного типа установлены на Курьяновской станции аэрации в Москве.

Часто используются технологии совместного сжигания осадка и твердых бытовых отходов. Однако во второй половине XX в. проблема утилизации осадка в крупных городах обострилась настолько, что применение заимствованных или гибридных технологий стало экономически нецелесообразным. Потребовались новые технические решения. Наиболее рациональным методом сжигания осадков, который сегодня получил наибольшее распространение в мире, было признано сжигание в псевдооживленном слое.

Печь представляет собой металлическую обечайку, обмурованную изнутри тяжелым огнеупорным кирпичом. Внутренняя полость труба разделена на две части сводом псевдооживления – дутьевую камеру и реактор. Свод псевдооживления выполнен из огнеупорных кирпичей, оборудован стальными соплами, на него нагружается подушка высокопрочного кварцевого песка. В дутьевую камеру подается большой расход воздуха, нагретого отходящими дымовыми газами. Конструкция сопел такова, что они позволяют воздуху подниматься в реактор, но удерживают песок от попадания в дутьевую камеру. Частицы песка в высокоскоростном турбулентном потоке воздуха находятся во взвешенном состоянии, не опускаясь на свод, но и не поднимаясь под купол реактора, образуя так называемый псевдооживленный слой.

Обезвоженный осадок подается непосредственно в слой песка, смешиваясь с ним. Частицы осадка, попадая в зону высоких температур, отдают остаточную влагу и, истираясь в турбулентном потоке частиц песка, превращаются в мелкодисперсную пыль. Удельный вес частиц осадка меньше, чем у песка, поэтому они поднимаются в верхнюю часть реактора, где и происходит горение. Органическая часть осадка превращается в газообразные продукты, а минеральная выносится потоком дымовых газов в газоход в виде мелкодисперсной золы.

1.3 Методы глубокой очистки и обеззараживания сточных вод

В связи с повышением требований к качеству очищенных сточных вод полная биологическая очистка дополняется сооружениями доочистки. Чаще всего для городских сточных вод требуется доочистка от взвешенных веществ, БПК и биогенных элементов.

Методы доочистки сточных вод от взвешенных веществ и органических загрязнений. Для глубокой очистки сточных вод от взвешенных веществ используется метод фильтрования на сетчатых барабанных фильтрах и фильтрах с зернистой загрузкой. Эффективность снижения взвешенных веществ на фильтрах с зернистой загрузкой составляет 70–90 %, эффективность снижения БПК_{пол} – 50–60 %.

В общем виде станция для доочистки сточных вод фильтрованием включает следующие сооружения: насосную станцию с приемным резервуаром, обеспечивающую подачу воды на доочистку, барабанные сетки, предохраняющие фильтры от засорения крупными примесями; фильтр; резервуар для сбора промывных вод; резервуар – накопитель промывной воды и насосы для её подачи на промывку фильтров.

Схема узла доочистки сточных вод фильтрованием приведена на рис. 1.3.1.

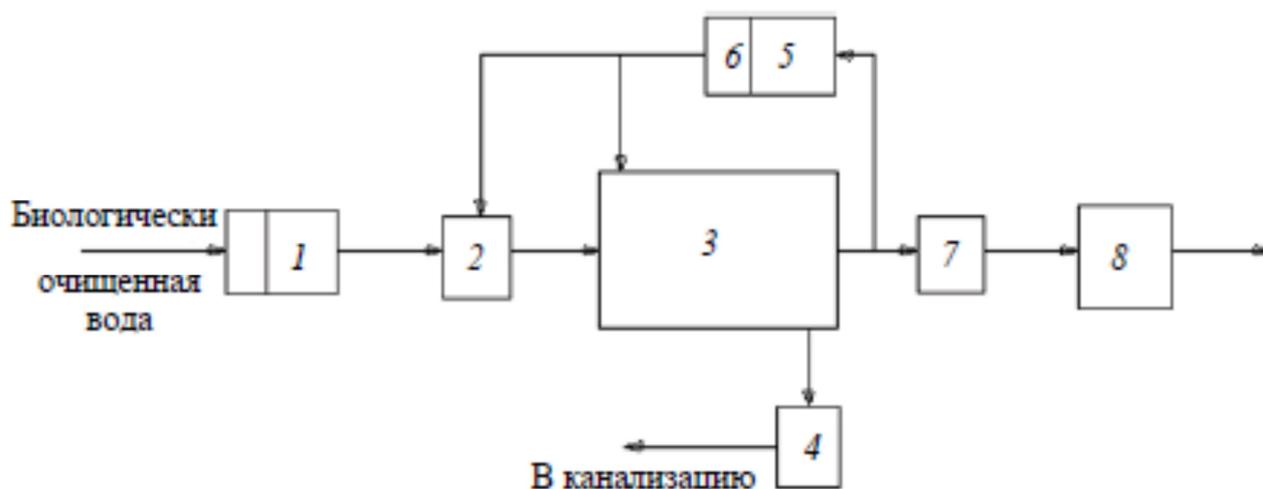


Рис. 1.3.1. Схема доочистки сточных вод фильтрованием: 1 – насосная станция с приемным резервуаром; 2 – барабанные сетки; 3 – зернистые фильтры доочистки; 4 – резервуар для сбора промывных вод; 5 – резервуар-накопитель промывной воды; 6 – насосная станция промывки фильтров; 7 – обеззараживание воды; 8 – сооружения для насыщения воды кислородом

Барабанные сетки устанавливаются перед фильтрами с зернистой загрузкой для выделения из сточных вод крупных примесей.

Фильтры с зернистой загрузкой могут быть следующих конструкций: однослойные с восходящим или нисходящим потоком жидкости; аэрируемые двухслойные и каркасно-засыпные (КЗФ).

В качестве материала фильтрующего слоя допускается использовать кварцевый песок, гравий, гранитный щебень, гранулированный доменный шлак, антрацит, керамзит, полимеры, а также другие зернистые загрузки, обладающие необходимыми свойствами, химической стойкостью и механической прочностью.

В последние годы в системах доочистки сточных вод стали широко применять новые методы, которые сочетают в себе достоинства фильтров и предусматривают возможность биологической деструкции остаточных органических загрязнений после полной биологической очистки сточных вод при помощи прикрепленной биомассы.

В качестве загрузочного материала, на котором происходят процессы глубокого изъятия загрязнений, используются полимерные элементы типа «Контур», «Водоросль» и некоторые другие материалы. В практике очистки сточных вод эти сооружения получили наименование биореакторов доочистки.

Принцип работы биореакторов заключается в следующем. В резервуар с загрузочным материалом подается биологически очищенная сточная вода, под загрузочным материалом установлена система аэрации, которая обеспечивает в резервуаре необходимую циркуляцию сточной воды через контейнеры с загрузкой. Этот поток вовлекает поступающую сточную

жидкость в циркуляцию, снабжает биомассу гидробионтов, прикрепляющуюся на загрузке, кислородом, активным илом из вторичных отстойников и растворенными в воде органическими веществами.

Биоценоз биореактора образуется спонтанно и состоит из довольно большого количества видов различных микроорганизмов, в результате чего на загрузке формируется вполне устойчивая экосистема.

При заиливании загрузочного материала его отмывают подачей воздуха через аэрационную систему. Водовоздушный поток внутри контейнеров срывает иловые отложения с загрузки, в это же время осуществляют опорожнение биореактора, и ил выводится из сооружения. На период промывки биореактора подача очищаемой сточной жидкости на доочистку прекращается.

Скорость фильтрации в биореакторах принимается в диапазоне от 5 до 7 м/ч при пропуске максимального часового расхода при времени обработки сточных вод в 0,5–1 ч. Путем простой обработки биологически очищенных сточных вод достигается снижение взвешенных веществ и органических загрязнений (по БПК) с 15–50 до 1–5 мг/л.

Методы глубокой очистки сточных вод от биогенных элементов.

Традиционная биологическая очистка сточных вод позволяет изъять основную массу органических загрязняющих веществ, но не может обеспечить достаточную глубину удаления соединений азота и фосфора, которые являются биогенными элементами. К наиболее важным биогенным элементам относятся азот, фосфор и сера. Попадая в водоемы, биогенные элементы способствуют развитию условий, угнетающих отдельные виды гидробионтов, а в некоторых случаях вызывают их гибель. Поступление большого количества азота и фосфора в водные объекты приводит к их эвтрофированию.

Основными источниками поступления биогенных элементов в природные водоемы являются объекты сельского хозяйства, а также неочищенные или недостаточно очищенные бытовые и промышленные сточные воды.

В поступающих на очистные сооружения городских сточных водах азот представлен в основном в виде минеральной (NH_4 ; NO_2 ; NO_3) и органической (аминокислоты, белок тканей организмов, органические соединения) составляющих, причем на долю аммиака или мочевины приходится примерно 80–90 % всех азотсодержащих соединений. Фосфор находится в бытовых сточных водах в основном в виде орто- и полифосфатов и фосфорсодержащих органических соединений.

Удаление общего фосфора в процессе биологической очистки не превышает 30–40 %, а соединения азота 50 %.

Для извлечения фосфора из сточных вод могут быть использованы физико-химические, химические и биологические методы, а также их комбинация.

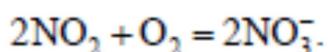
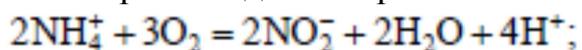
Наибольшее распространение получил реагентный метод, сущность

которого заключается в образовании нерастворимых соединений фосфора и выведении их из системы в виде осадка. В качестве реагентов используют разнообразные соединения железа и алюминия. При этом реагенты могут быть введены: на стадии механической очистки, в сооружения биологической очистки, а также на стадии доочистки.

Эффективность реагентного удаления фосфора может достигать практически 100 %. Однако реагентный метод нельзя признать экономически оправданным из-за большого расхода реагента, затрат на доставку и эксплуатацию реагентного хозяйства. Поэтому в последнее время специалистами в области очистки все большее внимание уделяется разработке технологии глубокого удаления фосфора модифицированными биологическими методами, за счёт чередования аэробных и анаэробных условий пребывания активного ила. Этот способ основан на том, что в анаэробных условиях клетки ила в результате гидролиза полифосфатов отдают накопленный фосфор в окружающую их воду, а в последующей аэробной стадии активно его потребляют, освобождая тем самым очищенную воду от фосфатов.

Для удаления азота из сточных вод могут быть использованы как физико-химические (отдувка аммиака, ионный обмен, адсорбция активным углем с предварительным хлорированием, электролиз, озонирование, химическое восстановление, деминерализация – обратный осмос, электродиализ, дистилляция), так и биологические (нитрификация и денитрификация) методы. В практике очистки городских сточных вод для удаления азота все шире используется метод биологической нитрификации – денитрификации.

Нитрификация – процесс окисления кислородом воздуха аммонийного азота до нитритов и нитратов, осуществляемый нитрифицирующими микроорганизмами. На первой стадии процесса нитрификации аммоний окисляется до нитритов, на второй стадии нитриты окисляются до нитратов:



Денитрификация – процесс восстановления нитритов и нитратов до свободного азота, который выделяется в атмосферу. Процесс может быть реализован при наличии в воде определенного количества органического субстрата, окисляемого сапрофитными микроорганизмами до углекислого газа и воды за счет кислорода азотсодержащихся соединений. В качестве органического субстрата в процессе денитрификации могут быть использованы любые биологически окисляемые органические окисления, а также осветленные сточные воды и органические производственные стоки, предпочтительно не содержащие азота.

Для процессов нитрификации и денитрификации могут быть использованы традиционные сооружения биологической очистки: аэротенки и биофильтры.

При использовании технологии глубокого удаления азота

биологическим методом предполагается искусственное создание в аэротенки различных зон, которые по степени обеспеченности кислородом подразделяются на три основные: аэробная, аноксидная и анаэробная.

Обеззараживание сточных вод. Обеззараживание сточных вод производят с целью уничтожения оставшихся в них патогенных бактерий и устранения опасности заражения воды водного объекта.

К наиболее распространенным методам обеззараживания сточных вод в настоящее время относятся: хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое облучение (УФО) и их сочетание. Кроме того, перспективны разрабатываемые обеззараживающие технологии сточных вод, такие как гамма-облучение, электрический импульсный разряд, виброакустический, термический и другие способы.

Устойчивость микроорганизмов при любом способе обеззараживания во многом определяется различиями в механизмах процессов воздействия дезинфектанта. Механизм окислительного бактерицидного действия хлора связан с повреждением клеточной оболочки, подавлением ферментной системы бактерий, разрушением нуклеиновых кислот. Инактивирующее действие озона обусловлено высоким окислительно-восстановительным потенциалом, в результате чего происходит разрушение протоплазмы, стенок и цитоплазматических мембран бактерий, протеиновых оболочек вирусов. Бактерицидное действие УФО основано преимущественно на повреждении структур ДНК и РНК микробной клетки нарушении проницаемости клеточных мембран. При фотохимическом воздействии лучистой энергии изменяются и разрываются химические связи органической молекулы.

Обеззараживание сточных вод хлором и озоном относится к реагентным способам. Обеззараживание сточных вод хлором является наиболее простым технологическим решением. Однако в результате хлорирования возможно образование нескольких десятков высокотоксичных веществ, включая канцерогенные и мутагенные, с величинами ПДК на уровне сотых и тысячных мг/л. Появление таких веществ в сточных водах после хлорирования ужесточает условия сброса в водоем, влияет на здоровье населения при водопользовании. При отведении хлорированных сточных вод в водоем поступают значительные концентрации хлора. В результате может иметь место гибель водных биоценозов и практически полное прекращение процессов самоочищения, в том числе и от патогенной микрофлоры. Решить эту проблему можно путем адекватного дехлорирования обеззараженных хлором стоков перед их сбросом в водоемы. Необходимо учитывать также попадание в водоемы хлорустойчивых штаммов как индикаторных, так и патогенных микроорганизмов, что создает проблему при водоподготовке питьевой воды на водопроводных станциях.

Применение озона на крупных очистных станциях может быть целесообразным, так как образуется гораздо меньше новых вредных веществ, в основном альдегидов и кетонов, не обладающих высокой

токсичностью. Озон как сильный окислитель обеспечивает не только обеззараживание, но и при озонировании некоторых видов стоков происходит улучшение органолептических свойств воды.

При использовании УФО бактерицидный эффект, как правило, не сопровождается образованием токсичных продуктов трансформации химических соединений сточных вод. Отсутствие пролонгированного биоцидного действия также является существенным преимуществом метода УФО, так как сток при сбросе в водоем не оказывает влияния на водные биоценозы. При обеззараживании стоков УФО необходимо учитывать возможность репарации под действием солнечного света микроорганизмов, поврежденных в процессе облучения.

Согласно действующим санитарным правилам по охране поверхностных вод от загрязнения, индикаторными микробиологическими показателями эффективности обеззараживания являются:

- общие колиформные бактерии как микробиологические показатели, характеризующие уровень фекального загрязнения сточных вод и степень вероятности присутствия возбудителей бактериальных кишечных инфекций;
- колифаги как индикаторы вирусного загрязнения хозяйственно-бытовых сточных вод.

В качестве индикаторных микроорганизмов в ряде стран рекомендуется использовать термотолерантные (фекальные) колиформные бактерии, *E.coli*, фекальные стрептококки.

При отведении очищенных сточных вод в водные объекты допустимый остаточный уровень содержания общих колиформных бактерий составляет не более 100 КОЕ/100 мл, колифагов – не более 100 БОЕ/100 мл, фекальных стрептококков – не более 10 КОЕ/100 мл, термотолерантных колиформных бактерий не более 100 КОЕ/100 мл при остаточном содержании хлора не менее 1,5 мг/л, озона – не менее 0,5 мг/л.

Обеззараживание хлором. При обеззараживании хлором расчетную дозу активного хлора следует принимать, г/м³:

- после механической очистки – 10;
- после механохимической очистки при эффективности отстаивания свыше 70 % и неполной биологической очистки – 5;
- после полной биологической, физико-химической и глубокой очистки – 3.

Время контакта хлора или гипохлорита со сточной водой в резервуаре или в отводящих лотках и трубопроводах должно быть не менее 30 мин.

Контактные резервуары необходимо проектировать как первичные отстойники без скребков; число резервуаров – не менее двух. Допускается предусматривать барботаж воды сжатым воздухом при интенсивности 0,5 м³/(м²ч).

Количество осадка, выпадающего в контактных резервуарах, следует принимать 0,03 л на 1 м³ сточной воды при влажности 98 %:

- после механической очистки – 1,5;
- после биологической очистки в аэротенках и на биофильтрах – 0,5.

Обеззараживание озоном. Озон обладает более высоким бактерицидным действием, чем хлор. Озон оказывает универсальное действие, проявляющееся в том, что одновременно с обеззараживанием воды происходит улучшение физико-химических и органолептических показателей воды. Озонаторные установки состоят из следующих основных элементов: озонаторов для синтеза озона, оборудования для подготовки и транспортирования воздуха, устройств электропитания, камер контакта озона с обрабатываемой водой, оборудования для утилизации остаточного озона в обрабатываемой газовой смеси.

Обеззараживание озоном целесообразно предусматривать после доочистки воды на микрофильтрах или на фильтрах. Дозу озона в этом случае следует принимать равной 6–10 мг/л при продолжительности контакта 8–10 мин. После полной биологической очистки требуемая доза озона равна 15–30 мг/л, а продолжительность контакта 0,3–0,5 ч.

Ультрафиолетовое облучение. Применяется для обеззараживания воды без применения химикатов. Бактерицидное действие УФ-лучей заключается в разрушении молекул ДНК бактерий, вирусов, водорослей и других микроорганизмов. Для обеззараживания применяются высокоинтенсивные ртутные лампы низкого и высокого давления. Эффективность обеззараживания 99 %. В системах очистки сточных вод используются в основном безнапорные установки, в которых облучению ультрафиолетовыми лучами подвергается поток воды, протекающий по лотку. В этом лотке установлены кассеты водопогружных УФ-ламп. Очистка защитных кварцевых чехлов на лампах производится не чаще двух раз в месяц, замена ламп – 1 раз в год. Сточные воды перед подачей на УФ-облучение должны быть очищены до нормативов.

Радиационное обеззараживание. Радиационный метод целесообразно применять при обеззараживании сточных вод инфекционных больниц. Обеззараживание проводят в гамма-установках типа РХУНД, которые работают по следующей схеме: сточная вода поступает в полость сетчатого цилиндра приемно-разделительного аппарата, где твердые включения (бинты, вата, бумага и т. п.) увлекаются вверх шнеком, отжимаются в диффузоре и направляются в бункер-сборник. Затем сточные воды разбавляются условно-чистой водой до определенной концентрации и подаются в аппарат гамма-установки, в котором под воздействием гамма-излучения изотопа Co^{60} происходит процесс обеззараживания. Обработанная вода сбрасывается в городской канализационный коллектор.

2. ОХРАНА ВОДОЁМОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

2.1. Пути загрязнения водоёмов

Загрязнение водоемов происходит как естественным, так и искусственным путем. Загрязнения поступают с дождевыми водами, смываются с берегов, а также образуются в процессе развития и отмирания животных и растительных организмов, находящихся в водоеме. Искусственное загрязнение водоемов является, главным образом, результатом спуска в них сточных вод от промышленных предприятий и населенных пунктов. Поступающие в водоем загрязнения в зависимости от их объема и состава могут оказывать на него различное влияние:

- 1) изменяются физические свойства воды (изменяется прозрачность и окраска, появляются запахи и привкусы);
- 2) появляются плавающие вещества на поверхности водоема и образуются отложения (осадок на дне);
- 3) изменяется химический состав воды (изменяется реакция, содержание органических и неорганических веществ, появляются вредные вещества и т. п.);
- 4) уменьшается в воде содержание растворенного кислорода вследствие его потребления на окисление поступивших органических веществ;
- 5) изменяются число и виды бактерий (появляются болезнетворные), вносимых в водоем вместе со сточными водами.

Загрязненные водоемы становятся непригодными для питьевого, а иногда и для технического водоснабжения; в них погибает рыба. В практике санитарной охраны водоемов пользуются гигиеническими нормативами — предельно допустимыми концентрациями (ПДК) веществ, влияющих на качество воды. За ПДК принимают ту максимальную концентрацию вещества, при которой не нарушаются (не ухудшаются) процессы минерализации органических веществ, органолептические свойства воды и промысловых организмов (рыб, раков, моллюсков) и не допускаются токсичные свойства веществ, которые могут вызвать нарушения в жизнедеятельности (выживаемость, рост, размножение, плодовитость, качество потомства) основных групп водных организмов (растений, беспозвоночных животных, рыб), играющих важнейшую роль в формировании качества воды, создании и трансформации органического вещества. Следовательно, ПДК должна обеспечивать нормальный ход биологических процессов, формирующих качество воды, и не ухудшать товарные качества промысловых организмов. При одновременном присутствии нескольких вредных веществ ПДК каждого должна быть соответственно уменьшена в связи с их аддитивным действием.

Более строго считается, что единственно правильным критерием чистоты вод является полная сохранность биоценоза водоема.

Наиболее эффективным путем охраны водоемов от загрязнения сточными водами является очистка сточных вод. В связи с этим необходимо широко применять наиболее эффективные методы очистки:

- 1) метод многоступенчатой аэрации с активным илом;

- 2) метод аэрации с активным илом с последующим фильтрованием через песчаные фильтры;
- 3) метод аэрации с активным илом с последующим фильтрованием через микрофильтры;
- 4) метод аэрации с активным илом и фильтрованием через активированный уголь;
- 5) метод аэрации с активным илом с последующим ионообменом;
- 6) удаление фосфатов осаждением с помощью извести после аэрации с активным илом, с последующим фильтрованием через песчаные фильтры;
- 7) химическое осаждение взвешенных веществ после аэрации с активным илом для задержания фосфора;
- 8) доочистку в прудах;
- 9) культивирование водорослей для удаления фосфора и нитратов, а также для снижения БПК;
- 10) адсорбцию активированным углем для изъятия органических веществ;
- 11) метод обессоливания;
- 12) сепарацию пены для удаления детергентов.

Для рационального использования водных ресурсов и усиления охраны природных вод от загрязнения следует разрабатывать технические решения для повторного использования очищенных сточных вод в системах производственного водоснабжения.

В пределах крупных городов необходимо учитывать загрязнения рек не только бытовыми и производственными сточными водами, но и дождевыми, стекающими с территории города по водостокам. Считается, что минимальный расход воды в реке для разбавления дождевых вод должен составлять не менее 0,016 л/с на одного жителя города, в ином случае кислородный режим и физические свойства речной воды будут неудовлетворительными.

2.2. Мониторинг загрязнений водоёмов

Под мониторингом водных ресурсов понимается система непрерывного (текущего) и комплексного отслеживания состояния водных ресурсов, контроля и учета количественных и качественных характеристик во времени, взаимообусловленного воздействия и изменения потребительских свойств, а также система прогноза сохранения и развития в разных режимах использования. Государственный мониторинг водных объектов (Росгидромет ведет наблюдения на 4 тыс. пунктах – на реках, озерах и водохранилищах) включает поверхностные воды суши, морей, водохозяйственные системы и сооружения (в том числе водохранилища).

Объектом мониторинга окружающей природной среды является оценка ее качества и уровня загрязнения как необходимого условия для принятия научно обоснованных решений об эффективности природоохранных мер.

Основными целями мониторинга являются:

1. своевременное выявление и прогнозирование развития негативных

процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние, разработка и реализация мер по предотвращению негативных последствий этих процессов;

2. оценка эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов;

3. информационное обеспечение управления в области использования и охраны водных объектов, в том числе в целях государственного контроля и надзора за использованием и охраной водных объектов.

Мониторинг водных ресурсов состоит из:

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

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

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

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

Ведение государственного мониторинга водных объектов осуществляется на локальном, территориальном, региональном (бассейновом) и федеральном уровнях.

На локальном уровне мониторинг водных объектов осуществляют водопользователи, которые ведут систематические наблюдения за водными объектами в порядке, определяемом территориальными органами Министерства природных ресурсов Российской Федерации, и представляют данные наблюдений в указанные органы в соответствии с водным законодательством Российской Федерации.

На территориальном уровне мониторинг водных объектов осуществляют территориальные органы Министерства природных ресурсов Российской Федерации и Федеральной служб России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды во взаимодействии с территориальными органами федеральных органов исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Ведение территориальных банков данных и передачу данных мониторинга на региональный (бассейновый) уровень.

На региональном (бассейновом) уровне мониторинг водных объектов осуществляют бассейновые водохозяйственные управления, региональные геологические центры и другие уполномоченные на то территориальные органы Министерства природных ресурсов Российской Федерации и территориальные управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

На региональном (бассейновом) уровне проводится обобщение, накопление, хранение, распространение информации, ведение региональных

(бассейновых) банков данных по соответствующему региону (бассейну) и передача данных на федеральный уровень.

На федеральном уровне ведение мониторинга водных объектов обеспечивается Министерством природных ресурсов Российской Федерации и Федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. На федеральном уровне осуществляется обобщение данных мониторинга регионального (бассейнового) уровня, ведение банков данных, подготовка данных мониторинга водных объектов для государственных докладов и официальных публикаций, информационный обмен на межведомственном и международном уровнях в установленном порядке

На территории России практически все водоемы подвержены антропогенному влиянию. Качество воды в большинстве из них не отвечает нормативным требованиям. Многолетние наблюдения за динамикой качества поверхностных вод выявили тенденцию к росту их загрязненности. Ежегодно увеличивается число створов с высоким уровнем загрязнения воды (более 10 ПДК) и количество случаев экстремально высокого загрязнения водных объектов (свыше 100 ПДК).

2.3 Водные ресурсы Волгоградской области

Волгоградская область – субъект Федерации на юге Европейской части России. Область расположена на юго-востоке Восточно-Европейской равнины, делится Волгой на две части: западную – правобережную и восточную – Заволжье. Правобережье более возвышенно, сильно расчленено оврагами и балками. Здесь находится южная часть Приволжской возвышенности. Заволжье представляет собой низменную равнину. Большая часть территории области находится в зоне сухих степей и полупустынь.

Волгоградская область входит в состав Южного федерального округа. Административный центр – г. Волгоград.

Территория области составляет 112 877 км², население (на 1 января 2017 г.) – 2 535 202 человек. Волгоградская область – самый крупный регион Южного федерального округа.

Поверхностные водные ресурсы

Водные объекты Волгоградской области относятся к водосборам Азовского и Каспийского морей, бассейнам двух крупных рек Европы – Волги и Дона, а также Прикаспийской и Сарпинской бессточным областям.

Речная сеть Волгоградской области представлена 200 реками длиной более 10 км суммарной длиной 8193 км и множеством более мелких водотоков. Общая протяжённость речной сети области около 37 тыс. км (густота речной сети 0,33 км/км²). Большая часть области дренируется Доном и его притоками, Волжский бассейн занимает узкую полосу вдоль долины Волги. В Прикаспийской бессточной области рек мало, они впадают в озеро Эльтон; реки Сарпинского бессточного бассейна стекают с восточного склона возвышенности Ергени и впадают в озёра Сарпа и Цаца. Для рек области

характерно смешанное питание с преобладанием снегового (70–80%). Реки Волгоградской области относятся к восточно-европейскому типу водного режима. Для них характерно весеннее половодье с высоким подъёмом уровней воды и затоплением пойм, летнее-осенняя межень, в период которой некоторые малые реки пересыхают, превращаясь в цепочку разобщённых плёсов, в период сильных дождей на малых реках проходят кратковременные паводки. Волгоградские реки замерзают в конце ноября – начале декабря, вскрываются в начале апреля. Крупнейшими реками Волгоградской области являются Волга и Дон, соединённые Волго-Донским каналом. Остальные крупные реки региона относятся к донскому бассейну – Хопёр, Медведица, Иловля, Бузулук и другие. На юге Волгоградской области начинается Волго-Ахтубинская пойма, расположенная между Волгой и ответвляющимся от неё у г. Волгограда рукавом Ахтубой. Среди регионов федерального округа Волгоградская область занимает первое место по протяжённости и третье место (после Адыгеи и Краснодарского края) по густоте речной сети.

Среднемноголетний речной сток – 237,7 км³/год. В 2015 г. речной сток в области составил 209,5 км³/год, что на 18,99% ниже среднемноголетнего показателя. По среднемноголетнему речному стоку и речному стоку в 2015 году Волгоградская область занимает первое место среди регионов федерального округа. Ниже представлена динамика речного стока в Волгоградской области с 2010 по 2015 годы.



Рисунок 2.1 – Речной сток Волгоградской области

По данным Института озераведения Российской Академии Наук на территории Волгоградской области расположено более 6,1 тыс. озёр и искусственных водоёмов общей площадью около 4,2 тыс. км² (озёрность 3,72%), в том числе около 1,84 тыс. озёр площадью более 0,01 км² и ряд озёр меньшего размера. Озёра области представлены старицами, ильменями и лиманами, встречаются также реликтовые и тектонические озёра. Старицы и ильмени распространены, прежде всего, в Волго-Ахтубинской пойме; лиманы

встречаются в Прикаспийской низменности, представляя собой обводняемые за счёт талых вод или разливов рек замкнутые бессточные впадины; реликтовые озёра представлены цепью Сарпинских озёр, являющихся следами древнего русла Волги. Крупнейшими озёрами Волгоградской области являются озёра Эльтон, Боткуль, Булухта и другие солёные озёра Заволжья, крупнейшим пресноводным озером – реликтовое озеро Сарпа, расположенное в начале цепочки Сарпинских озёр. Площадь искусственных водоёмов значительно больше площади естественных – в Волгоградской области расположено два из крупнейших водохранилищ России, Волгоградское на р. Волге и Цимлянское на р. Дон, а также множество небольших водохранилищ и прудов. Среди регионов федерального округа Волгоградская область занимает первое место по площади озёр и искусственных водоёмов и второе место – по озёрности после Республики Адыгеи.

Болота и заболоченные земли занимают всего 0,31% территории Волгоградской области – 352 км². Среди регионов федерального округа Волгоградская область занимает последнее место по заболоченности территории.

Площадь и число озёр и искусственных водоёмов, болот и заболоченных земель непостоянны, они зависят от природных (водный режим, климатические явления, заболачивание и др.) и антропогенных (осушение или обводнение территорий, регулирование стока и др.) факторов.

Подземные водные ресурсы

Прогнозные ресурсы подземных вод Волгоградской области составляют 3672 тыс. м³/сут. (21,67% общего объёма прогнозных ресурсов подземных вод Южного федерального округа и 0,42% – России). Среди регионов федерального округа область занимает первое место по объёму прогнозных ресурсов подземных вод после Краснодарского края и Ростовской области.

Запасы подземных вод области на 1 января 2015 года составляют 1006,6 тыс. м³/сут., что соответствует степени изученности 27,41%.

По данным на 1 января 2015 г. за год из подземных водных объектов Волгоградской области добыто и извлечено 184,9 тыс. м³/сут., в том числе на месторождениях – 49,9 тыс. м³/сут. Степень освоения запасов подземных вод составляет 4,96%.

Обеспеченность населения водными ресурсами (по данным на 2015 г.)

Обеспеченность населения Волгоградской области ресурсами речного стока – 82,288 тыс. м³/год на человека, что выше как среднероссийского показателя (31,717 тыс. м³/год на человека), так и показателя Южного федерального округа (17,039 тыс. м³/год на человека). По данному показателю Волгоградская область занимает второе место среди регионов федерального округа после Астраханской области.

Обеспеченность прогнозными ресурсам подземных вод – 1,442 м³/сут на человека, что ниже среднероссийского показателя (5,94 м³/сут. на человека), но выше показателя федерального округа (1,207 м³/сут. на человека). По данному показателю Волгоградская область занимает второе место среди регионов

федерального округа после Республики Адыгеи.

Ниже представлена динамика обеспеченности населения Волгоградской области ресурсами речного стока в 2010–2015 годах.



Рисунок 2.2 – Обеспеченность населения Волгоградской области ресурсами речного стока

Водопользование (по данным на 2015 г.)

Забор водных ресурсов из всех видов природных источников в Волгоградской области – 1096,16 млн. м³. Большая часть воды забрана из поверхностных водных источников – 1052,14 млн. м³ или 95,98%, что составляет 0,5% годового речного стока. Ниже представлена динамика забора пресной воды в Волгоградской области в 2010–2015 годах.



Рисунок 2.3 – Забор пресной воды в Волгоградской области

Общие потери воды при транспортировке в Волгоградской области – 127,35 млн. м³ или 11,62% забранной воды, что ниже показателя федерального округа (17,05%) и сравнимо с среднероссийским показателем (11,02%). Волгоградская область занимает третье место среди регионов федерального округа по объёму потерь воды при транспортировке после Краснодарского края и Ростовской области. Ниже представлена динамика потерь воды при транспортировке в регионе в 2010–2015 годах.

Потери воды при транспортировке в Волгоградской области

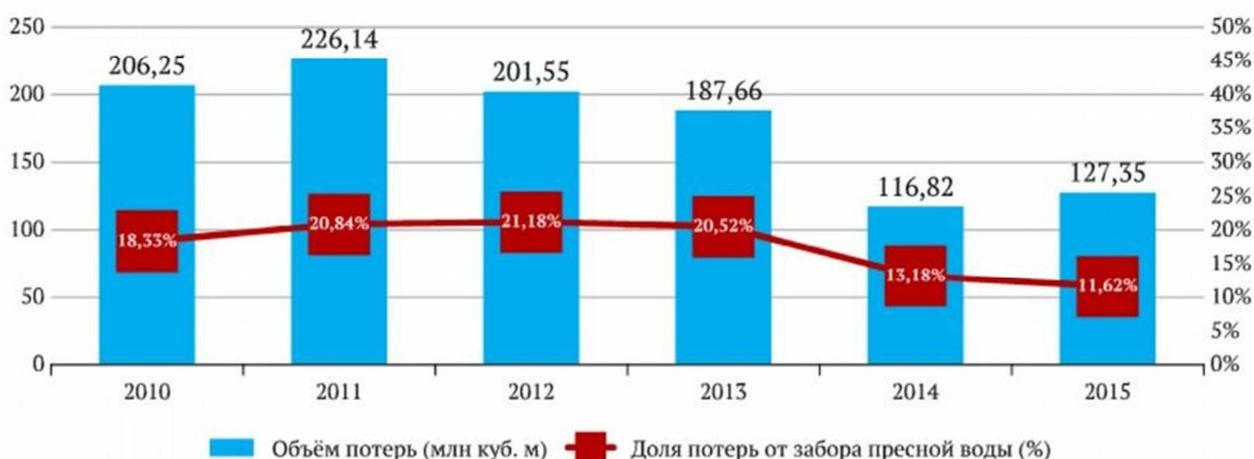


Рисунок 2.4 – Потери воды при транспортировке

Прямоточное водопотребление – 593,72 млн. м³. Значительная часть воды использована для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд, а также для орошения (35,16% и 24,72% соответственно), на долю производственного и сельскохозяйственного водоснабжения приходится 16,91% и 0,17% соответственно. Ниже представлена динамика водопотребления в регионе в 2010–2015 годах.

Использование пресной воды в Волгоградской области

млн куб. м

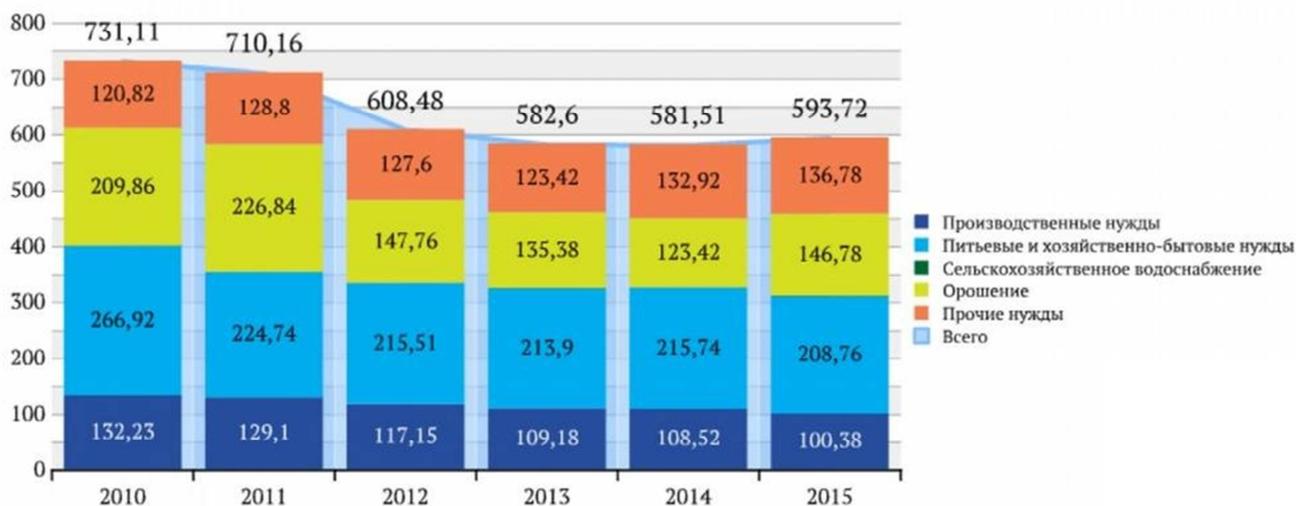


Рисунок 2.5 – Использование пресной воды в Волгоградской области

Бытовое водопотребление на душу населения в Волгоградской области – 81,997 м³/год на человека, что выше как среднероссийского показателя, так и показателя федерального округа (56,205 и 51,468 м³/год на человека соответственно). По данному показателю Волгоградская область занимает первое место среди регионов федерального округа и третье место в России в целом после Чукотского АО и Самарской области. Ниже представлена динамика бытового водопотребления на душу населения в регионе в 2010–2015 годах.

Бытовое водопотребление на душу населения в Волгоградской области (куб. м / год на человека)

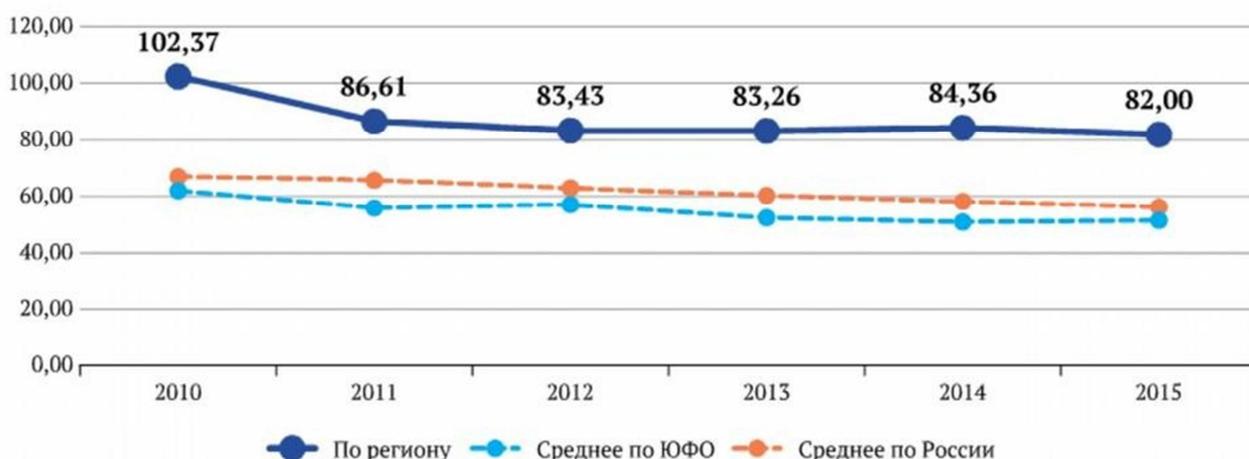


Рисунок 2.6 – Бытовое водопотребление на душу населения

Объём оборотного и повторно-последовательного водопотребления в Волгоградской области – 1376,66 млн. м³ или 69,87% от общего

водопотребления региона. Ниже представлена динамика прямоточного и оборотного и повторно-последовательного водопотребления в области в 2010–2015 годах.

Водопотребление в Волгоградской области
млн куб. м

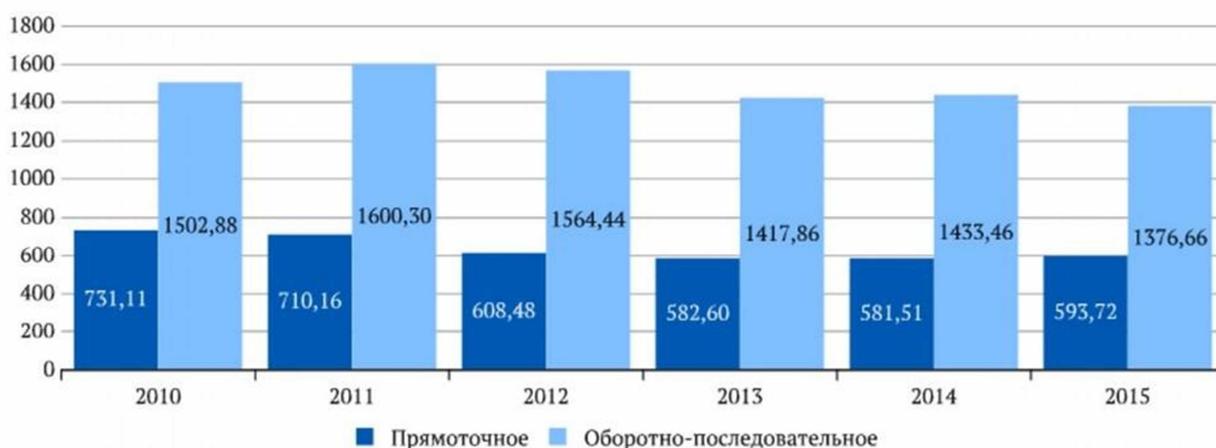


Рисунок 2.7 – Водопотребление в Волгоградской области

Сброс сточных вод в водные объекты области – 127,59 млн. м³, из них только 18,32% – условно-чистые и нормативно-очищенные сточные воды и 81,68% – загрязнённые и недостаточно-очищенные. В области формируется 8,15% всего объёма загрязнённых и недостаточно-очищенных сточных вод Южного федерального округа и 0,72% – России. Волгоградская область занимает третье место среди регионов федерального округа по объёму загрязнённых и недостаточно-очищенных сточных вод после Краснодарского края, и Ростовской области и первое место по доле загрязнённых и недостаточно-очищенных сточных вод в общем объёме водоотведения. Ниже представлена динамика водоотведения в регионе в 2010–2015 годах.

Водоотведение в Волгоградской области

млн куб. м

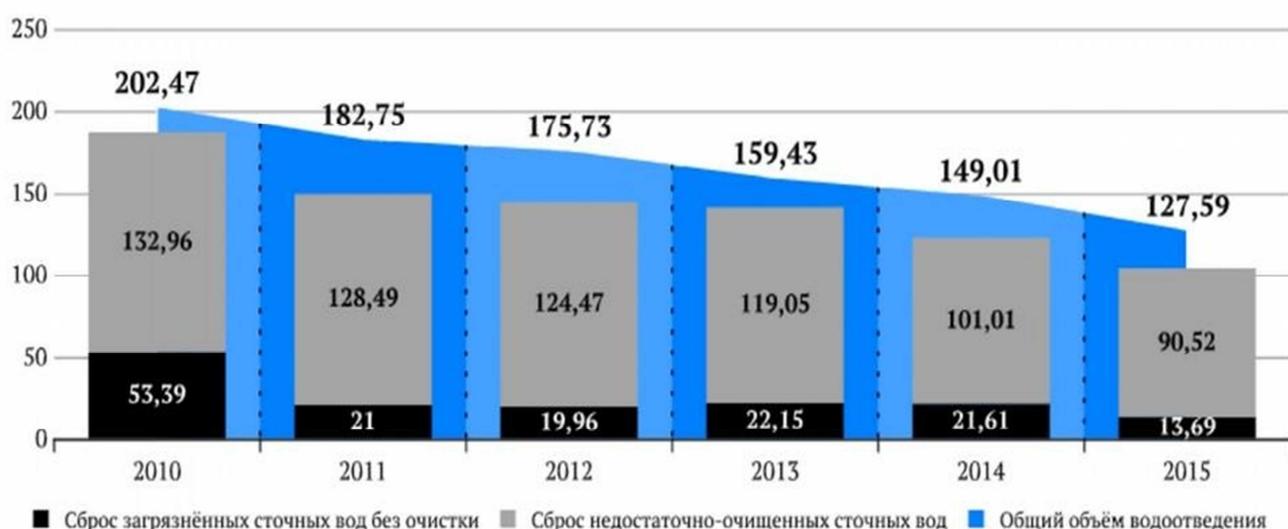


Рисунок 2.8 – Водоотведение в Волгоградской области

Качество воды (по данным за 2014 год)

В 2014 году в централизованных системах водоснабжения Волгоградской области было зафиксировано несоответствие нормативам по санитарно-химическим показателям в 4,5% взятых проб, по микробиологическим показателям – в 3,9% проб. В нецентрализованных системах водоснабжения не соответствовало нормативом качество в 16,4% проб по санитарно-химическим показателям и в 33,3% проб по микробиологическим показателям. Ниже представлена динамика соответствующих показателей в регионе в 2010–2014 годах.

Качество воды в Волгоградской области Централизованные системы водоснабжения



Рисунок 2.9 – Качество воды в Волгоградской области в централизованных системах водоснабжения

Качество воды в Волгоградской области Нецентрализованные системы водоснабжения



Рисунок 2.10 – Качество воды в Волгоградской области в нецентрализованных системах водоснабжения

Управление водными ресурсами

Волгоградская область находится в зоне ответственности Нижне-Волжского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов России.

Функции по оказанию государственных услуг и управлению федеральным имуществом в сфере водных ресурсов на территории области

осуществляет Отдел водных ресурсов Нижне-Волжского БВУ по Волгоградской области.

Полномочия в области водных отношений, переданных субъектам Российской Федерации, функции по оказанию государственных услуг и управлению региональным имуществом в сфере водных ресурсов на территории области осуществляет Комитет природных ресурсов и экологии Волгоградской области.

На территории региона реализуется Государственная программа «Использование и охрана водных объектов, предотвращение негативного воздействия вод на территории Волгоградской области» на 2014–2020 годы, направленная на ликвидацию дефицитов водных ресурсов в Волго-Ахтубинской пойме, защиту населения и объектов экономики от негативного воздействия вод, повышение эксплуатационной надёжности гидротехнических сооружений, восстановление и экологическую реабилитацию водных объектов.

Список литературы

1. Котельников С.А. Водоснабжение и канализация в доме в вопросах и ответах / С.А. Котельников – М. – Оникс, 2012 – 192 с.
2. Добромыслов А. Водоснабжение, канализация. Противопожарная безопасность. Практические рекомендации по проектированию и строительству трубопроводных систем, в том числе с применением пластмассовых труб / А. Добромыслов, Е. Кирюханцев – М. – АВОК-ПРЕСС, 2008 – 36 с.
3. Назарова В. Современный монтаж сантехники и канализации в доме и на участке / В. Назарова – М. – Рипол Классик, 2011 – 150 с.
4. Самохин В.Н. Канализация населённых мест и промышленных предприятий / В.Н. Самохин – М. – Книга по требованию, 2012 – 638 с.
5. Лихачёв Н.И. Канализация населённых пунктов и промышленных предприятий / Н.И. Лихачёв – М. – Книга по требованию, 2012 – 636 с.
6. Яковлев С.В. Канализация: Учебное пособие / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, А.И. Жуков, С.К. Колобанов – М. – Книга по требованию, 2012 – 632 с.
7. Перешивкин А.К. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации / А.К. Перешивкин, А.А. Александров – М. – Книга по требованию, 2012 – 652 с.
8. Дмитриев В.Д. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения / В.Д. Дмитриев – М. – Книга по требованию, 2012 – 386 с.
9. Добромыслов А.Я. Расчёт и конструирование систем канализации зданий / А.Я. Добромыслов – М. – Книга по требованию, 2012 – 119 с.
10. Отставнов А.А. Водоснабжение и водоотведение общественных зданий / А.А. Отставнов – М. – АВОК-ПРЕСС, 2011 – 404 с.
11. Алексеев Е.В. Основы моделирования систем водоснабжения и водоотведения: учебное пособие / Е.В. Алексеев, В.Б. Викулина, П.Д. Викулин – М. – МГСУ, 2015 – 128 с.
12. Бакастова Г. Технический справочник по обработке воды. В 2 томах. / Г. Бакастова, М. Волгина, Л. Решетникова, К. Успенская – М. – Новый журнал, 2007 – 1710 с.

Электронное учебное издание

Ирина Владимировна **Башкирцева**

ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ НАСЕЛЁННЫХ МЕСТ
Часть 2

Учебное пособие

Электронное издание сетевого распространения

Редактор Матвеева Н.И.

Темплан 2018 г. Поз. № 50.

Подписано к использованию 02.07.2018. Формат 60x84 1/16.

Гарнитура Times. Усл. печ. л. 4,81.

Волгоградский государственный технический университет.
400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корп. 1.

ВПИ (филиал) ВолгГТУ.
404121, г. Волжский, ул. Энгельса, 42а.