

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ (ЛЕКЦИОННЫЙ) МАТЕРИАЛ

по дисциплине "Основы водоотведения промышленных предприятий"

Содержание раздела

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия
1	Водоотводящие системы промышленных предприятий	Тема 1.1. Нормативное обеспечение проектирования систем водоотведения промышленных предприятий Виды сточных вод промышленных предприятий Тема 1.2. Системы и схемы водоотведения Водоотводящие сети промышленных предприятий Особенности конструирования. Особенности гидравлического расчета.
2	Системы очистки сточных вод промышленных предприятий	Тема 2.1. Системы очистки сточных вод предприятий. 2.1.1. Общ. положения 2.1.2. Механическая очистка сточных вод. 2.1.3. Химическая и 2.1.4. физико-химическая очистка сточных вод 2.1.5 Особенности биологической очистки производственных сточных вод Тема 2.2. Направления развития водного хозяйства предприятий отраслей промышленности 2.2.1. Комплексный подход к решению задач очистки сточных вод и охраны водных объектов на примерах отраслей промышленности 2.2.2. Оценка коррупционных рисков в производственной деятельности при проектировании систем водоотведения промышленных предприятий.

РАЗДЕЛ 1. ВОДООТВОДЯЩИЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Введение

Одним из важнейших природных феноменов, без которого невозможна биологическая жизнь на суше, является пресная вода. В то же время именно пресная вода используется в большинстве технологических процессов строительства, промышленного и аграрного производства, превращаясь в потоки сточных вод, наносящих ущерб окружающей среде. Это обстоятельство

обуславливает высокую ответственность общества за использование и сохранность водных ресурсов.

Законом Российской Федерации "Об охране окружающей среды" определено, что основой устойчивого развития, жизни и деятельности народов Российской Федерации является право каждого на благоприятную окружающую среду и обязанность бережного отношения к природным богатствам.

Данные экологических мониторингов, проводимых в России и за рубежом, свидетельствуют о том, что в районах с развитой производственной и социально-бытовой деятельностью природные воды продолжают загрязняться веществами техногенного происхождения, причем это относится как к поверхностным, так и к подземным водам. Проблема обостряется увеличением доли стойких органических веществ, источниками которых являются производственные сточные воды.

Дезактуализация этой проблемы находится в области практического решения двуединой задачи - уменьшение сброса загрязняющих веществ со сточными водами и уменьшение их массы при формировании сточных вод.

Первая часть задачи относится к совершенствованию процессов глубокой локальной очистки производственных сточных вод. Вторая – к технологиям восстановления и многократного использования в производстве технологических водных растворов. Решение этих задач зависит от структуры водного хозяйства промышленного предприятия, возможности организации рационального водообеспечения технологических процессов, совершенства систем очистки сточных вод, условий присоединения к коммунальным системам водоотведения или сброса в водный объект, наличия достаточной территории и много другого.

Сточные воды промышленных предприятий чрезвычайно различаются по количеству, составу и свойствам. Это обуславливает необходимость применения специальных технологических процессов, методов и сооружений

для их предварительной, локальной или полной очистки, практически, в каждом конкретном случае. Кроме этого, в условиях конкурентной экономики возможно частичное или полное перепрофилирование действующего предприятия и, соответственно, существенные изменения в системе водного хозяйства и показателях сточных вод. Как результат - снижение эффективности существующих локальных очистных сооружений предприятий. С другой стороны, предприятие является абонентом в системе использования водных ресурсов и регулирования водопользования.

Тема 1.1. Нормативное обеспечение проектирования систем водоотведения промышленных предприятий

Проектирование систем водоотведения промышленных предприятий осуществляется в соответствии с нормативными документами, определяющими порядок водопотребления, использования и отведения сточных вод. Современной основой нормативной базы проектирования систем водоотведения вообще и промышленных предприятий, в частности являются:

Федеральный закон "Об охране окружающей среды", от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 31.12.2017) и Федеральный закон "О водоснабжении и водоотведении", от 07.12.2011 № 416-ФЗ.

Порядок проектирования и эксплуатации систем водоотведения промышленного объекта определяется его местом в региональной системе водопользования и водоотведения и регулируется следующими правоустанавливающими актами:

Постановление Правительства Российской Федерации "Об утверждении Правил пользования системами коммунального водоснабжения и канализации в Российской Федерации", от 12.02.1999 № 167 (с изменениями на 14 октября 2015 года);

Постановление Правительства Российской Федерации от 29.07.2013 № 644 "Об утверждении правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации"(в редакции на 29 июня 2017 года);

Постановление Правительства Российской Федерации от 3 ноября 2016 года № 1134. —«О вопросах осуществления холодного водоснабжения и водоотведения» (введено в действие с 1 января 2017 года);

Постановление Правительства Российской Федерации от 13.02.2006 № 83 (с изменениями на 19 июня 2017 года) "Об утверждении Правил определения и предоставления технических условий подключения объекта капитального строительства к сетям инженерно-технического обеспечения и Правил подключения объекта капитального строительства к сетям инженерно-технического обеспечения".

При разработке проекта системы водного хозяйства предприятий необходимо соблюдать принципы рационального использования воды, минимизации сброса сточных вод, минимизации экологического ущерба от сброса сточных вод.

1.1.1. Направления и регламентирование уменьшения вредного воздействия сточных вод предприятий на водные объекты

В современных условиях промышленное предприятие является частью общего экологического пространства населенных мест и территорий. Приоритетным направлением формирования системы водного хозяйства промышленного предприятия является уменьшение его влияния на окружающую среду. Поэтому синтез систем водного хозяйства предприятий должен осуществляться на основе оптимизационного процесса решения комплекса целевых задач.

Проблема негативного влияния предприятий на окружающую водную среду включает ряд аспектов (группу факторов). Все промышленные

предприятия в большей или меньшей мере являются потребителями воды. Причем, имеются производства, для которых требования к качеству воды существенно превосходят требования для питьевого водоснабжения. Кроме этого, потребности в воде некоторых предприятий сопоставимы с водопотреблением населенных мест, в которых они расположены, и речным стоком водоёма, который является источником водоснабжения и основным приемником сточных вод.

Исследования состава сточных вод, поступающих на коммунальные очистные сооружения, а также отводимых по системам водостоков, показывают тенденцию постоянного увеличения в них доли загрязняющих веществ техногенного происхождения. Большое разнообразие современных химических материалов используемых в производстве и выпускаемых промышленностью обладают высокой стойкостью к действию природных факторов дезинтеграции, таких, как синтетические поверхностно-активные вещества (ПАВ), галоген- и металлоорганические соединения, продукты органического синтеза и многие другие.

Современные технологии защиты окружающей среды в области предотвращения загрязнения водных объектов сточными водами городов и населенных мест базируются на процессах биохимической деструкции органических компонентов. Сооружения полной биологической очистки, выполняя важную барьерную роль в предотвращении загрязнения водоёмов, во многих случаях не могут обеспечить необходимую степень задержания загрязняющих веществ, по своим свойствам, относящимся к токсическим или биологически стойким веществам.

Усугубляется эта проблема, когда сточные воды предприятия непосредственно сбрасываются в водоём.

Комплексное решение проблемы уменьшения вредного воздействия промышленных предприятий на окружающую водную среду может быть достигнуто уменьшением количества воды, забираемой из источника,

уменьшением количества сточных вод, уменьшением масс загрязняющих веществ в очищенной воде и отводимых от очистных сооружений концентратов.

Минимизация потребления воды из природных источников и сброса сточных вод. Это достигается условным уменьшением количества потребляемой воды на единицу выпускаемой продукции за счет рационального водопотребления. Например, в результате применения противоточных промывочных операций, повторного использования воды в процессах с меньшими ограничениями ее качества, а также применения локальной очистки воды для оборотных водных систем. Необходимо отметить, что только уменьшение технологического водопотребления без изменения технологии обращения с химическими препаратами приводит к увеличению концентрации загрязняющих веществ в сточных водах. Уменьшение потребления воды возможно также в результате использования очищенных сточных вод в производстве, при условии соответствия их показателей технологическим требованиям.

Минимизация сброса загрязняющих веществ со сточными водами. Одним из путей решения проблемы по этому направлению является повышения эффективности очистки производственных сточных вод непосредственно на территории предприятия. Однако, это приводит к трансформации проблемы – увеличение эффективности очистки воды создает проблему увеличения количества концентратов извлеченных загрязняющих веществ. Другой путь состоит в уменьшении массы потребляемых технологических реагентов и материалов в производстве и, соответственно, уменьшении их отхода со сточными водами. Это достигается применением процессов селективной очистки технологических растворов и возвратом их в производство. Кроме уменьшения массы загрязняющих веществ поступающих в сточные воды, процессы селективной очистки растворов уменьшают и количество концентратов очистных сооружений.

Выпуск сточных вод, неиспользуемых в системах предприятия, может быть осуществлен только в централизованные системы водоотведения населенных мест или в водный объект.

Выпуск сточных вод в централизованные системы водоотведения населенных мест. Условия приема сточных вод предприятий в централизованные системы водоотведения регламентируются Федеральным законодательством и региональными правилами. Отведение промышленных сточных в системы канализации населенных мест осуществляется на основании договора водоотведения между предприятием и организацией водопроводно-канализационного хозяйства в соответствии с типовыми договорами, утверждаемыми Правительством Российской Федерации. Поступление производственных сточных вод в систему водоотведения населенных мест не должно нарушать работу сетей, не вызывать разрушение конструкций, не усложнять техническую эксплуатацию системы, не ухудшать санитарно-химические условия отведения воды и не нарушать технологический режим работы очистных сооружений. На основании этого, в целях предотвращения негативного воздействия на работу централизованных систем водоотведения, установлены общие требования по максимальным допустимым значениям нормативных показателей общих свойств и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, отводимых от предприятий (таблица 1.1). Промышленная структура населенного места, особенности системы водоотведения, состояние водных объектов могут обуславливать различие региональных требований по максимальным допустимым значениям нормативных показателей, что отражается в договоре по приему сточных вод с организацией, осуществляющей водоотведение для каждого конкретного предприятия.

Таблица 1.1

Максимальные допустимые значения нормативных показателей общих
свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах
для приема в системы водоотведения

№	Наименование вещества (показателя)	Единица измерения	Максимальное допустимое значение показателя и (или) концентрации (по валовому содержанию в натуральной пробе сточных вод)
1	2	3	4
I. Максимальные допустимые значения нормативных показателей общих свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, установленные в целях предотвращения негативного воздействия на работу централизованных общесплавных и бытовых систем водоотведения, а также централизованных комбинированных систем водоотведения (применительно к сбросу в общесплавные и бытовые системы водоотведения)			
1	Взвешенные вещества	мг/дм ³	300
2	БПК ₅	мг/дм ³	300 (500)
3	ХПК	мг/дм ³	500 (700)
4	Азот общий	мг/дм ³	50
5	Фосфор общий	мг/дм ³	12
6	Нефтепродукты	мг/дм ³	10
7	Хлор и хлорамины	мг/дм ³	5
8	Соотношение ХПК:БПК ₅	-	2,5
9	Фенолы (сумма)	мг/дм ³	5
10	Сульфиды (H ₂ S+S ²⁻)	мг/дм ³	1,5
11	Сульфаты	мг/дм ³	1000
12	Хлориды	мг/дм ³	1000
13	Алюминий	мг/дм ³	5
14	Железо	мг/дм ³	5
15	Марганец	мг/дм ³	1
16.	Медь	мг/дм ³	1

17.	Цинк	мг/дм ³	1
18.	Хром общий	мг/дм ³	0,5
19.	Хром шестивалентный	мг/дм ³	0,05 (0,1)
20.	Никель	мг/дм ³	0,25 (0,5)
21.	Кадмий	мг/дм ³	0,015 (0,1)
22.	Свинец	мг/дм ³	0,25
23.	Мышьяк	мг/дм ³	0,05 (0,1)
24.	Ртуть	мг/дм ³	0,005
25.	Водородный показатель (рН)	единиц	6 - 9
26.	Температура	°С	+40
27.	Жиры	мг/дм ³	50
28.	Летучие органические соединения (ЛОС) (в том числе толуол, бензол, ацетон, метанол, бутанол, пропанол, их изомеры и алкилпроизводные по сумме ЛОС)	мг/дм ³	20
29.	СПАВ неионогенные	мг/дм ³	10
30.	СПАВ анионные	мг/дм ³	10
31.	Полихлорированные бифенилы (сумма ПХБ)	мг/дм ³	0,001
II. Максимальные допустимые значения нормативных показателей общих свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, установленные в целях предотвращения негативного воздействия на работу централизованных ливневых систем водоотведения, а также централизованных комбинированных систем водоотведения (применительно к сбросу в ливневые системы водоотведения)			
32.	Взвешенные вещества	мг/л	300
33.	БПК ₅	мг/л	30
34.	Азот аммонийный	мг/л	2
35.	Нефтепродукты	мг/л	8
36.	Сульфиды	мг/л	1,5
37.	Сульфаты	мг/л	500

38.	Хлориды	мг/л	1000
39.	Водородный показатель (рН)	единиц	6-9
40.	Температура	°С	+40

Кроме нормируемых показателей, установлен перечень веществ, материалов, отходов и сточных вод, запрещенных к сбросу в централизованные системы водоотведения населенных мест (таблица 1.2).

Таблица 1.2

Перечень веществ, материалов, отходов и сточных вод, запрещенных к сбросу в централизованные системы водоотведения

Вещества, способные образовывать в централизованной системе водоотведения взрывоопасные, токсичные и (или) горючие газы, органические растворители, горючие и взрывоопасные вещества (нефть, бензин, керосин, ацетон и др.) в количествах, превышающих допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, допущенных к сбросу в централизованную систему водоотведения.
Синтетические и натуральные смолы, масла, лакокрасочные материалы, продукты и отходы нефтепереработки, органического синтеза, смазочно-охлаждающие жидкости, содержимое средств и систем огнетушения.
Растворы кислот с $\text{pH} < 4,5$ и щелочей с $\text{pH} > 12,0$.
Дурно пахнущие и другие летучие вещества в количестве, приводящем к загрязнению атмосферы рабочей зоны в канализационных насосных станциях, в других производственных помещениях системы коммунальной канализации, на территории очистных сооружений, сверх установленных для атмосферы рабочей зоны ПДК.
Радиоактивные вещества свыше предельно допустимого уровня безопасного содержания в окружающей среде, вещества, которые не могут быть задержаны в технологическом процессе очистки сточных вод очистными сооружениями системы централизованного водоотведения, обладающие повышенной токсичностью, способностью накапливаться в организме человека, обладающие отдаленными биологическими эффектами и (или) образующие опасные вещества при трансформации в воде и в организмах человека и животных, в том числе моно- и полициклические, хлорорганические фосфорорганические, азоторганические и сероорганические вещества, биологически жесткие поверхностно-активные вещества, ядохимикаты, сильнодействующие ядовитые вещества в концентрации, превышающей более чем в 4 раза ПДК, установленную для

этих веществ для водных объектов, медицинские отходы классов Б, В, Г, эпидемиологически опасные бактериальные и вирусные загрязнения.
Концентрированные маточные растворы и кубовые остатки, гальванические растворы (электролиты) как исходные, так и отработанные, осадки (шламы) локальных очистных сооружений, осадки отстойников, ловушек, фильтров, отходы очистки воздуха, осадки станций технической водоподготовки, в том числе котельных, теплоэлектростанций, ионообменные смолы, активированный уголь, концентрированные растворы регенерации систем водоподготовки, химические реактивы и реагенты.
Любые твердые отходы скотобоен и переработки мяса, каньга, цельная кровь, отходы обработки шкур и кож, отходы животноводства, звероводства и птицеводства, включая фекальные.
Строительные материалы, мусор, грунт, золу, шлак, окалину, известь, цемент и другие вяжущие вещества, стекло, пылевидные частицы обработки металлов, стекла, камня, растительные остатки и отходы (листва, трава, древесные отходы, плодоовощные отходы).
Волокнистые материалы (натуральные, искусственные или синтетические волокна, в том числе волос, шерсть), тара, упаковочные материалы и их элементы, металлическую стружку, опилки, окалину, синтетические материалы (полимерные пленки, гранулы, пылевидные частицы).
Биологическая масса пищевых производств, фармацевтических производств и других биотехнологических процессов, пищевая продукция как годная, так неликвидная, сырье для ее производства, сыворотка творожная и сырная, барда спиртовая и дрожжевая, глютен и замочная вода (на крахмалопаточных производствах), пивная хмелевая дробина.
Минеральные включения гидравлической крупностью оседания более 2 мм/с, вещества (включения) гидравлической крупностью всплывания более 20 мм, любые неизмельченные предметы и материалы крупнее 2 см, любые сточные воды с цветностью более 150 единиц по хром-кобальтовой шкале.
Сточные воды с температурой +80°C и выше.

Сброс сточных вод промышленных предприятий в городскую систему водоотведения должен производиться равномерно в течение суток. Залповые сбросы не допускаются.

Выпуск сточных вод предприятий в водные объекты. В соответствии с Водным кодексом РФ и другими нормативными и правовыми актами, к водным объектам относятся участки водотоков, моря или их отдельные части (проливы, заливы, в том числе бухты, лиманы), водоёмы (озера, пруды, обводненные карьеры, водохранилища) либо их части, а также болота. Отведение сточных вод в водный объект, является его загрязнением, независимо от содержания в них веществ относительно фоновых концентраций. Для предприятий, сбрасывающих сточные воды в водные объекты, устанавливаются нормативы предельно допустимых сбросов веществ (ПДС), которые утверждаются специально уполномоченными органами по охране окружающей природной среды.

На основании Федерального закона «Об охране окружающей среды» за загрязнение вод и прилегающих к предприятию территорий взимается плата. Расчет платежей за негативное воздействие на водные объекты производится исходя из количества сбросов загрязняющих веществ со сточными водами.

Критерии оценки воздействия сточных вод основываются на предельно допустимых нормах воздействия загрязняющих веществ и микроорганизмов на водные объекты, рассчитываемых в *«Проекте нормативно допустимых сбросов»* (НДС) индивидуально для каждого предприятия.

Цель этого документа - предотвращение превышения предельных значений концентраций загрязняющих веществ, как по отдельным выпускам, так и для предприятия в целом. Проект нормативов допустимых сбросов – является обязательным документом для разработки всеми предприятиями, которые в ходе своей деятельности осуществляют сбросы сточных вод в водные объекты.

Если сбросы сточных вод осуществляются в пределах допустимых значений рассчитанных в проекте НДС, то и платежи взимаются по базовым тарифам. Если же сброс осуществляется в соответствии с временно

согласованными нормативами, то сумма платежей увеличивается в 5 раз. Отсутствие разработанного и согласованного проекта НДС увеличивает плату за негативное воздействие на окружающую среду в 25 раз.

ГОСТом Р 56828.12-2016 Наилучшие доступные технологии. Классификация водных объектов для технологического нормирования сбросов сточных вод централизованных систем водоотведения поселений (ГОСТ Р от 25 октября 2016 года №56828.12-2016) определены водные объекты, в которые возможен сброс сточных вод, подразделяются на объекты водопользования и объекты рыбохозяйственного значения.

К *первой категории водопользования* относятся водные объекты или их участки, которые используются или могут быть использованы в качестве источника питьевого и хозяйственно-бытового водопользования, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

Ко *второй категории водопользования* относятся водные объекты или их участки, которые используются или могут быть использованы для рекреационного водопользования. Требования к качеству воды, установленные для второй категории водопользования, распространяются также на все участки водных объектов, находящихся в черте населенных мест.

Качество воды водных объектов водопользования должно соответствовать требованиям, приведенным в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования

Показатели	Категории водопользования	
	Для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест
Взвешенные вещества*	При сбросе сточных вод, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте)	

	не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на	
	0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³
	Для водных объектов, содержащих в межень более 30 мг/дм ³ природных взвешенных веществ, допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5%. Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоёмов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются	
Плавающие примеси	На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей	
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике	
	20 см	10 см
Запахи	Вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемые:	
	непосредственно или при последующем хлорировании или других способах обработки	непосредственно
Температура	Летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более чем на 3°С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет	
Водородный показатель (рН)	Не должен выходить за пределы 6,5 - 8,5	
Минерализация воды	Не более 1000 мг/дм ³ , в т.ч.:	
	хлоридов – 350 мг/дм ³ ;	
	сульфатов - 500 мг/дм ³	
Растворенный кислород	Не должен быть менее 4 мг/дм ³ в любой период года, в пробе, отобранной до 12 часов дня.	
Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅)	Не должно превышать при температуре 20°С	
	2 мг O ₂ /дм ³	4 мг O ₂ /дм ³
Химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость), ХПК	Не должно превышать:	
	15 мг O ₂ /дм ³	30 мг O ₂ /дм ³
Химические вещества	Не должны содержаться в воде водных объектов в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ	
Возбудители кишечных инфекций	Вода не должна содержать возбудителей кишечных инфекций	
Жизнеспособные яйца гельминтов (аскарид, власоглав, токсокар, фасциол), онкосферы тениид и жизнеспособные цисты	Не должны содержаться в 25 л воды	

патогенных кишечных простейших		
Термотолерантные колиформные бактерии**	Не более 100 КОЕ/100 мл**	Не более 100 КОЕ/100 мл
Общие колиформные бактерии**	Не более	
	1000 КОЕ/100 мл**	500КОЕ/100мл
Колифаги**	Не более	
	10 БОЕ/100 мл**	10 БОЕ/100 мл
Суммарная объемная активность радионуклидов при совместном присутствии***	Сумма (A_i / Y_{Bi}) ≤ 1	

Примечания:

* Содержание в воде взвешенных веществ неприродного происхождения (хлопья гидроксидов металлов, образующихся при обработке сточных вод, частички асбеста, стекловолокна, базальта, капрона, лавсана и т.д.) не допускается.

** Для централизованного водоснабжения; при нецентрализованном питьевом водоснабжении вода подлежит обеззараживанию.

*** В случае превышения указанных уровней радиоактивного загрязнения контролируемой воды проводится дополнительный контроль радионуклидного загрязнения в соответствии с действующими нормами радиационной безопасности;

A_i - удельная активность i -го радионуклида в воде;

Y_{Bi} - соответствующий уровень вмешательства для i -го радионуклида (приложение П-2 НРБ-99).

Содержание химических веществ в воде этих водных объектов не должно превышать предельно допустимые концентрации веществ.

К категории *рыбохозяйственного значения* относятся водные объекты, которые используются или могут быть использованы для добычи (вылова) водных биоресурсов. Водные объекты рыбохозяйственного значения, в свою очередь, подразделяются на категории: «высшая», «первая» и «вторая».

Высшая категория устанавливается на основании данных государственного мониторинга водных биоресурсов для водных объектов рыбохозяйственного значения, которые используются или могут быть использованы для добычи (вылова) особо ценных и ценных видов водных биоресурсов или являются местами их размножения, зимовки, массового нагула, путями миграций, искусственного воспроизводства.

Первая категория устанавливается на основании данных государственного мониторинга водных биоресурсов для водных объектов

рыбохозяйственного значения, которые используются для добычи (вылова) водных биоресурсов, не относящихся к особо ценным и ценным видам, и являются местами их размножения, зимовки, массового нагула, искусственного воспроизводства, путями миграций.

Вторая категория устанавливается для водных объектов рыбохозяйственного значения, которые могут быть использованы для добычи (вылова) водных биоресурсов, не относящихся к особо ценным и ценным видам.

В соответствии с категорией водного объекта рыбохозяйственного значения установлены нормативы качества воды, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде. Основные показатели нормативов качества воды для категорий водных объектов рыбохозяйственного значения приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4

Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения

Показатели качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения	Категории водного объекта рыбохозяйственного значения	
	высшая и первая	вторая
Взвешенные вещества	При сбросе возвратных (сточных) вод конкретным водопользователем, при производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на:	
	0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³
	В водных объектах рыбохозяйственного значения при содержании в межень более 30 мг/дм ³ природных взвешенных веществ допускается увеличение содержания их в воде в пределах 5%. Возвратные (сточные) воды, содержащие взвешенные вещества со скоростью осаждения более 0,4 мм/с, запрещается сбрасывать в водотоки, при скорости осаждения более 0,2 мм/с - в водоёмы	

Плавающие примеси (вещества)	На поверхности воды водных объектов рыбохозяйственного значения в зоне антропогенного воздействия не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопления других примесей	
Температура	Температура воды не должна повышаться под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) по сравнению с естественной температурой водного объекта более чем на 5°C, с общим повышением температуры не более чем до 20°C летом и 5°C зимой для водных объектов, где обитают холодолюбивые рыбы (лососевые и сиговые) и не более чем до 28°C летом и 8°C зимой в остальных случаях. В местах нерестилищ налима запрещается повышать температуру воды зимой более чем на 2°C	
Водородный показатель (рН)	Должен соответствовать фоновому значению показателя для воды водного объекта рыбохозяйственного значения	
Растворенный кислород	Содержание растворенного кислорода не должно опускаться ниже 6,0 мг/дм ³ под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) Содержание растворенного кислорода в зимний (подледный) период не должно опускаться ниже (в зимний период подледный)	
	6,0 мг/дм ³	4,0 мг/дм ³
	В летний (открытый) период во всех водных объектах должен быть не менее 6 мг/дм ³	
Биохимическое потребление кислорода за 5 суток БПК ₅	При температуре 20°C под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) не должно превышать	
	2,1 мг/дм ³	2,1 мг/дм ³
	При температуре 20°C под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) не должно превышать	
Биохимическое потребление кислорода БПК _{полн}	3,0 мг/дм ³	3,0 мг/дм ³
	Если в зимний период содержание растворенного кислорода в водных объектах высшей и первой категории снижается до 6,0 мг/дм ³ , а в водных объектах второй категории до 4 мг/дм ³ , то можно допустить сброс в них только тех сточных вод, которые не изменяют БПК воды водного объекта	

Токсичность воды	Вода водных объектов рыбохозяйственного значения в местах сброса сточных вод не должна оказывать острого токсического действия на тест-объекты. Вода водного объекта в контрольном створе не должна оказывать хронического токсического действия на тест-объекты
------------------	--

В основе расчета нормативов допустимых сбросов веществ (НДС) лежит уравнение баланса нормативного состояния водного объекта, составленное с учетом его категории, фоновое состояние и влияния сброса сточных вод на изменение в нём качества воды.

1.1.2. Нормативы проектирования систем водоотведения промышленных предприятий

Разработка проекта систем водоотведения предприятия начинается с выбора системы и схемы водного хозяйства. Проектирование осуществляют в соответствии с СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85.

При выборе схемы водоотведения промышленных предприятий необходимо учитывать:

- возможность сокращения объемов загрязненных сточных вод, образующихся в технологических процессах за счет внедрения безотходных и безводных производств, устройства замкнутых систем водного хозяйства, применения воздушных методов охлаждения и т.п.;
- возможность локальной очистки потоков сточных вод с целью извлечения отдельных компонентов;
- возможность последовательного использования воды в различных технологических процессах с различными требованиями к ее качеству;
- условия выпуска производственных сточных вод в водные объекты или в централизованную систему водоотведения поселения, городского округа или другого водопользователя, которые определяются действующим

природоохранным законодательством, а также нормативными правовыми актами в сфере водоснабжения и водоотведения, регулируемыми отношения между организациями, осуществляющими водоснабжение и водоотведение, и их абонентами;

- условия удаления и использования осадков и отходов, образующихся при очистке сточных вод.

Объединение потоков производственных сточных вод с различными загрязняющими веществами, в отношении которых применяются меры государственного регулирования, допускается при целесообразности их совместной очистки. При этом необходимо учитывать возможность протекания в коммуникациях химических процессов с образованием газообразных или твердых продуктов.

При присоединении канализационных сетей абонентов, не относящихся к жилому фонду, к централизованным системам водоотведения поселений, городских округов следует предусматривать выпуски с контрольными колодцами.

Необходимо предусматривать устройства для измерения расхода сбрасываемых сточных вод от каждого предприятия, если абонент имеет существенно разомкнутый водный баланс, как минимум, в следующих случаях:

- если абонент не подключен к централизованной системе водоснабжения, либо имеет (или может иметь) водоснабжение из нескольких источников;

- если в ходе производственного процесса добавляется, либо изымается свыше 5% расхода воды, потребляемого из водопровода.

Объединение производственных сточных вод нескольких предприятий допускается после контрольного колодца каждого предприятия.

Запрещается производить сброс в централизованные системы водоотведения веществ, материалов, отходов и сточных вод, запрещенных к сбросу в централизованные системы водоотведения (см. табл.1.2).

Значения показателей общих свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах не должны превышать максимальные допустимые значения нормативных показателей общих свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, установленные в целях предотвращения негативного воздействия на работу централизованных систем водоотведения (см. табл.1.1).

Планировочные отметки площадок канализационных сооружений и насосных станций, размещаемых на прибрежных участках водотоков и водоемов, следует принимать не менее чем на 0,5 м выше максимального горизонта паводковых вод с обеспеченностью 3 % с учетом ветрового нагона воды и высоты наката ветровой волны, определяемой согласно СП 38.13330.

Территория очистных сооружений водоотведения поселений и городских округов, а также промышленных предприятий, располагаемых за пределами промышленных площадок, во всех случаях должна быть ограждена. Тип ограждения необходимо выбирать с учетом местных условий.

В необходимых случаях для отдельных сооружений следует предусматривать ограждения в соответствии с правилами техники безопасности. Поля фильтрации и поглощения допускается не ограждать.

Объемно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений систем водоотведения следует выполнять согласно СП 44.13330, СП 31.13330.

Здания и сооружения системы водоотведения, канализационные сети как объекты жизнеобеспечения поселений и городских округов необходимо относить к классу сооружений повышенного уровня ответственности КС-3 (по классификации ГОСТ 27751) и принимать степень огнестойкости не ниже II

(по классификации СП 112.13330). Для отдельных зданий и сооружений допускается устанавливать класс ответственности КС-2 в том случае, если на них не предусматривается постоянных рабочих мест.

Иловые площадки, поля фильтрации и биологические пруды следует относить к классу ответственности КС-1.

1.1.3. Порядок разработки и состав проектной и рабочей документации систем водоотведения промышленного объекта

При проектировании объектов системы водоотведения промышленных предприятий установлен следующий порядок действий:

1. Получение технических условий;
2. Составление технического задания;
3. Заключение договора на проектирование;
4. Разработка проектной документации;
5. Получение положительного заключения экспертизы;
6. Разработка рабочей документации;
7. Согласование рабочей документации.

Проектная документация для сети канализации промышленного здания выполняется в строгом соответствии с *Постановлением Правительства РФ от 16 февраля 2008 года №87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»* (с изменениями на 6 июля 2019 года).

В текстовой части должны содержаться:

- ✓ сведения о существующих и проектируемых системах канализации, водоотведения и станциях очистки сточных вод;
- ✓ обоснование принятых систем сбора и отвода сточных вод, объема сточных вод, концентраций их загрязнений, способов предварительной очистки, применяемых реагентов, оборудования и аппаратуры;

✓ обоснование принятого порядка сбора, утилизации и захоронения отходов - для объектов производственного назначения;

✓ описание и обоснование схемы прокладки канализационных трубопроводов, описание участков прокладки напорных трубопроводов (при наличии), условия их прокладки, оборудование, сведения о материале трубопроводов и колодцев, способы их защиты от агрессивного воздействия грунтов и грунтовых вод;

✓ решения в отношении ливневой канализации и расчетного объема дождевых стоков;

✓ решения по сбору и отводу дренажных вод;

Графическая часть должна содержать:

✓ принципиальные схемы систем водоотведения объекта капитального строительства;

✓ принципиальные схемы прокладки наружных сетей водоотведения, ливнестоков и дренажных вод;

✓ план сетей водоотведения;

✓ план расположения сооружений водоотведения.

1.1.4. Рабочая документация проекта водоотведения промышленного объекта

Рабочая документация для сетей канализации промышленного здания выполняется в соответствии с ГОСТ-ами на оформление рабочей документации сети канализации.

Проект внутренней канализации промышленного здания:

- общие данные;
- планы сети внутренней канализации;
- схемы сети внутренней канализации;
- спецификация оборудования и материалов.

Проект наружной сетиводоотведения промышленного объекта:

- общие данные;
- планы сети водоотведения;
- профили сети водоотведения;
- схемы напорных сетей водоотведения;
- таблица канализационных колодцев;
- спецификация оборудования и материалов.

Тема 1.2. Системы и схемы водоотведения

1.2.1. Виды сточных вод промышленных предприятий

Понятие «сточные воды» неразрывно связано с использованием воды. Вода и её свойства используются человеком в самом разном качестве. Прежде всего, как вещество, необходимое для поддержания жизни, как универсальный растворитель, как носитель тепловой энергии, как транспортирующая среда и еще для очень многих целей. При этом изменяются первоначальные состав и свойства воды, в результате чего, она становится непригодной для целевого использования и ее сбрасывают, заменяя свежей.

Количество сточных вод предприятий зависит от технологической потребности в воде, полноты использования ее целевых свойств, совершенства систем их восстановления, режима работы и много другого.

Несмотря на разнообразие промышленных производств и особенности отдельных предприятий, формирование общего потока сточных вод основано на одинаковых источниках.

Промышленные сточные воды представляют собой несколько видов характерных потоков сточных вод в различном объемном соотношении. Обобщенная структура потоков сточных вод промышленного предприятия приведена на рисунке 1.1.

Поток производственных сточных вод включает загрязненные технологические, энергетические и прочие воды, неиспользуемые непосредственно в технологических процессах. В структуру потока технологических сточных вод входят отработанные технологические растворы, разные виды промывных вод. Соотношение этих потоков обуславливается профилем и технологией производства.

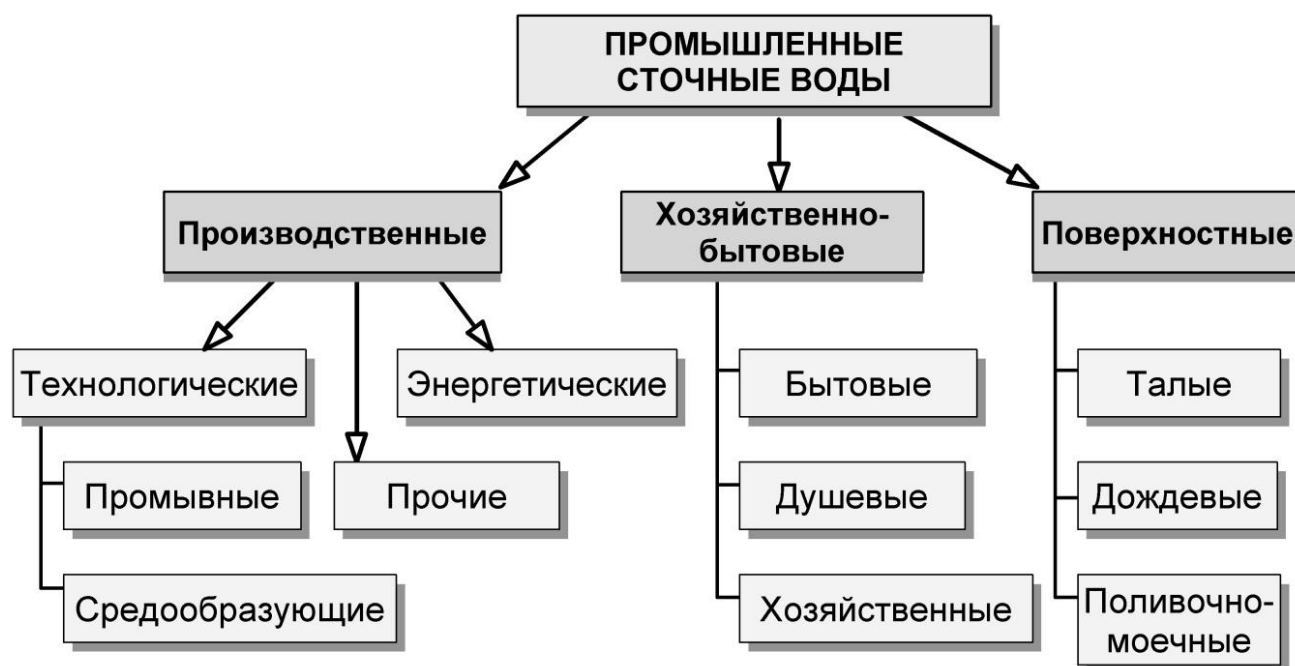


Рис. 1.1. Структура основных потоков сточных вод промышленного предприятия.

Энергетические сточные воды поступают от систем получения пара, систем отопления и нагрева воды, охлаждения тепловыделяющего оборудования. В общем случае, энергетические сточные воды двух видов: требующие специальной очистки и воды, сбрасываемые без специальной очистки. К энергетическим водам, сбрасываемым после специальной очистки относят: замасленные и замазученные воды систем прямоточного водоснабжения энергетических установок; золо- и шламсодержащие воды котельных установок; регенерационные воды химводоочисток.

Без специальной очистки сбрасывают нагретые охлаждающие воды, в системах проточного водоснабжения, продувочные воды систем оборотного водоснабжения с градирнями.

Количество и показатели прочих непроизводственных сточных вод обуславливается вспомогательной инфраструктурой предприятия. Во многих случаях эта часть предприятий также представляет собой производства, существенно отличающиеся от основного. Например, инструментальные, ремонтно-восстановительные, транспортные и другие участки.

Поток хозяйственно-бытовых сточных вод предприятия обуславливается видом и условиями производства, количеством работающих, наличием на предприятии вспомогательных производств сферы обслуживания и общественного питания. Количество и режим отведения хозяйственно-бытовых сточных вод определяется сбросами от санитарно-технических устройств и душевых, а также сбросами от вспомогательных производств.

Поверхностные сточные воды, образующиеся на территории предприятия, в зависимости от их количества и загрязненности могут быть выделены в отдельный поток с очистными сооружениями или объединяться с другими производственными сточными водами. Количество поверхностных сточных вод зависит от климатических условий, площади территории предприятия и состояния ее поверхности, а также от рельефа местности.

Промышленные сточные воды, условно, можно разделить на внутриплощадочные и внеплощадочные. Внутриплощадочные сточные воды, образующиеся на территории предприятия, в первую очередь, обусловлены технологией производственных процессов, объемом производства, структурой водного хозяйства и могут быть разнообразными даже для однопрофильных предприятий. Часть внутриплощадочных сточных вод может использоваться повторно без очистки или многократно в соответствии с технологическими требованиями. Оставшаяся часть - внеплощадочные сточные воды отводятся за пределы предприятия в централизованную систему водоотведения населенного

места или в водоём при соблюдении соответствующих требований к их показателям. При этом, количество внеплощадочных сточных вод может быть существенно меньше количества воды, используемого в производстве.

Режим отведения промышленных сточных вод с территории предприятия зависит от системы использования воды в производстве и наличия в составе водного хозяйства очистных сооружений. Внеплощадочные промышленные сточные воды представляют наибольшую опасность водным ресурсам.

Общей задачей очистки внеплощадочных сточных вод предприятий является достижение показателей, установленных для условий приема в централизованные системы водоотведения или сброса их в водоём.

1.2.2. Системы водоотведения промышленных предприятий

Системы водоотведения промышленных предприятий подразделяются на общесплавные и раздельные. Особенностью водоотведения предприятий является то, что на них могут образовываться до 5–10 различных видов потоков сточных вод, отличающихся по расходу, составу и свойствам загрязняющих веществ.

При выборе системы водоотведения необходимо учитывать следующие возможности:

- совместной и раздельной очистки отдельных видов сточных вод;
- извлечения и повторного использования ценных веществ в сточных водах;
- повторного использования производственных сточных вод в системе оборотного водоснабжения;
- использования очищенных бытовых и дождевых сточных вод;
- использования производственных вод для орошения сельскохозяйственных культур.

Кроме того, необходимо учитывать мощность водоприемника, качество воды в нем, вид водопользования и его самоочищающую способность.

Общесплавная система водоотведения

Эту систему целесообразно применять для небольших промышленных предприятий с непостоянным производственно-технологическим циклом, ассортиментом выпускаемой продукции и малой численностью работающих. Атмосферные воды, как правило, отводятся в общую сеть водоотведения (рис. 1.2). Все категории сточных вод поступают на единые очистные сооружения предприятия.

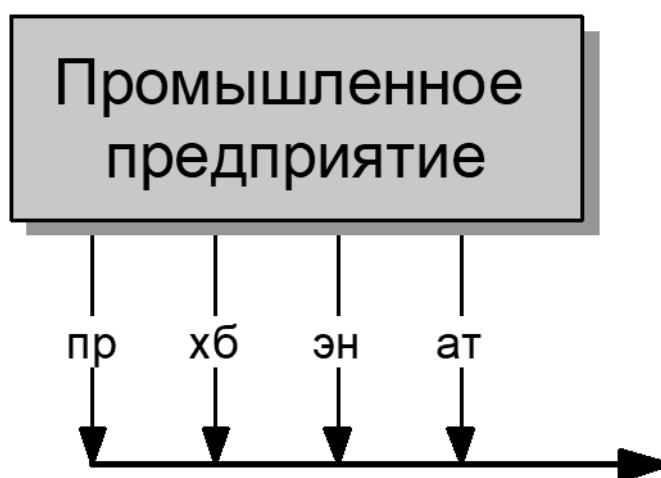


Рис.1.2. Общесплавная система водоотведения промышленного предприятия:

пр – производственные сточные воды; хб – хозяйственно-бытовые сточные воды;

эн – энергетические сточные воды; ат – атмосферные сточные воды.

Полная раздельная система водоотведения

Полное разделение потоков сточных вод предприятий может быть целесообразно для промышленных объектов с большим объемом производства, разнообразными производственными участками, расположенными на значительной территории. Такие предприятия, как правило, характеризуются постоянным производственным циклом в течение продолжительного времени.

Полная раздельная система водоотведения допускает использование разных материалов труб для транспортирования сточных вод, имеющих химические, температурные и другие особенности (рис.1.3). Полная раздельная

система водоотведения позволяет наиболее рационально организовать использование воды путем системы очистных комплексов, необязательно локализованных на одной площадке.

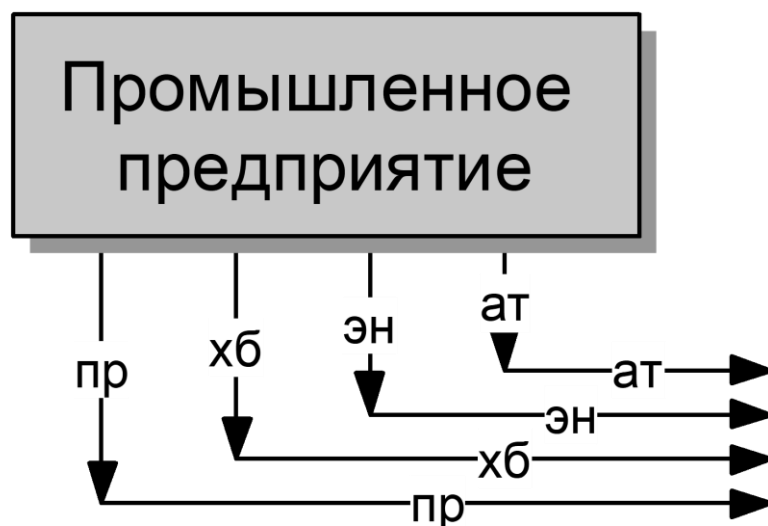


Рис.1.3. Полная раздельная система водоотведения промышленного предприятия.

Наличие разных систем трубопроводов отведения и подачи сточных вод, разные очистные комплексы существенно удорожают стоимость полной раздельной системы водоотведения. Однако целесообразность ее устройства должна определяться технико-экономическим обоснованием с учетом экологических требований.

Неполные раздельные системы водоотведения

Эти системы могут быть различными в зависимости от вида сточных вод, образующихся на предприятии, и других условий. Бытовые и дождевые сточные воды, как правило, отводятся по самостоятельным сетям.

Производственные сточные воды могут отводиться по нескольким различным системам трубопроводов, в зависимости от категории сточных вод. В конкретных условиях производственные сточные воды могут отводиться

совместно с бытовыми стоками (производственно-бытовая сеть) или дождевыми водами (производственно-дождевая сеть) (рис.1.4).

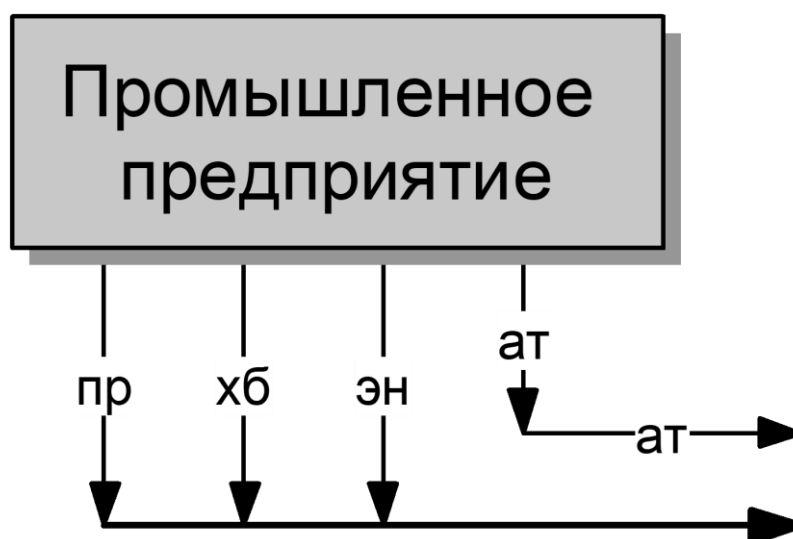


Рис.1.4. Неполная раздельная система водоотведения промышленного предприятия

Неполные раздельные системы водоотведения промышленных предприятий могут быть весьма разнообразны и представлять собой комплексы, сочетающие элементы разных систем водоотведения.

Системы с локальными очистными сооружениями

Неполная раздельная система водоотведения промышленного предприятия применяется, например, когда в сточных водах отдельных цехов содержатся специфические загрязняющие вещества, для очистки от которых целесообразно устройство отдельных очистных установок.

Системы с частичным оборотом производственных сточных вод

Системы водоотведения с частичным оборотом воды целесообразно применять при возможности повторного использования некоторых производственных сточных вод для водоснабжения других производств без

очистки или с частичной очисткой. Возможны варианты с частичным использованием очищенных сточных вод предприятия с доочисткой.

Системы с полным оборотом производственных вод

Системы с полным оборотом производственных вод применяют при нехватке воды для целей водоснабжения предприятия. Схема системы оборотного водопотребления промышленного предприятия приведена на рис. 1.5(а). Загрязненные сточные воды от производства (1) поступают на локальные очистные сооружения (2) и вновь направляется в производственный цикл.

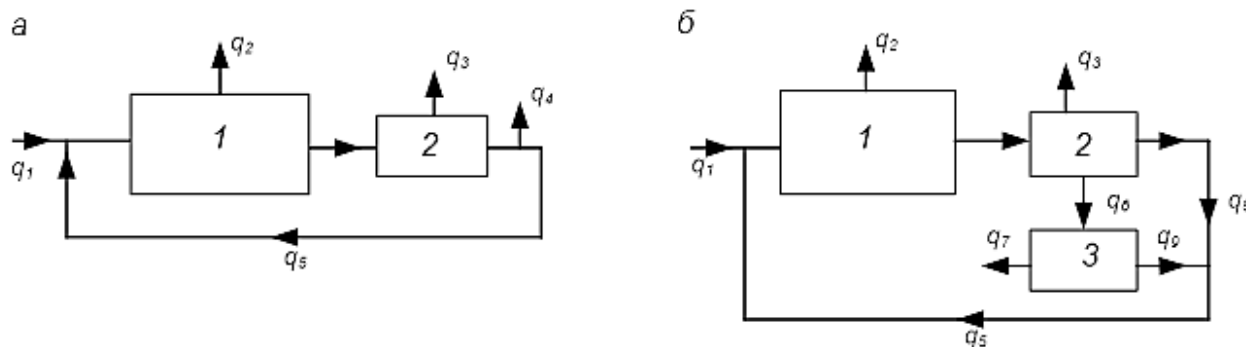


Рис. 1.5. Замкнутые схемы оборотного (а) и бессточного (б) водопотребления:

1 – производственная установка; 2 – очистное сооружение; 3 – блок доочистки. Расходы воды: q_1 – подпитка свежей водой; q_2, q_3, q_7 – безвозвратные потери воды; q_4 – продувка; q_5 – возврат воды; q_6 – отвод на доочистку; q_8 – возврат после основной очистки; q_9 – возврат после доочистки

В процессе оборота воды в систему попадают и накапливаются различные примеси, концентрация которых в определенный момент может превысить предельно допустимые значения. Во избежание дополнительного загрязнения из замкнутой системы непрерывно либо периодически удаляется часть воды, содержащей накапливающиеся примеси, и заменяется свежей, не содержащей этих примесей. Это называется продувкой системы. Продувочная вода направляется в сеть водоотведения предприятия.

Бессточные системы водопользования промышленных предприятий

Раздельная система водоотведения с полным оборотом всех категорий сточных вод называется бессточной системой водопользования, или замкнутой системой водного хозяйства промышленного предприятия. В зависимости от конкретных условий на предприятиях возможно создание нескольких систем очистки с вариантами объединения различных видов сточных вод. В общем виде бессточная система водопользования промышленного предприятия может включать:

- ✓ локальные оборотные системы;
- ✓ централизованные замкнутые системы;
- ✓ охлаждающие локальные оборотные системы;
- ✓ системы повторного использования воды в двух или более технологических операциях.

Усовершенствованным вариантом оборотного водопользования является система бессточного водопотребления (рис. 1.5(б)). Промывочная вода дополнительно очищается от накапливающихся примесей и возвращается в оборот. При бессточном водопотреблении многократно сокращается потребление свежей воды и сброс сточных вод.

Системы водоотведения территориально-промышленных комплексов жилой застройки и промышленных предприятий

При разработке систем комплексного водоотведения районов и промышленных предприятий одновременно рассматриваются системы водоотведения нескольких городов и промышленных предприятий, расположенных на сравнительно близком расстоянии друг от друга или связанных между собой географическими, административными или иными связями. Такие системы аналогичны системам промышленных предприятий и тоже бывают общесплавными и раздельными.

При разработке систем чаще всего рассматривают следующие варианты комплексного использования воды:

- ✓ сточных вод одного предприятия в качестве источников водоснабжения других предприятий;
- ✓ концентрированных сточных вод одних предприятий в качестве сырья для производства товарного продукта на других предприятиях;
- ✓ очищенных городских сточных вод на промышленных предприятиях в системах технического водоснабжения, для полива, обводнения водоемов и др. целей.

При проектировании систем водоотведения районов и промышленных комплексов появляются следующие возможности:

- ✓ повышения уровня комплексного решения водохозяйственных вопросов городов и промышленных объектов;
- ✓ комплексного использования природных водоемов, ограничения их числа для сброса сточных вод и уменьшения уровня их загрязнения;
- ✓ повышения пропускной способности очистных сооружений, на создание которых сокращаются удельные капитальные вложения;
- ✓ снижения удельных эксплуатационных затрат на очистку воды;
- ✓ повышения уровня эксплуатации очистных сооружений.

Выбор вариантов систем водоотведения должен производиться на основании технико-экономического сравнения вариантов, равноценных в санитарном отношении.

1.2.3. Схемы водоотведения промышленных предприятий

Существует несколько схем обезвреживания промышленных сточных вод. Одна из наиболее распространенных схем предполагает обеспечение установленных показателей очищенных сточных вод на внутриплощадочных очистных сооружениях предприятия (рисунок 1.6). Достоинства этой схемы состоят в том, что технологический процесс очистки сточных вод может быть гармонизирован с технологией производства и своевременно перестраиваться при её изменении.

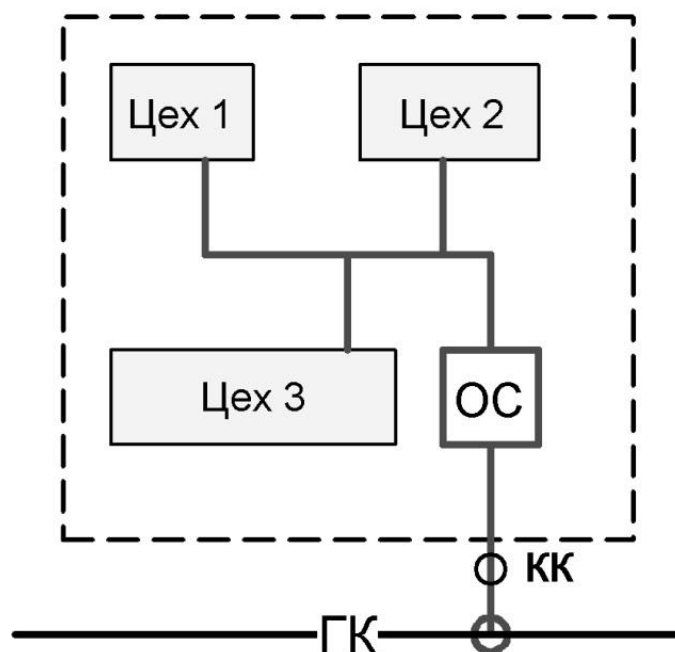


Рис. 1.6. Схема размещения очистных сооружений ОС на территории предприятия с подключением к централизованной системе водоотведения ГК

Она позволяет использовать часть очищенной воды для нужд предприятия. Эта схема обладает также инфраструктурными преимуществами при эксплуатации очистных сооружений. Недостаток внутриплощадочного размещения очистных сооружений состоит в сложности расширения на ограниченной территории.

Внеплощадочная схема размещения очистных сооружений предприятия вне его территории применяется при недостаточности места (рисунок 1.7). Эта схема применяется также при недопустимости размещения очистных сооружений на производственной площадке по санитарным или другим специальным требованиям. Размещение очистных сооружений на специально выделенной территории обеспечивает наилучшие планировочные решения и большие возможности для применения эффективных технологических процессов. К недостаткам внеплощадочной схемы следует отнести значительные затраты на организацию повторного и многократного использования очищенных сточных вод.

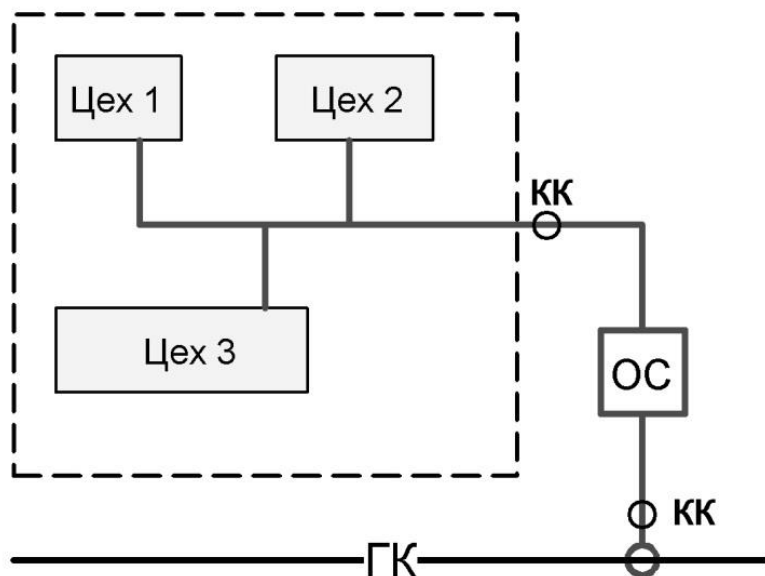


Рис. 1.7. Схема размещения очистных сооружений ОС вне территории предприятия с подключением к централизованной системе водоотведения ГК

В сложившихся территориально-промышленных комплексах, а также в развивающихся отраслевых кластерах, при достаточном обосновании может использоваться кустовая схема отведения сточных вод разных предприятий на единые очистные сооружения (рисунок 1.8). Кустовая схема организации очистки промышленных сточных вод обеспечивает высокую надежность и экономичность обеспечения установленных требований к очищенной воде, упрощает контроль показателей качества воды, сбрасываемой в централизованную систему водоотведения или водоём. Наиболее эффективно применение кустовой схемы при обслуживании предприятий одной или близких отраслей промышленности.

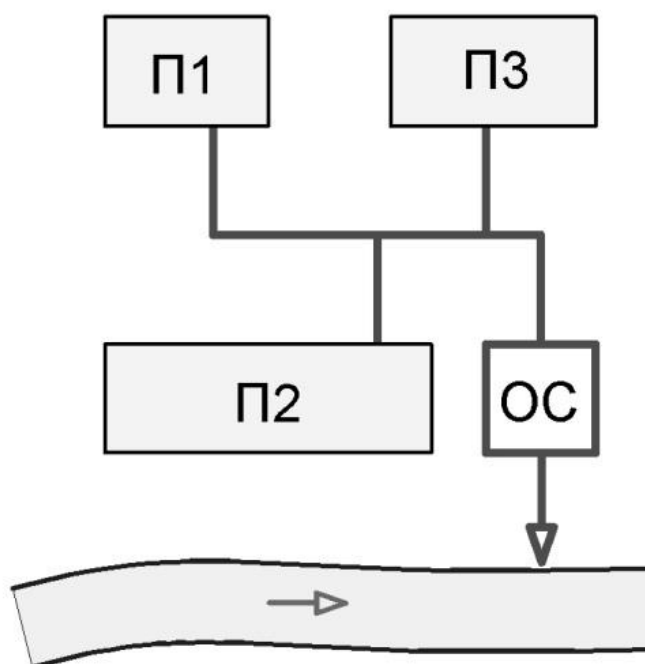


Рис. 1.8. Схема кустовых очистных сооружений ОС для группы предприятий П1, П2 и П3 со сбросом в водоём

Существенным недостатком кустовой схемы формирования потока сточных вод является более сложный состав загрязняющих веществ. Это обуславливает необходимость применения многоступенчатых технологических процессов на единых очистных сооружениях. Кроме этого, вследствие удаленности очистных сооружений и разнообразия требований к технологическим водам, возврат очищенной воды на предприятия может быть затруднен.

Наиболее крупные предприятия а также предприятия, особенность производства которых сопряжена с возможностью выделения в атмосферу вредных веществ, располагаются за пределами зоны жилой застройки. Часто на выделенной по климатическим условиям территории, там же, где размещаются централизованные очистные сооружения населенного пункта. Если состав загрязняющих веществ промышленных сточных вод не сильно отличается от коммунальных, то принципиально возможна совместная очистка этих вод на централизованных очистных сооружениях (рисунок 1.9).

В зависимости от особенностей сточных вод предприятия, они могут поступать в начало очистных сооружений или в последующие технологические ступени очистного процесса. Схема объединенной очистки промышленных сточных вод совместно с коммунальными обеспечивает стабильно высокое качество очищенных сточных вод, допускающее выпуск их в водоём. Уменьшается стоимость и эксплуатационные затраты в системе отведения сточных вод. Появляется возможность использования очищенных сточных вод в системе технического водоснабжения промышленного предприятия.

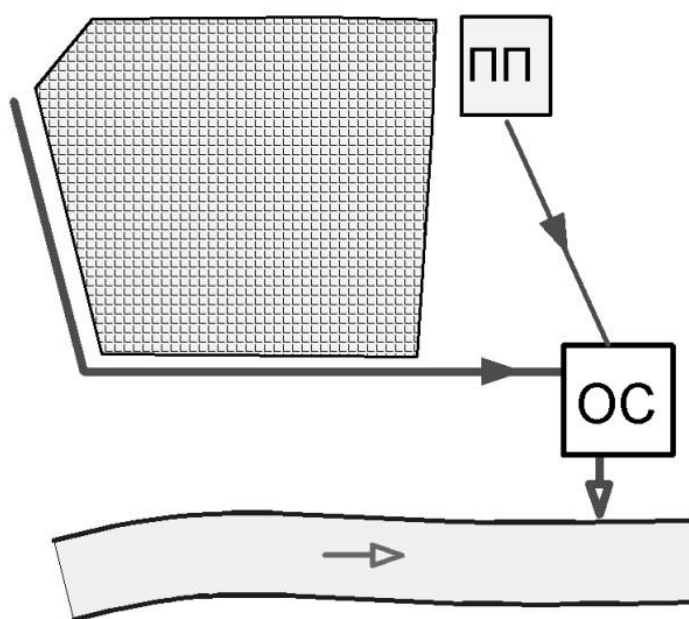


Рис. 1.9. Схема объединенной очистки коммунальных и промышленных сточных вод со сбросом в водоём.

1.2.4. Водоотводящие сети промышленных предприятий.

Особенности конструирования водоотводящих сетей

При проектировании и строительстве водоотводящей сети промышленных предприятий необходимо учитывать влияние, которое могут оказывать производственные сточные воды на материал труб и других сооружений, а также на работу самой водоотводящей сети.

Состав и свойства промышленных сточных вод могут обуславливать следующие последствия в работе водоотводящих сетей:

- ✓ разрушение вследствие коррозии материала труб, лотков, колодцев, стыков и других элементов (наименее устойчивым по отношению к коррозии является бетон);
- ✓ уменьшение пропускной способности труб вследствие их засорения или отложения осадка на их дне и на стенках;
- ✓ образование взрывоопасных газов и распространение их по трубам, что может вызвать возникновение пожара;
- ✓ образование газов, радиоактивных и других веществ, вредных для здоровья обслуживающего персонала.

Предохранение от коррозии осуществляется различными способами, в том числе изоляцией химически устойчивыми материалами (футеровкой, битумами, эпоксидной смолой), а также путем применения специальных бетонов, не разрушающихся от действия агрессивных вод.

Для предупреждения засоров в наружной водоотводящей сети предприятия на цеховых выпусках (например, на некоторых текстильных предприятиях) устанавливают решетки для задержания грубых нерастворимых примесей (шерсть, волокно и др.). Если производственные воды содержат вредные газы, то в месте присоединения внутренней цеховой канализации к наружной необходимо ставить гидравлические затворы.

В целях удобства чистки внутрицеховые водоотводные каналы устраиваются с перекрытиями из съёмных щитов.

Для того чтобы избежать образования и отложения осадка в трубах вследствие взаимодействия цеховых сточных вод, последние приходится отводить по отдельным трубам и каналам.

К трубам наружной канализационной сети промышленных предприятий предъявляется ряд дополнительных требований; они должны быть прочными в

статическом отношении, водонепроницаемыми и устойчивыми против коррозии, которая может возникнуть под действием протекающих сточных вод и выделяющихся в сети газов, а также под действием агрессивных грунтов и грунтовых вод.

Для самотечных линий канализационной сети промышленных предприятий наибольшее распространение получили керамические, асбестоцементные, бетонные и железобетонные трубы. Для напорных трубопроводов применяются напорные железобетонные и асбестоцементные трубы, а в отдельных случаях чугунные и стальные. Кроме того, находят применение фанерные трубы, а также трубы, изготавливаемые из полимерных материалов.

Для транспортирования агрессивных сточных вод водоотводящую сеть промышленных предприятий устраивают из кислотоупорных керамических, керамических с глазурованной поверхностью, фаолитовых, текстфаолитовых, фторопластовых, стеклопластиковых, полиэтиленовых, из нержавеющей стали, стальных, футерованных резиной или пластиком и чугунных асфальтированных труб. Чугунные асфальтированные, полиэтиленовые, а также трубы, футерованные резиной, применяют при температуре сточных вод не выше 60 °С, винипластовые — не выше 40 °С. Стыки раструбных труб, служащих для отвода кислых сточных вод, заделывают асбестовым шпуром с битумным, андезитовым или арзамитовым замком.

При расчетном количестве агрессивных сточных вод, превышающем пропускную способность керамических труб наибольшего по существующему сортаменту диаметра, рекомендуется укладывать две линии труб. Каждая из них должна быть рассчитана на возможность пропуска 60% всех производственных сточных вод при наполнении, равном единице. Возможность применения железобетонных и бетонных труб для отведения производственных сточных вод определяется в зависимости от степени их агрессивности.

Для транспортирования сильно агрессивных сточных вод наиболее целесообразно применять пластмассовые трубы, если температура сточных вод не превышает 40° С. Эти трубы следует предохранять от механических повреждений, если они изготовлены не из армированного материала.

Стеклянные трубы применяют внутри зданий для напорных, безнапорных и вакуумных линий, используемых для транспортирования горячей или холодной агрессивной воды (не содержащей плавиковой кислоты).

При изготовлении бетонных и железобетонных труб обязательно применение плотных бетонов из стойких цементов (силикат цементов с гидравлической добавкой шлаковых силикат цементов или глиноземистых цементов) с торкретированием поверхностей, обращенных к агрессивной среде, и с нанесением защитных покрытий.

Для труб, имеющих защитное покрытие, должны применяться такие стыки, заделка которых не вызывает повреждения покрытия. Стыки раструбных или гладких труб самотечной сети для агрессивных сточных вод заделываются кислотостойкими мастиками, приготовленными на основе битумов или минеральных смесей в зависимости от агрессивности и температуры сточных вод. В тех случаях, когда она превышает 30 — 35° С, применение стыков из черных вяжущих материалов не допускается.

Для заделки стыков применяют также специальные клеи и замазки на основе искусственных смол.

Напорную канализационную сеть устраивают из чугунных, железобетонных, асбестоцементных и стальных труб. При перекачке сильноокислых сточных вод применяют стальные гуммированные трубы (при температуре сточных вод не выше 65° С) или стальные, покрытые специальными составами.

Канализационные колодцы на самотечных сетях для кислых сточных вод следует выполнять из клинкерного, битуминизированного или кислотоупорного кирпича на кислотоупорном растворе. Лотки таких колодцев

делают из асфальтобетона, кислотоупорного бетона или кислотоупорного кирпича на кислотоупорном растворе.

Нижнюю часть стенок колодцев (на 20 см выше полок лотка), как наиболее труднодоступную для ремонта, целесообразно изолировать битумной обмазкой в несколько слоев толщиной по 5 мм или оклейкой рулонными изоляционными материалами не менее чем в два слоя.

Основания колодцев выполняются из асфальтобетона, уложенного по утрамбованному щебню из кислотоупорных пород.

При малой агрессивности сточных вод и газов для устройства смотровых колодцев применяются готовые кольца из кислотоупорного бетона, а также железобетонные люки и крышки. Металлические крышки люков и ходовые скобы следует покрывать асфальтовым лаком или другими кислотостойкими материалами.

На промышленных площадках в зависимости от состава сточных вод допускается прокладка канализационных трубопроводов в открытых и закрытых каналах, лотках, тоннелях, выполненных из антикоррозионных материалов. По возможности канализационную сеть укладывают вместе с другими коммуникациями в проходных туннелях. Последние должны быть оборудованы естественной вытяжной вентиляцией через специальные шахты.

Расстояние от трубопроводов, отводящих сточные воды, в которых содержатся агрессивные, летучие, токсичные и взрывоопасные вещества, до наружной стенки проходных тоннелей должно быть не менее 3 м, а до подвальных помещений и фундаментов зданий — не менее 6 м.

При наружной прокладке напорных трубопроводов для транспортирования агрессивных сточных вод их следует укладывать в вентилируемых проходных или полупроходных каналах. При прокладке в непроходных каналах необходимо устраивать смотровые камеры.

Необходимость вентиляции канализационной сети на промышленных предприятиях в каждом случае (в зависимости от состава сточных вод) определяется совместно с органами Государственного санитарного надзора.

При наличии в наружной сети производственной канализации вредных газов вентиляция ее производится через стояки из первого промежуточного колодца. Стояки располагаются не более чем через 200 м и выводятся на 2 м выше конька крыши наиболее высокого близ расположенного здания. Диаметр стояков 200 мм присоединяются они к верхней части колодца трубами, укладываемыми с уклоном в сторону колодца. При необходимости предусматривают искусственную вытяжную вентиляцию.

Если выделяющиеся из сточных вод газы могут вызвать усиленную коррозию металла, то предусматривается защита вентиляционных установок соответствующими покрытиями либо изготовление их из коррозионно-стойких материалов.

В тех случаях когда в сточных водах присутствуют сероводород, сероуглерод и другие вредные и образующие взрывоопасные смеси газы, кроме постоянно действующей естественной вентиляции проходных канализационных туннелей, должна предусматриваться приточно-вытяжная вентиляция с механическим побуждением.

При наличии в сети взрывоопасных газов должны применяться конструкции вентиляционных установок, исключаящие возможность появления при их работе искр.

При агрессивных водах каналы строят из кислотоупорных материалов или из обычных материалов с футеровкой кислотоупорными плитками или кирпичом. При проектировании таких каналов следует учитывать, что кислая среда может периодически сменяться щелочной, а это исключает возможность применения вяжущих материалов на андезитовой основе. В этих случаях кладку каналов рекомендуется вести с расшивкой швов и последующим заполнением их арзамитовой замазкой.

Сложность прокладки канализационных сетей на территории промышленных предприятий обусловлена тем, что необходимо учитывать уложенные ранее многочисленные технологические трубопроводы, сети водопровода, теплопроводы, кабели и пр. Кроме того, канализационные трубы нужно прокладывать с определенным заданным уклоном. Все инженерные сети прокладывают на соответствующем расстоянии друг от друга и от зданий. Взаимная увязка трубопроводов выполняется при совместном проектировании плана сетей.

1.2.5. Особенности устройства насосных станций на промышленных предприятиях

Для перекачки производственных сточных вод применяют специальные насосы, соответствующие особенностям их состава. Так, при величине рН сточной воды ниже 6,0 применяют кислотоустойчивые насосы ; при повышенном содержании в воде твердых примесей применяют так называемые грязевые насосы (марок ГР, НП и др.). Насосами такого же типа пользуются при перекачке шлама из отстойников, песколовок и накопителей; при небольшом количестве шламов применяются водоструйные эжекторы.

Насосы для перекачки производственных сточных вод, не выделяющих вредных газов и паров, могут быть установлены в производственных помещениях. Здесь же допускается располагать приемные резервуары при обеспечении постоянной их вентиляции.

Перекачка сточных вод в наружные сети канализации от технологических аппаратов, резервуаров и установок чаще всего осуществляется технологическими насосами.

При устройстве внутрицеховых станций для перекачки периодически поступающих сточных вод и сточных вод от мойки полов допускается установка насосов и приемных резервуаров в одном помещении при обеспечении его постоянно действующей вентиляцией с соблюдением норм, принятых для вентиляции данного цеха. Прием в такие резервуары сточных вод

различного состава, при смешении которых образуются вредные газы, категорически запрещается.

Устройство отдельных приемных резервуаров обязательно при перекачке следующих жидких сред:

а) сточных вод различных категорий, смешение которых может вызвать образование вредных или взрывоопасных смесей газов, а также осаждающихся веществ;

б) сточных вод, содержащих сероуглерод, сероводород и другие токсичные и образующие взрывоопасные смеси газы;

в) нефтепродуктов, выделяемых из сточных вод.

Резервуары для приема агрессивных сточных вод, решетки или комминаторы и другое оборудование, устанавливаемое в помещении приемных резервуаров, должны быть защищены от разрушающего воздействия этих вод.

Насосные станции для перекачки сточных вод, содержащих нефтепродукты или другие горючие примеси, оборудуются насосами с электродвигателями во взрывобезопасном исполнении. Располагаются они в отдельно стоящих, преимущественно не заглубленных зданиях. В приемных резервуарах этих станций рекомендуется применение закрытых комминаторов.

При благоприятных климатических условиях электро — насосные агрегаты могут, устанавливаться на открытой площадке. В этом случае электродвигатели должны быть в защитном исполнении, а щит управления агрегатами должен помещаться в трансформаторном пункте. На аварийных выпусках из насосных станций для перекачки сточных вод, содержащих нефтепродукты или другие горючие примеси, должны предусматриваться гидравлические затворы.

В отдельных случаях при обосновании технико-экономической целесообразности одна и та же насосная станция может быть использована для перекачки нефти, осадка, активного ила; приемный резервуар при этом устраивают с несколькими отделениями. Коммуникация всасывающих и

напорных труб в совмещенных насосных станциях должна обеспечивать возможность взаимозамены насосов. При этом несколько удорожается строительство, но тогда даже при продолжительной остановке любого насоса исключаются нарушения в работе всей системы канализации.

Насосное оборудование станций должно быть однотипным для каждого вида производственных сточных вод; количество установленных насосов должно быть не менее двух.

В насосных станциях для перекачки кислых, щелочных и близких им по составу сточных вод кроме рабочих насосов должны быть установлены резервные агрегаты.

На насосных станциях для перекачки шламов от станции нейтрализации и химводоочистки при одном рабочем насосе предусматриваются один резервный и один на складе, а при большем числе рабочих насосов два резервных.

Для перекачки кислых сточных вод следует применять кислотоупорные насосы. Выпускаемые отечественной промышленностью насосы имеют производительность 75 — 400 м³/ч и напор 10 — 40 м. Щелочные воды или близкие к ним по составу производственные сточные воды могут перекачиваться фекальными насосами, например насосами типа НФ. Насосы рекомендуется устанавливать под заливом, что облегчает автоматизацию их работы. Фундаменты под кислотоупорные насосы устраиваются из кислотоупорного бетона.

Во всех случаях когда перекачиваемые стоки содержат вредные газы (сероуглерод и др.), над машинным помещением не должны располагаться мастерские, электроподстанции, диспетчерские и другие вспомогательные помещения.

Перекрытия над приемными резервуарами в этих случаях устраивают с учетом возможности образования взрывной волны; располагаются они над

поверхностью земли. Вокруг приемного резервуара устраивается ограждение высотой 1,2 м. Расстояние от резервуаров до цехов должно быть не менее 20 м.

В помещениях насосных станций должна предусматриваться искусственная приточно-вытяжная вентиляция, обеспечивающая трехкратный обмен воздуха в 1 час. Всасывающие трубопроводы станций для перекачки сточных вод, содержащих серную и соляную кислоты, рекомендуется выполнять из нержавеющей стали с усиленным сварным швом, а напорные трубопроводы внутри станции из стальных гуммированных или футерованных пластмассой труб.

При небольшой длине напорных трубопроводов их рекомендуется укладывать для каждого насоса, не устанавливая на трубопроводах 1 задвижек и обратных клапанов. Это особенно целесообразно при перекачке кислых шламовых сточных вод и при автоматизации работы станции. Расчетную скорость движения воды в напорных трубопроводах принимают равной 1,25 — 1,5 м/сек.

При проектировании насосных станций необходимо учитывать не только агрессивные свойства перекачиваемой сточной жидкости, но и характер не растворенных в ней примесей. В соответствии с этими показателями выбираются тип насосных агрегатов, материал трубопроводов и строительные материалы. Так, например, насосные станции для откачки шлама из радиальных отстойников для осветления сточных вод от газоочистки рекомендуется размещать вблизи отстойников с тем, чтобы уменьшить длину подводящего шламопровода.

Насосы применяются повышенной абразивостойкости, легко разбираемые. Учитывая вероятность засорения всасывающего и напорного шламопроводов, предусматривается возможность их периодической промывки. По тем же причинам рекомендуется предусматривать отдельный насос для каждого отстойника. Для промывки всасывающих и напорных трубопроводов в

насосную станцию должна быть подведена вода от технического водопровода высокого давления.

Гидравлическое транспортирование шламов производится при разбавлении их от 7 до 10 раз (при соотношении твердой и жидкой части пульпы 1:7 — 1:8). Во избежание быстрого истирания труб шламопроводов скорость потока в них ограничивается: во всасывающих шламопроводах от 0,8 до 1,2 м/сек, а в напорных 1,2 — 1,5 м/сек.

Напорный шламопровод укладывается не менее чем в две нитки (одна из них резервная). Трубы располагаются на эстакадах или в доступных для осмотра лотках.

Поскольку производственные сточные воды могут иметь высокую и непостоянную температуру, а также содержать летучие вещества и растворенные газы. Эти особенности сточных вод обуславливают необходимость возможно точного определения допустимой высоты всасывания насосов.

1.2.6. Особенности трассирования и гидравлического расчета водоотводящей сети промышленного предприятия

Трассирование канализационной сети на территории промышленных предприятий в связи с наличием на них большого количества подземных и наземных сооружений иногда представляет собой весьма сложную задачу. Чаще всего канализационную сеть укладывают вдоль проездов на определенном расстоянии от оси дороги, учитывая при этом расположение подземных сетей другого назначения.

Расстояние в плане между канализационными трубами и параллельно расположенными зданиями и сооружениями, а также другими сетями внутри промышленной площадки следует назначать в зависимости от конструкции фундаментов зданий и глубины их заложения, от типа дорог, диаметра труб и их материала, а также от назначения сетей и глубины их заложения.

Гидравлический расчет канализационной сети и коллекторов производится исходя из расхода производственных сточных вод при полном развитии промышленного предприятия. При этом следует учитывать возможность форсированного режима работы технологических установок предприятия. Условия работы сети должны проверяться на расходы воды по очередям строительства канализуемых объектов.

При расчете самотечных и напорных канализационных сетей пользуются теми же формулами, что и для бытовых вод. Величина расчетной скорости потока в трубах и каналах принимается в зависимости от количества и свойств не растворенных примесей, находящихся в сточных водах, а также от диаметра труб. Так, например, для сточных вод, содержащих такие примеси, как нефть, жиры и т.п., расчетную скорость принимают равной 0,8 — 0,9 м/сек, а для сточных вод, содержащих тяжелые механические примеси (шлам, легкую окалину, колошниковую пыль и т. п.), - 1,25 — 1,6 м/сек.

Уклоны труб и каналов производственной канализационной сети принимаются исходя из условия обеспечения заданных или допустимых минимальных скоростей потока. Безрасчетным внутрицеховым лоткам и трубам диаметром более 100 мм обычно придается уклон 0,005. Для сточных вод, содержащих значительные количества механических примесей, минимальные уклоны увеличиваются до 0,01. Значительно большие уклоны принимаются при проектировании канализационных линий для отведения сточных вод, содержащих тяжелые примеси. Каналы для отвода сточных вод, содержащих окалину от блюмингов, должны прокладываться с уклоном 0,05 — 0,07. Для сточных вод, содержащих окалину от рельсобалочного стана, - 0,04 — 0,05. Каналы для гидрозолоудаления должны иметь уклон от 0,006 до 0,015, а каналы для гидравлического транспорта шлама при его грануляции не менее 0,015. Трубопроводы для отвода сточных вод от газоочистки укладываются с уклоном 0,005 — 0,006. Для отвода шламовых вод применяют уклон 0,01 и

0,008. Уклон труб большего диаметра определяется расчетом.

Внутрицеховые лотки и трубопроводы должны обеспечить пропуск максимальных секундных расходов воды при принятых уклонах и наполнениях, равных не более 70% площади сечений. Полное наполнение труб диаметром до 300 мм включительно допускается при пропуске душевых и банно-прачечных сточных вод или при кратковременных сбросах производственных сточных вод, а также при отведении дождевых вод. Присоединение самотечных трубопроводов внутренней канализации к наружным сетям, по которым отводятся производственные стоки, содержащие вредные газы и легковоспламеняющиеся жидкости, производится с устройством гидравлических затворов на выпусках из цехов.

Для локализации взрывов и сопровождающего их пламени в трубах сифоны устанавливают также на прямых участках канализационной сети через каждые 250 м.

Гидравлический затвор выполняется в виде колодца с неполной перегородкой или концом трубы, погруженным ниже уровня жидкости на глубину не менее 10 см.

Инженерные сети (канализация, водопровод, водостоки, дренаж и др.) надлежит проектировать как единое подземное комплексное хозяйство с учетом общего планировочного решения промышленной площадки и взаимной увязки всех видов сетей.

В целях более рационального размещения всех подземных сооружений составляют совмещенный план коммуникаций и сетей.

Раздел 2. СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Тема 2.1. Системы очистки сточных вод предприятий

2.1.1. Общие положения и направления очистки производственных сточных вод

Основные показатели сточных водах, отводимых от промышленных предприятий, в значительной мере обусловлены технологией производства и системой водоснабжения и отведения воды. При широчайшем общем перечне веществ, содержащихся в сточных водах предприятий, существует ряд характерных отличий их от городских, составной частью которых они являются.

Производственные сточные воды конкретного предприятия, как правило, содержат по сравнению с городскими, ограниченное число специфических видов загрязнений. Одновременно концентрация их сточных водах и режим поступления в систему водоотведения могут изменяться в очень широких пределах. Другой особенностью является обновление и перепрофилирование производств, что обуславливает непостоянство показателей промышленных сточных вод одного объекта в течение относительно длительного периода времени.

Все загрязнения промышленных сточных вод по видам делят на растворимые и нерастворимые вещества минерального и органического строения, а также летучие вещества и газы.

Современные технологии очистки воды отличаются большим разнообразием методов. По механизму достижения заданных показателей воды методы очистки делятся на две группы - *разделительные* и *деструктурирующие*.

При осуществлении разделительного метода уменьшение величин санитарно-химических показателей обусловлено уменьшением массы загрязняющих

веществ, вследствие извлечения их из воды. Если в результате применения разделительных методов появляется возможность получения утилизируемых продуктов или регенерации технологических растворов, то такие методы очистки воды называются *рекуперативными*.

Применение деструктирующих процессов воздействия на систему загрязняющих веществ также приводит к снижению значений санитарно-химических показателей сточных вод. Однако это сопряжено с разрушением первоначальных веществ и появлением в воде продуктов их деструкции.

Следовательно, разделительные процессы очистки воды обеспечивают уменьшение массы загрязнений в обрабатываемой воде, в то время как деструктивные видоизменяют их химический состав. В строгом смысле деструктирующие процессы методами «очистки сточных вод» являются условно. Поэтому допустимо относить разделительные методы – к методам «истинной» очистки воды, в то время как деструктирующие методы – к методам «формальной» очисткой воды.

Общей задачей очистки производственных сточных вод является достижение показателей, установленных для условий выпуска или использования очищенной воды. Основными направлениями решения этой задачи могут быть тотальная (общая), локальная или селективная системы очистки сточных вод.

Тотальная очистка сточных вод осуществляется с целью достижения эффекта общего улучшения качества воды по многим показателям. Это направление очистки, имеет место при обработке общего потока сточных вод перед выпуском их в систему водоотведения населенного места. Система тотальной очистки сточных вод, как правило, отличается технологической сложностью, сочетающей разделительные и деструктивные методы, большим числом сооружений и оборудования, размещением на специально отведенной территории предприятия. Отходы тотальной очистки сложны в утилизации.

Локальная очистка предполагает обработку локального потока сточных вод перед смешением его с другими потоками с целью обеспечения нормаль-

ных условий эксплуатации водоотводящих сетей и сооружений. Локальной очисткой добиваются предварительного снижения высоких концентраций ограниченного числа специфических загрязнений. Это достигается использованием ограниченного числа разделительных или деструктивных методов. Система локальной очистки сточных вод размещается в местах формирования локальных потоков или перед выпуском их в систему водоотведения предприятия.

Селективная очистка сточных вод устраивается с целью уменьшения или исключения сброса в систему водоотведения концентрированных растворов путем восстановления их технологических свойств. Направление селективной очистки формируется на основе рекуперативных разделительных процессов, так как при этом часто появляется возможность утилизации отделенных примесей. Система селективной очистки располагается в едином технологическом блоке с основным производственным оборудованием.

При разработке систем очистки производственных сточных вод необходимо учитывать также то, что полностью или частично они поступают в коммунальные системы водоотведения, конечным звеном которых являются станции биологической очистки сточных вод. Поэтому направления очистки производственных сточных вод должны определяться не только технологическими требованиями к качеству оборотной или повторно используемой воды, но и условиями минимизации содержания биологически стойких и токсичных компонентов при отведении воды в коммунальные системы.

Выбор технологии очистки сточных вод зависит от размера частиц примесей, физико-химических свойств, концентрации загрязняющих веществ, расхода сточных вод, санитарных и технологических требований, предъявляемых к качеству очищенных вод с учетом дальнейшего их использования.

Для удаления взвешенных частиц из сточных вод используют гидромеханические процессы (периодические и непрерывные) процеживания, отстаивания (гравитационное и центробежное), фильтрование.

Физико-химические методы играют значительную роль при очистке производственных сточных вод. Они применяются как самостоятельно, так и в сочетании с механическими, химическими и биологическими методами. В последние годы область применения физико-химических методов очистки расширяется, а доля их среди др. методов очистки возрастает.

К физико-химическим методам очистки сточных вод относят коагуляцию, флотацию, адсорбцию, ионный обмен, экстракцию, ректификацию, выпаривание, дистилляцию, обратный осмос и ультрафильтрацию, кристаллизацию, десорбцию и др. Эти методы используют для удаления из сточных вод тонкодисперсных взвешенных частиц (твердых и жидких), растворимых газов, минеральных и органических веществ.

Биологическая очистка основана на жизнедеятельности микроорганизмов, которые способствуют окислению или восстановлению органических веществ, находящихся в сточных водах в виде тонких суспензий, коллоидов, в растворе и являются для микроорганизмов источником питания, в результате чего и происходит очистка сточных вод от загрязняющих веществ.

Очистные сооружения промышленных предприятий можно классифицировать следующим признакам:

- ✓ по гидравлическим условиям работы: проточные, непроточные и комбинированные;
- ✓ по режиму работы: непрерывно работающие и периодически работающие;
- ✓ по характеру работы в системе водного хозяйства: работающие в прямоточной системе, работающие в оборотной (частично замкнутой) системе, работающие в прямоточной системе с повторным использованием воды и работающие в полностью замкнутой (бессточной) системе;

- ✓ по месту сброса очищенных сточных вод: со сбросом в производственную канализацию, со сбросом в городскую канализацию, со сбросом в водоем;
- ✓ по схеме очистки: одноступенчатые и многоступенчатые, с обессоливанием воды и без обессоливания воды, реагентные, малореагентные и безреагентные;
- ✓ по применяемой технологии очистки: нейтрализационные, механической, химической очистки, физико-химической очистки, биологической очистки и комбинированные.

2.1.2. Механическая очистка сточных вод

К одним из распространенных видов загрязняющих веществ производственных сточных вод относят нерастворенные минеральные и органические включения, размеры и концентрация которых колеблются в широких пределах.

В зависимости от свойств загрязняющих веществ производственных сточных вод и требований к качеству очищенной воды применяют различные процессы, очистные сооружения и оборудование, а также их комбинации. В системах гидромеханической очистки сточных вод применяются процессы усреднения, процеживания, гравитационного и инерционного разделения и фильтрования. Классификация основных процессов, сооружений и устройств для механической очистки воды представлена на рис. 2.1. Все процессы механической очистки сточных вод относятся к разделительным.

Задержание крупных примесей осуществляют с использованием процессов процеживания. Для извлечения более мелких дисперсных загрязняющих примесей – гравитационное разделение и фильтрование. Процесс инерционного разделения загрязняющих веществ используют при их высоком содержании в сточных водах и достаточном различии их плотностей.

Гидромеханическая очистка, как правило, является предварительной и реже единственной ступенью в системе технологического процесса тотальной очистки производственных сточных вод.



Рис. 2.1. Основные процессы, сооружения и оборудование для осуществления гидромеханической очистки производственных сточных вод.

Сооружения и оборудование, осуществляющие локальную гидромеханическую очистку сточных вод, как правило, устанавливаются на цеховых выпусках и локализованных потоках. Их функциональное предназначение – обеспечение надежной работы водоотводящих сетей и регулирующих емкостей. Однако все задачи очистки сточных вод в полной мере они не решают.

Усреднение производственных сточных вод

Выравнивание колебаний концентрации загрязняющих веществ, регулирование расхода сточных вод, а также частичное отделение нерастворенных примесей из воды обеспечивает процесс усреднения, решая одну из задач гидромеханической очистки.

В зависимости от характера изменения величин расхода и концентрации загрязняющих веществ режим поступления сточных вод в отводящую систему предприятия может быть представлен одним из характерных графиков, приведенных на рис. 2.2.

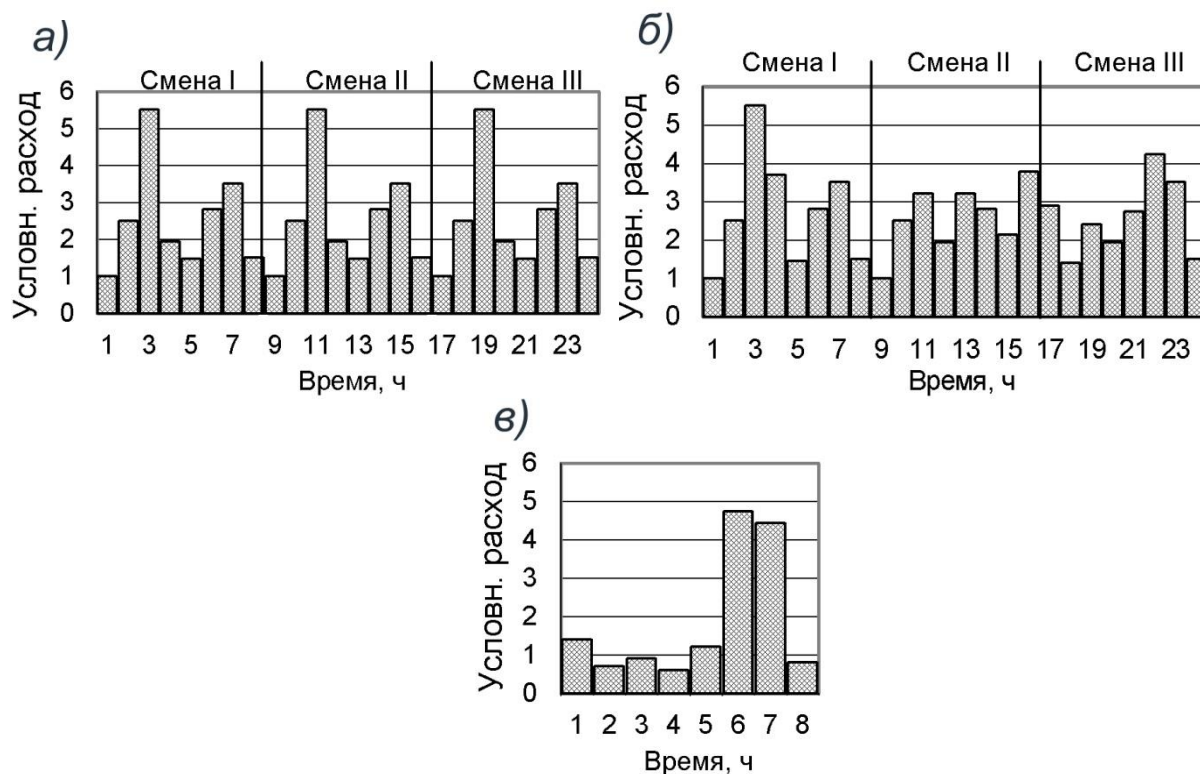


Рис. 2.2. Режимы отведения производственных сточных вод:

а – циклический; б – несистематический; в – залповый.

Первоначально, усреднение сточных вод применялось как наиболее простой способ достижения требований к показателям производственных сточных вод, отводимых в коммунальные системы канализации, так как в усредненном стоке меньшее число показателей превышало установленные значения ПДК, а если и превышало, то на меньшие величины.

В дальнейшем, в результате ужесточения требований к сточным водам предприятий, принимаемых в коммунальные системы водоотведения, оказались меньше установленных значений ПДК, усреднение, как процесс, стало подготовительной операцией для обеспечения стабильной работы очистных систем. Поступление на очистные сооружения производственных сточных вод с постоянным расходом и усредненной концентрацией загрязняю-

щих веществ создает ряд преимуществ — повышение эффективности как гидромеханической, так и последующих физико-химической и биологической очистки сточных вод. В результате этого достигаются более высокие качественные показатели очищенной воды. Введение в комплекс очистных сооружений резервуаров-усреднителей позволит продлить срок службы очистных сооружений.

Выравнивание колебаний расхода и концентрации загрязняющих веществ производственных сточных вод можно обеспечить несколькими путями. При выравнивании колебаний притока сточных вод, усреднительные сооружения могут располагаться на основном канале сточных вод перед очистными сооружениями. В этом случае все сточные воды проходят через усреднитель. Иногда усреднители устанавливают на обводных линиях параллельно основному технологическому каналу и отводят в них лишь избыточный расход сточных вод. В обоих случаях применением системы регулирования достигается снижение колебания расходов сточных вод до расчетного уровня.

Усреднение расхода сточных вод может быть также достигнуто путем устройства системы отбора постоянного расхода с помощью насосов. В этом случае эффективность усреднения меньше зависит от вместимости резервуара - усреднителя.

Для выравнивания колебаний концентрации загрязняющих веществ в поступающих сточных водах применяют усреднение, основанное на принципах перемешивания поступающей воды с находящейся в усреднителе, или дифференцирования потока.

В усреднителях с перемешиванием поступающей сточной воды применяются механические мешалки, насосы и другие устройства (рис. 2.3 и 2.4.).

Особенность этого сооружения состоит в гидравлическом регулировании расхода сбрасываемой воды при колебаниях расхода поступающей.

Наиболее удобными в эксплуатации являются перфорированные трубчатые барботеры, особенно из некорродирующих материалов (например, из поли-

этилена). Строительный материал для усреднителей выбирают с учетом химического состава сточных вод. При наличии в производственной сточной воде взвешенных веществ барботеры должны препятствовать их осаждению.

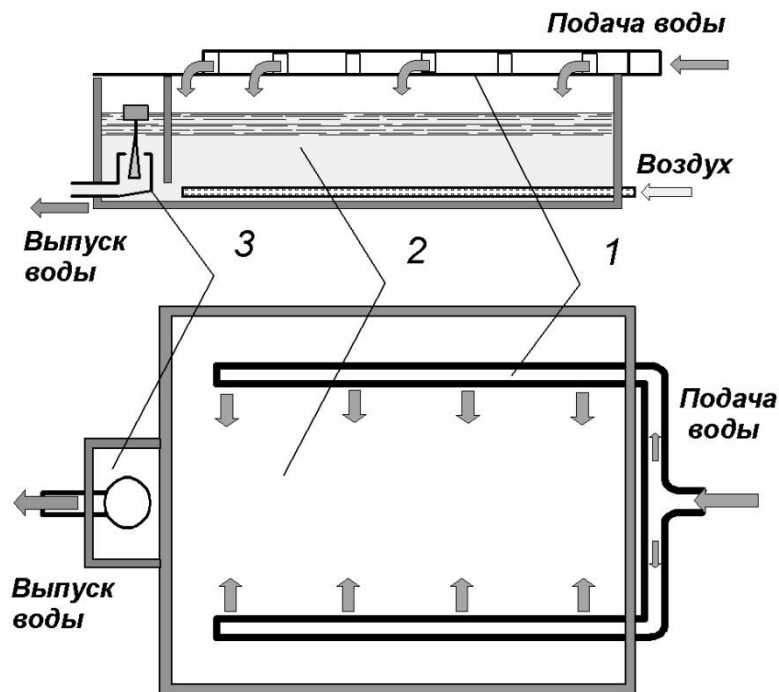


Рис. 2.3. Усреднитель расхода с барботажным перемешиванием и регулирующим устройством на выпуске:

1 – распределительные каналы; 2 – буферный объем воды; 3 – регулирующее выпускное устройство

При перемешивании с помощью сжатого воздуха интенсивность аэрации зависит от концентрации взвешенных веществ и их гидравлической крупности и изменяется в пределах от 5 до 12 м³/ч на 1 м барботера. Усреднитель с барботированием воды воздухом рекомендуется применять для усреднения сточных вод с содержанием взвешенных веществ до 500 мг/л. При большем содержании взвешенных веществ применяются усреднители с механическим перемешиванием и отстойной частью. Для высококонцентрированных промышленных сточных вод усреднители обычно размещают после отстойников или оборудуют их осадочной частью.

Усреднитель с внешним перемешиванием насосной установкой приведен на рис. 2.4. Насосная установка здесь обеспечивает достаточный циркуляцион-

ный расход воды для перемешивания и подает воду на очистные сооружения, так как усреднители, как правило, заглублены.

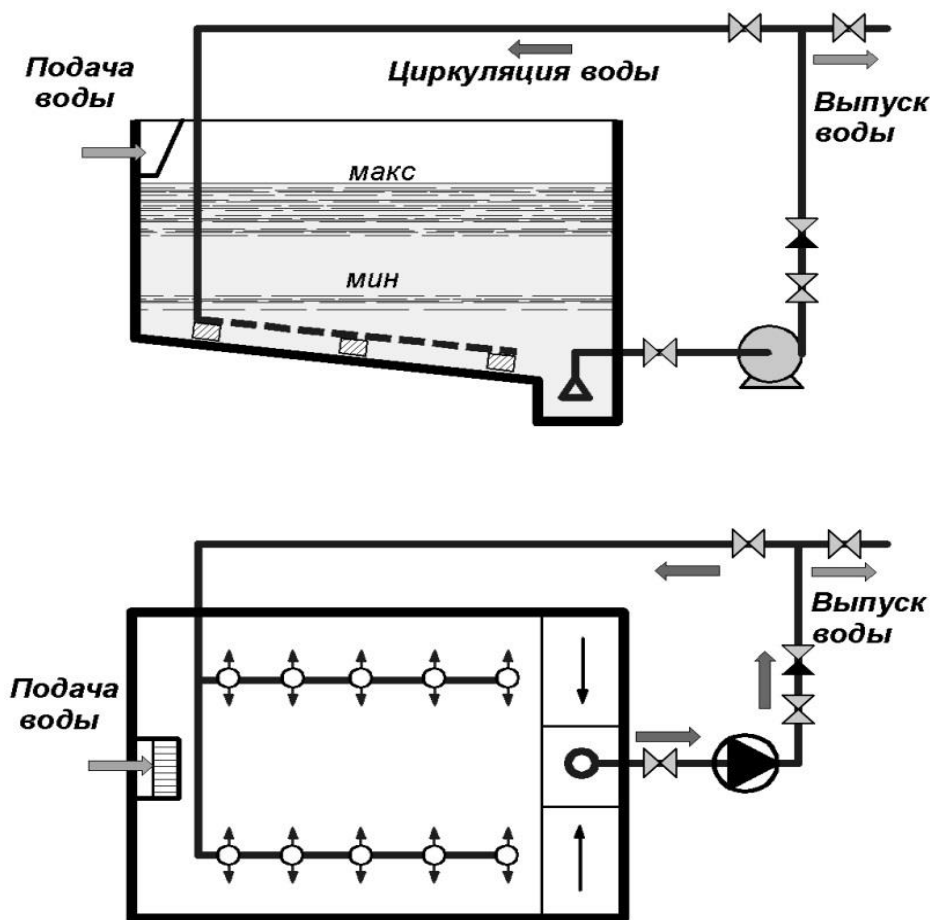


Рис. 2.4. Усреднитель расхода с циркуляционной насосной установкой.

Принцип усреднения с дифференцированием потока поступающих сточных вод состоит в «смещении по времени» частей потока. Сточная вода при подходе к усреднителю с дифференцированием потока (рис. 2.5.) разветвляется на две части и подается в равных количествах к правой и левой половинам, а затем поступает в распределительные желоба, равномерно распределяющие сточную воду по всему сечению усреднителя. Часть сточной воды, поступившая в первый, наиболее короткий коридор, сразу же начинает сливаться в сборный желоб, где смешивается с водой, поступающей из других коридоров. Часть же стока из длинного коридора начнет сливаться в сборный желоб значительно позже и будет смешиваться с водой, поступившей в усреднитель ранее из более коротких коридоров. Таким образом, усреднение концентрации сточ-

ных вод происходит в результате разделения отдельных частей потока во времени.

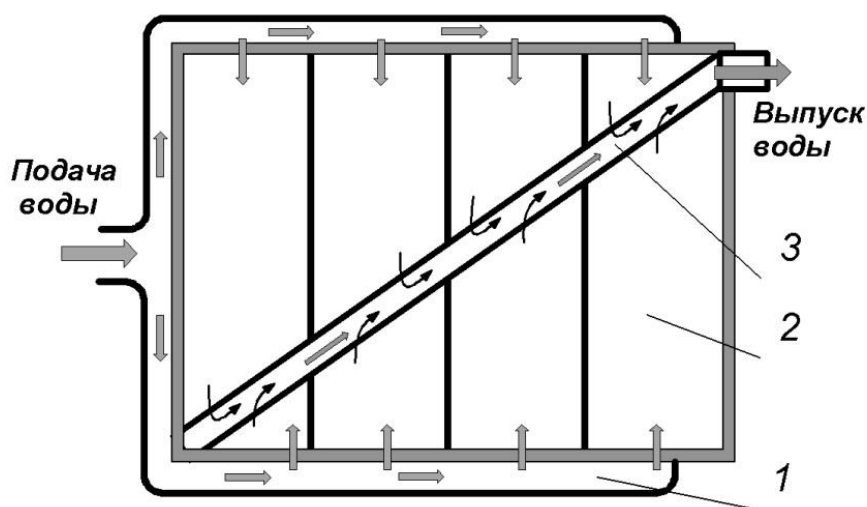


Рис. 2.5. Усреднитель концентрации сточных вод с дифференцированием потока:

1 – распределительные каналы; 2 – буферный объем воды; 3 – сборный лоток.

Усреднители с дифференцированием потока рекомендуется применять при залповых сбросах высококонцентрированных сточных вод. При циклических колебаниях рекомендуется применять усреднитель с перемешиванием.

Объем усреднителя определяют с учетом колебаний концентрации загрязняющих веществ в сточных водах.

В зависимости от местных условий и компоновочных решений резервуар-усреднитель может быть как отдельно стоящим, так и расположенным внутри здания очистных сооружений. Резервуар выполняется из металла, сборного или монолитного железобетона. В высотное положение резервуара-усреднителя должно обеспечивать самотечное поступление в него сточных вод.

Принципы расчета усреднителей (по концентрации)

Для расчета усреднителя по концентрации предварительно определяют показатель усреднения по выражению:

$$K = \frac{C_{\max} - \bar{C}}{C_{\text{ндк}} - \bar{C}} \text{ при } C_{\text{ндк}} > \bar{C} \quad (2.1)$$

где $C_{\max}$ – наибольшая концентрация загрязняющих веществ в поступающих сточных водах; $C_{\text{ндк}}$ – наибольшая допустимая концентрация сточных вод; $\bar{C}$ – концентрация загрязняющих веществ после усреднения.

Вместимость усреднителя определяют в зависимости от условий усреднения и типа сооружения с использованием таблицы 2.1.

Таблица 2.1

Определение вместимости усреднителей

Тип усреднителя	Вид профиля притока сточных вод	
	залповый	циклический
С перемешивающими устройствами	$K < 5$ $W = \frac{1,3Q \cdot T_3}{\ln\left(\frac{K}{K-1}\right)}$	$K < 5$ $W = 0,21Q \cdot T_{\text{ц}} \sqrt{K^2 - 1}$
	$K \geq 5$ $W = 1,3Q \cdot T_3 K$	$K \geq 5$ $W = 1,3Q \cdot T_{\text{ц}} K$
С дифференцированием потока	$W = 1,3Q \cdot T_3 \frac{K}{2}$	$W = 1,3Q \cdot T_{\text{ц}} \frac{K}{2}$
Многоканальный	$W = Q \cdot T_3 \frac{K}{2}$	$W = 1,3Q \cdot T_{\text{ц}} \frac{K}{2}$

Процеживание сточных вод. Решетки

Для удаления из воды наиболее крупных загрязнений используются решетки и сита. Решетки обычно выполняют роль защитных сооружений и служат, в основном, для извлечения крупных отходов производства (мездра, бумага, тряпье, обломки древесины, камни, мусор), попадание которых в последующие очистные сооружения может вызвать засорение труб и каналов, а также нарушение нормальной работы или поломку движущихся частей оборудования.

Решетки подразделяются на неподвижные, подвижные и совмещенные с дробилками (комминуторы). Они могут быть с механической или ручной очисткой, устанавливаться вертикально или наклонно, под углом 60°. Решетки

изготавливают из металлических стержней различной формы, чаще всего круглой или прямоугольной. Ширину зазоров (прозоров) между ними принимают от 15 до 20 мм, стандартные прозоры равны 16 мм.

Очистку решеток от задержанных загрязнений можно производить вручную, если количество уловленных загрязнений не превышает $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$, и механическими граблями. Грабли можно устанавливать перед решеткой и после нее. Уловленные на решетках загрязнения измельчают в специальных дробилках и возвращают в поток воды перед решеткой.

Применение получили решетки следующих типов: решетки механические унифицированные РМУ, поворотные МГТ, малогабаритные вертикальные РМВ, комбинированные решетки-дробилки типов РД и КРД. Схема решетки-дробилки приведена на рис. 2.6

Решетки-дробилки совмещают функции решетки и дробилки, применяются для задержания и дробления отходов без извлечения их из потока сточной воды.

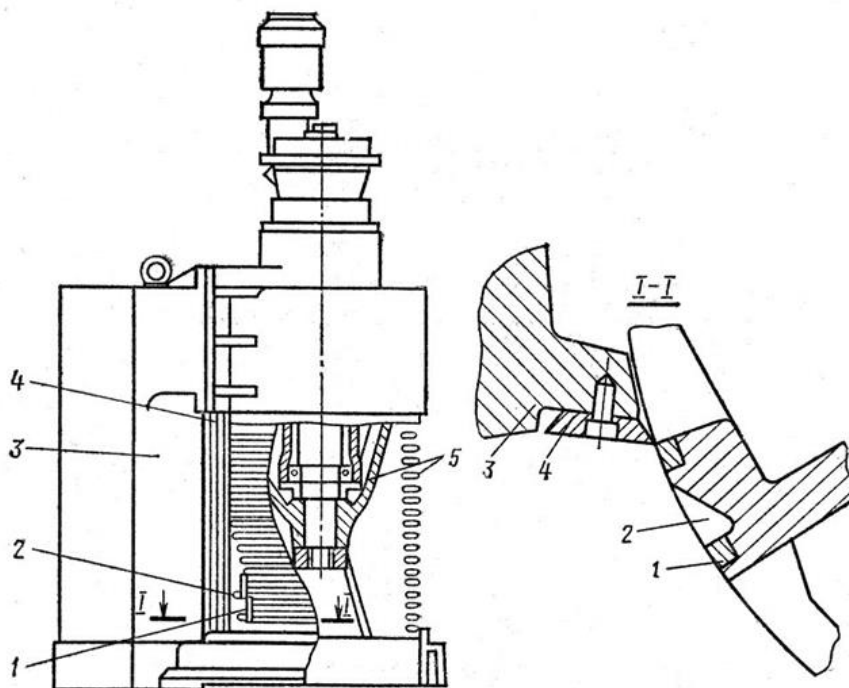


Рис. 2.6. Решетка-дробилка (комминуторы) тип РД:

1 – режущая планка; 2 – карман ловушка; 3 – колонна; 4 – ответная планка; 5 – барабан.

Решетка-дробилка состоит из левого барабана с режущими пластинами и резцами, корпуса с трепальными гребнями и приводного механизма. Сточная вода поступает на вращающийся барабан с щелевидными отверстиями, проходит внутрь барабана (скорость 1,2 м/с) и движется далее вниз к выходу из решетки-дробилки. Крупные фракции загрязнений задерживаются на перемычках между щелевыми отверстиями барабана и транспортируются при вращении барабана к трепальным гребням, закрепленным на неподвижном корпусе.

Такая конструкция является компактной, а процесс можно полностью автоматизировать.

Решетки-дробилки задерживают и дробят отбросы в потоке воды, в результате чего отпадают процессы транспортирования их к дробилке и улучшаются санитарные условия.

Скорость движения воды в прозорах механизированных решеток принимают 0,8-1,0 м/с, для избежание продавливания отбросов.

Решетки размещают в отдельных отапливаемых и вентилируемых помещениях, снабженных грузоподъемными приспособлениями.

Процеживание сточных вод. Сита и микропроцеживатели

Сита разных типов применяются для выделения из производственных сточных более мелких взвешенных веществ. Наибольшее распространение получили дуговые и барабанные сита.

Дуговые сита выпускаются с неподвижной или подвижной сеткой. Лучшими эксплуатационными показателями обладают дуговые сита с подвижной сеткой, размеры ячеек которой 0,15...2,5 мм (рис. 2.7).

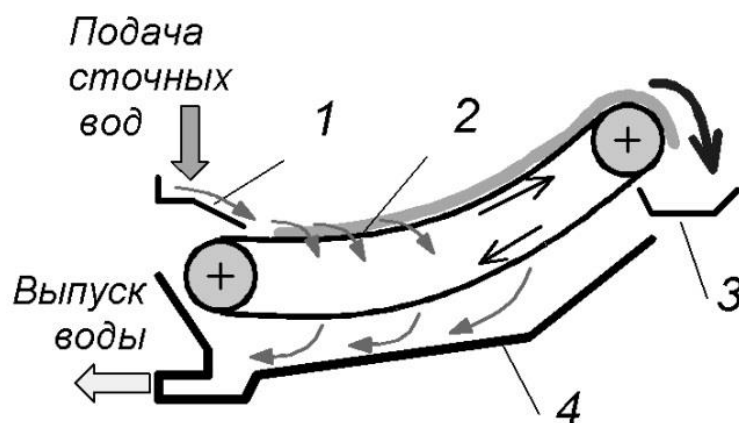


Рис. 2.7. Дугообразное сито с движущейся сеткой:

1 – лоток подачи сточных вод; 2 – сетка; 3 – транспортерная лента для мусора; 4 – поддон для сбора очищенной сточной воды.

Достоинства дуговых сит по сравнению с плоскими решетками состоят в малом перепаде уровней воды в подводящем и отводном каналах при значительной неравномерности притока сточных вод и возможности визуального контроля всей рабочей поверхности без остановки оборудования.

Взвешенные вещества в форме волокон обладают особыми свойствами, которые создают значительные трудности для эксплуатации водоотводящих сооружений. Частицы волокон в потоке движущейся жидкости ориентируются вдоль потока, что препятствует их задержанию в процеживателях в виде плоских сеток. Другой особенностью волокон является их способность к «сваливанию», что существенно усложняет отделение от процеживающей поверхности, ее очистку.

Для удаления более мелких взвешенных веществ применяются вращающиеся сита и микрофильтры. В практике используются вращающиеся сита трех типов: барабанные сетки, дисковые и ленточные волокнуловители, плоские (подъемные) сита, а также микропроцеживатели.

Барабанные сетки представляют собой непрерывно действующий механизм в виде вращающегося барабана, на который натянута тонкая металлическая сетка. Размеры ячеек барабанных сеток 0,3-0,8 мм, а микрофильтров 0,04-0,07 мм. Рабочая сетка располагается между поддерживающими слоями, име-

ющими ячейки размером 10x10 мм. Схема барабанного сита с механической очисткой сетки приведена на рисунке 2.8.

Барабан погружен в воду на глубину 0,6-0,85 от диаметра и вращается в камере со скоростью 0,1-0,5 м/с. Сточная вода может фильтроваться как через внутреннюю, так и через наружную поверхность барабана в зависимости от его конструкции. Скорость процеживания 0,8-1,0 м/с. Задержанные сеткой примеси могут смываться промывной водой с давлением 0,15-0,2 МПа и удаляться вместе с ней или удаляются механически.

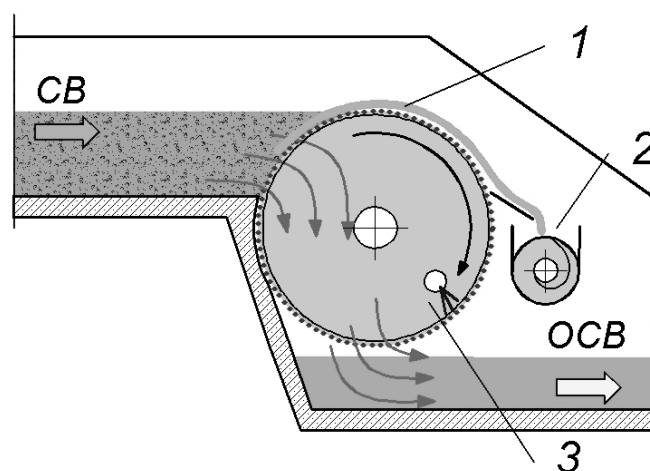


Рис. 2.8. Схема барабанного сита с механической очисткой сетки:

1 – барабан; 2 – шиновый транспортер; 3 – промывное устройство.

Эффективность очистки воды на барабанных сетках 40-45 %, а на микрофильтрах 40-60 %. Производительность сита зависит от диаметра барабана (1,5-3,0 м) и его длины (1-4,5 м) и составляет до 1500 м³/ч.

Волокноуловители разных конструкций применяют для удаления волокна из сточных вод предприятий.

Волокноуловитель дискового типа (рис. 2.9) предназначен для извлечения волокнистых загрязняющих веществ из сточных вод предприятий шерстяной промышленности. Поступающие сточные воды через распределительное устройство 1 изливаются на поверхность фильтрующего диска 2. Вода процеживается и стекает в отводящий канал. Волокна, отлагающиеся на поверхности фильтрующего диска, отделяются устройством 3 и направляются на транспортер 5 для последующей утилизации.

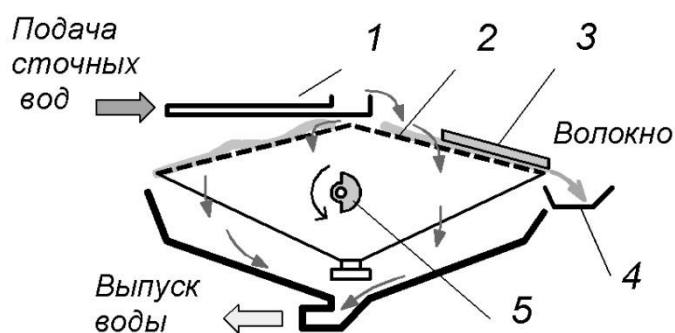


Рис. 2.9. Волокноуловитель дисковый вибрационного типа:
1 – водораспределитель; 2 – диск с отверстиями; 3 – устройство для снятия волокна; 4 – сборник волокна; 5 – вибратор.

Интенсификация работы волокноуловителя и съема волокна осуществляется вибрацией процеживающей поверхности.

Производительность волокноуловителя до $120...140 \text{ м}^3/\text{ч}$, эффективность задержания волокна $80...90\%$.

Существенным недостатком дискового волокноуловителя является необходимость создания значительного перепада уровней воды в подводящем и отводном каналах.

Волокноуловители ленточного типа (рис. 2.10) более просты в эксплуатации и не требуют создания большого перепада уровней в подводящих и отводных каналах. Благодаря этому, они могут устанавливаться непосредственно перед цеховыми выпусками. Процеживание сточных вод осуществляется через полиамидную сетку 2 с ячейками размером $1,0 \times 1,0 \text{ мм}$. Материал сетки способствует эффективному задерживанию частицы волокон и способствует более полному их отделению устройством 3. Эффективность задержания волокна составляет $50...80\%$.

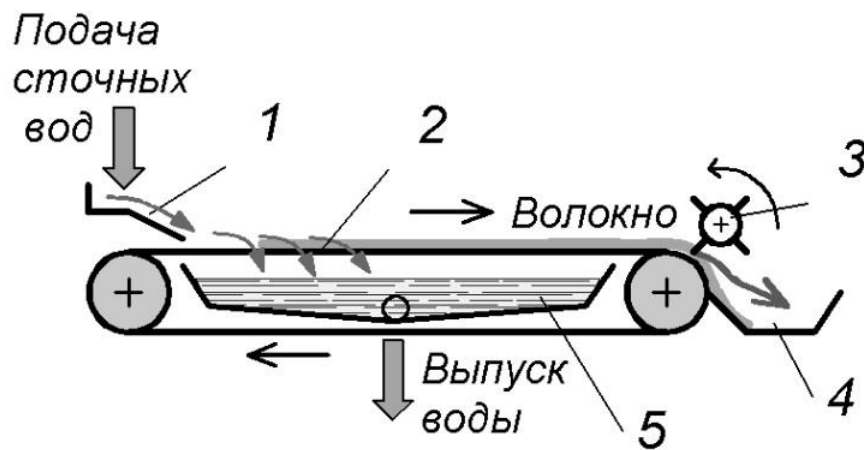


Рис. 2.10. Волокнуловитель ленточного типа:

1 – распределительный лоток; 2 – фильтрующая полиамидная сетка;
3 – барабан со щетками для сброса волокна; 4 – сборник волокна; 5 – поддон для очищенной воды.

Плоская подъемная сетка представляет собой проволочное полотно, натянутое на стальную раму. Рабочая сетка изготавливается из проволоки диаметром 1-1,5 мм с ячейками от 2х2 до 5х5 мм, поддерживающая из более толстой проволоки диаметром 2-5 мм с ячейками 20х20 мм. Размеры таких сеток 0,8х2 м. Скорость прохождения воды в них 0,2-0,4 м/с.

Для разделения взвешенных веществ на фракции могут быть использованы фракционаторы, основной частью которых является вертикальная сетка, разделяющая емкость на две части. Диаметр отверстий сетки 0,06-0,1 мм. При разделении 50-80 % взвешенных частиц остается в грубой фракции.

Для удаления из сточной жидкости очень мелких нерастворенных частиц за рубежом применяют микропроцеживатели.

Микропроцеживатель (рис. 2.11.) представляет собой барабан, помещенный в резервуар. Сточные воды поступают во внутреннюю часть барабана 1 и фильтруются через его боковую поверхность, покрытую фильтрующей сеткой в резервуар 5. Очищенная вода из резервуара отводится самотеком. Извлекаемые частицы загрязнений откладываются на внутренней поверхности барабана, откуда смываются промывным устройством 2 в сборный лоток 3. Отвод грязных промывных вод осуществляется по трубопроводу 4.

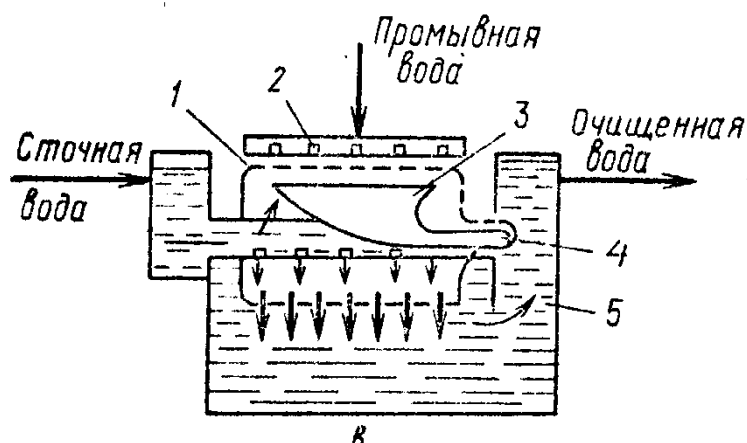


Рис.2.11. Схема устройства микропроцеживателя: 1— вращающийся барабан; 2 — устройство для промывки; 3 — лоток для сбора промывных вод; 4 — труба для отвода промывных вод; 5 — камера для удаления осветленной воды.

Микропроцеживатели имеют диаметр барабана 0,75... 3 м. Пропускная способность микропроцеживателей 20000...45000м³/сут.

Для разделения взвешенных веществ на фракции могут быть использованы *фракционаторы*, основной частью которых является вертикальная сетка, разделяющая емкость на две части. Диаметр отверстий сетки 0,06-0,1 мм. При разделении 50-80 % взвешенных частиц остается в грубой фракции.

Очистка сточных вод инерционным разделением

Назначение инерционных разделителей — извлечение дисперсных загрязняющих веществ, имеющих плотность, отличающуюся от плотности воды, в поле центробежных сил.

Оборудование для очистки сточных вод, использующее этот принцип, представлено разными типами гидроциклонов, жидкостных сепараторов и центрифуг.

Гидроциклоны осуществляют разделение твердых загрязняющих веществ и воды с использованием сил инерции. Их применяют для осветления сточных

вод и сгущения осадков. По конструктивным особенностям они разделяются на напорные и открытые.

Гидроциклоны просты по устройству, компактны, легко обслуживаются, имеют высокую производительность, невысокую стоимость. Вращательное движение жидкости в гидроциклоне, приводящее к сепарации частиц, обеспечивается тангенциальным подводом воды к цилиндрическому корпусу. Вращение потока способствует агломерации частиц и увеличению их гидравлической крупности. При высоких скоростях вращения центробежные силы значительно больше сил тяжести. Скорость движения частицы в жидкости зависит от ее диаметра, разности плотностей фаз, вязкости и плотности сточной воды, ускорения центробежного поля. При больших значениях скоростей и малых радиусах гидроциклонов сила, действующая на частицу взвеси во вращающейся жидкости, будет значительно превосходить скорость их свободного осаждения.

Кроме физических свойств жидкости, на эффективность работы гидроциклонов влияют конструктивные размеры (диаметр аппарата и устройство впускных и выпускных патрубков). Чем меньше диаметр гидроциклона, тем выше (при одинаковом напоре) его эффективность.

Напорные гидроциклоны используют для выделения только агрегатостойчивых грубодисперсных примесей, имеющих плотность отличающуюся от плотности воды. В большинстве случаев их применяют для отделения тяжелых примесей.

Очистка воды в гидроциклоне осуществляется следующим образом (рис. 2.12). Загрязненная вода с большой скоростью поступает по патрубку 2 внутрь цилиндрической части циклона 3, где создается внешний винтовой поток жидкости 4, направленный вниз.

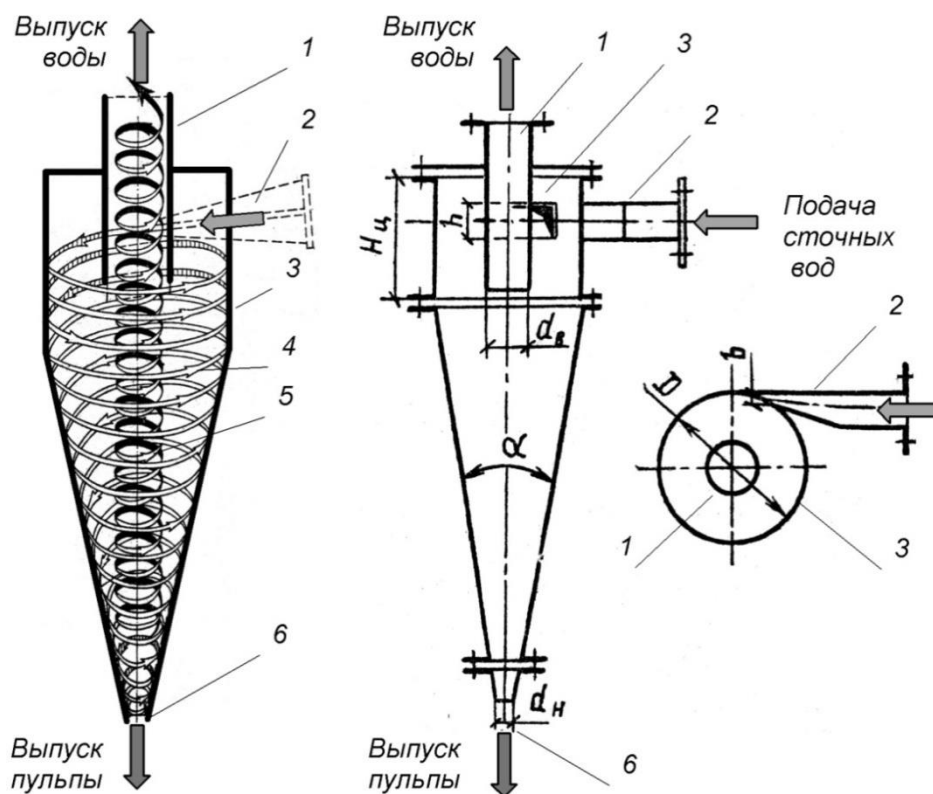


Рис. 2.12. Принцип работы и схема напорного гидроциклона:

1 — внутренний цилиндр; 2 — впускной патрубок; 3 — внешний цилиндр; 4 и 5 — внутренний и внешний винтовой потоки; 6 — сливной патрубок.

Под действием центробежных сил частицы, имеющие различные плотности распределяются так, что самые тяжелые приближаются к внутренней поверхности внешнего цилиндра, а легкие и вода образуют внутренний винтовой поток 5, направленный вверх и отводятся через внутренний цилиндр 1. Тяжелые частицы во внешнем винтовом потоке смещаются по конической части к выпускному патрубку 6 и выводятся в виде концентрированной пульпы.

Главные недостатки напорных гидроциклонов — большой расход электроэнергии, а также износ стенок устройства. Для предотвращения износа изнутри стенки футеруются износостойкими материалами.

Открытые гидроциклоны используют для выделения из сточных вод оседающих и грубодисперсных всплывающих примесей. Открытые гидроциклоны бывают без внутренних устройств, с внутренней конической диафрагмой и внутренней цилиндрической перегородкой (рис. 2.13).

Открытые ГЦ применяют для выделения грубодисперсных примесей (ГДП) с гидравлической крупностью $U_0 > 0,2$ мм/с.

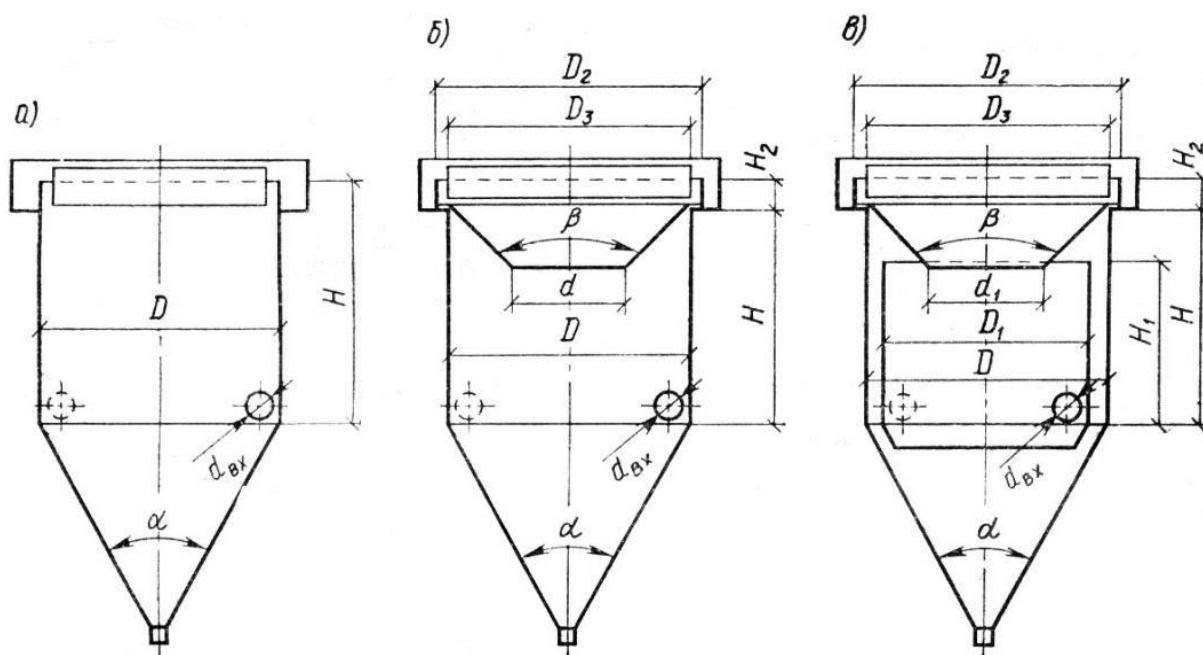


Рис. 2.13. Открытые гидроциклоны:

а — гидроциклон без внутренних устройств; *б* — гидроциклон с внутренней диафрагмой; *в* — гидроциклон с внутренней диафрагмой и внутренним цилиндром.

Многоярусные гидроциклоны применяют для выделения тяжелых грубодисперсных примесей и нефтепродуктов, не способных к агломерации.

Конструкция открытого многоярусного гидроциклона показана на рис. 2.14.

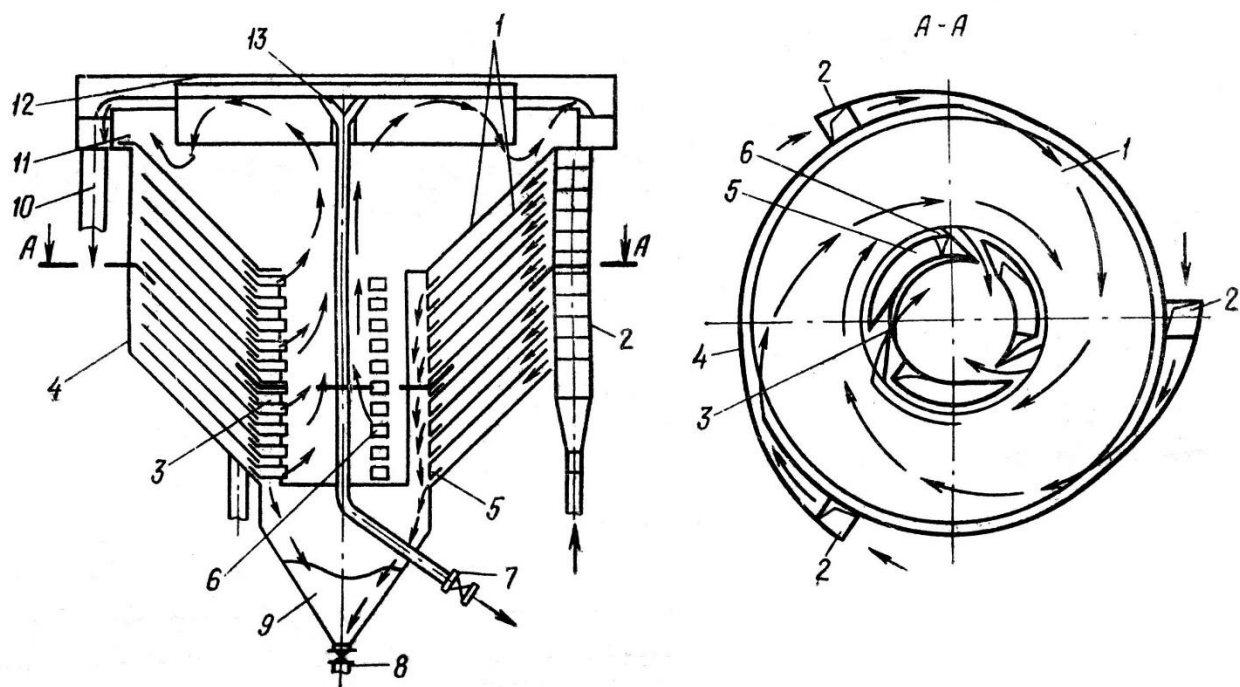


Рис. 2.14. Многоярусный открытый низконапорный гидроциклон:

1 — конические диафрагмы; 2 — впускные камеры; 3 — насадки для отвода воды; 4 — корпус; 5 — шламopриемные щели; 6 — окна для отвода масел; 7 — трубопровод для отвода масел; 8 — трубопровод для отвода пульпы; 9 — бункер для шлама; 10 — выпуск очищенной воды; 11 — водосливная стенка; 12 — маслоудерживающий щит; 13 — воронка приема масел.

Сточная жидкость вводится тангенциально через камеры 7 в пространство между разделительными тарелками 2. Шлам собирается в бункере 3. Плавающие примеси, например масло, поднимаются вверх и попадают в воронку 6. Осветленная вода отводится через водослив 4. Достоинства гидроциклонов — их компактность и простота обслуживания. Кроме этого, они имеют высокую пропускную способность. Обобщенные показатели открытых гидроциклонов приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Показатели открытых гидроциклонов

Показатели	Вид гидроциклона			
	Без внутренних устройств	С конической диафрагмой	С конической диафрагмой и внутренним цилиндром	Многоярусный
Гидр. крупность задерживаемых частиц, U_0 , мм/с	≥ 5	≥ 2	$> 0,2$	$> 0,5$
Диаметр ГЦ, D , м	2...10	2...6	2...6	2...6
Угол конической части, α , град	60°	60°	60°	60°
Угол конуса диафрагмы, β , град	-	90°	90°	60...90°
Высота цилиндрической части, H	D	D	$D + 0,5$	-
Высота яруса, м	-	-	-	0,15...0,2
Показатель внутренних устройств, K	0,61	1,96	1,98	$\frac{D^2 - D_{ц}^2}{D^2}$

Жидкостные сепараторы предназначены для разделения эмульсий и суспензий в поле центробежных сил. Особенность их устройства заключается в малых величинах длины пути разделения. На рис.2.15 дана схема устройства барабана сепаратора.

Сепаратор работает следующим образом. Сточная вода по центральной питающей трубе поступает во внутреннюю полость тарелкодержателя, а затем в шламовое пространство барабана, где под действием центробежной силы наиболее крупные и тяжелые частицы отбрасываются к периферии. Вода с частицами, размер и удельный вес которых недостаточно велики для выделения в шламовом пространстве, направляется в пакет конических тарелок.

Тонкослойный ламинарный поток влечет в межтарелочные пространства мельчайшие частицы осадка, которые, оседая на внутренних поверхностях тарелок, соскальзывают с них в шламовое пространство. Фугат поднимается по наружным каналам тарелкодержателя в камеру напорного диска и выводится из барабана. Сепарация продолжается до полного заполнения шламового про-

странства осадком. Затем механизмом разгрузки шлам выбрасывается в приемник шлама.

Предварительная реагентная обработка сточных вод позволяет значительно повысить эффект очистки на жидкостных сепараторах. Механические сепараторы получили распространение для очистки сточных вод промышленных предприятий, использующих аналогичное оборудование в технологии основного производства.

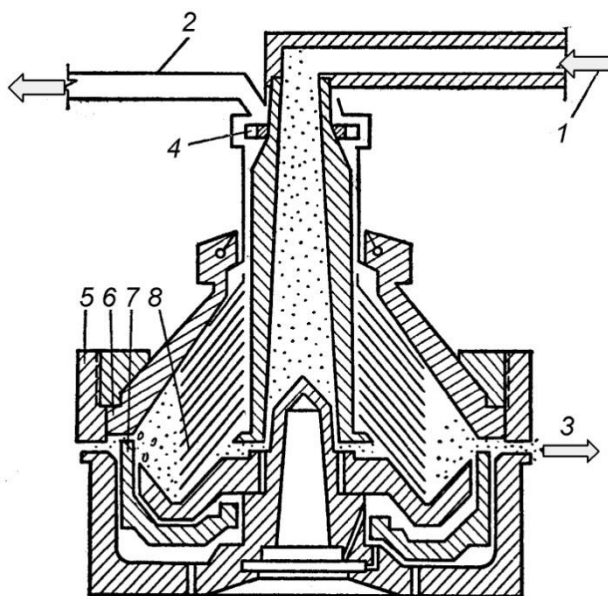


Рис. 2.15. Барабан сепаратора с пульсирующей выгрузкой шлама (в работе при выгрузке):
1 — подача сточной воды; 2 — выпуск очищенной воды (фугата); 3 — выпуск шлама; 4 — напорный диск; 5 — уплотнительное кольцо; 6 — крышка; 7 — поршень; 8 — тарелки.

Центрифугив последнее время находят все более широкое применение для осветления сточных вод. Чаще всего используют осадительные центрифуги непрерывного или периодического действия для локальной очистки сточных вод, когда выделенный осадок благодаря ценным свойствам должен быть утилизирован. Наибольшее распространение получили осадительные горизонтальные шнековые центрифуги непрерывного действия типа ОГШ, центрифуги периодического действия маятникового типа ОМ и осветляющие трубчатые типа ОТР. Жидкостные центрифуги применяют при расходе производственных

сточных вод $50 \dots 100 \text{ м}^3/\text{ч}$, для выделения частиц с гидравлической крупностью $0,05 \dots 0,2 \text{ мм/с}$

Центрифуги периодического действия обычно применяют при концентрации взвешенных веществ не более $2 \dots 3 \text{ г/л}$. На рисунке 2.16 приведена схема ротора горизонтальной осадительной центрифуги. Отделение тяжелой фазы в поле центробежных сил происходит во внутренней полости ротора, куда подается сточная вода через отверстия в шнеке. Вследствие вращения ротора, осадок на его внутренней поверхности уплотняется и перемещается в зону разгрузки шнеком, который вращается со скоростью, несколько отличающейся от скорости вращения ротора.

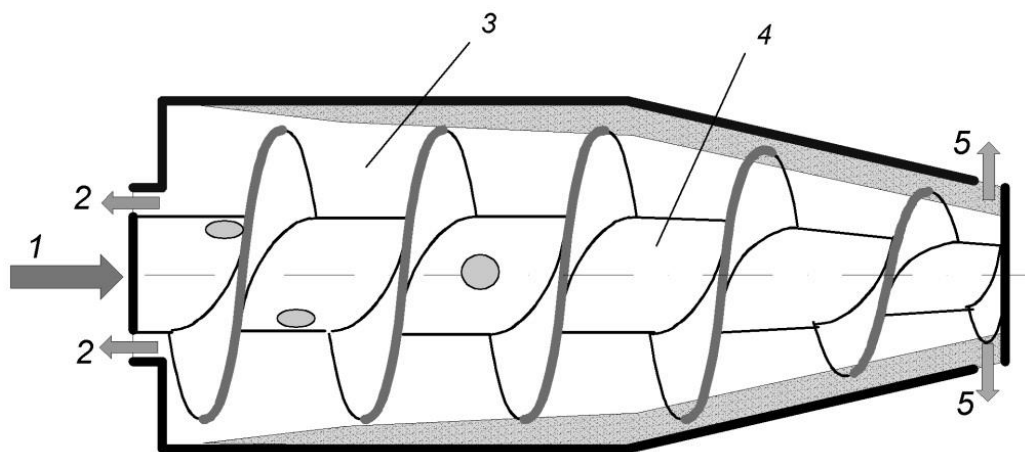


Рис. 2.16. Схема ротора центрифуги типа ОГШ:

1 — подача сточной воды; 2 — выпуск воды (фугата); 3 — зона разделения в корпусе ротора; 4 — шнек ротора; 5 — зона разгрузки отвод кека.

Достоинством методов очистки сточных вод с использованием центробежных и инерционных сил является большая производительность оборудования и компактность его размещения. К общим недостаткам следует отнести значительный вынос дисперсной фазы с очищенной водой. Поэтому наиболее эффективно этот тип разделителей использовать на стадии предварительной очистки сточных вод с высоким содержанием взвешенных веществ.

Очистка сточных вод гравитационным разделением

Отстаивание производственных сточных вод применяют для отделения нерастворенных загрязнений минерального и органического происхождения, проявляющих свойства осаждения или всплывания.

Отстойники предназначены для выделения оседающих и всплывающих нерастворенных примесей. Отстойники являются основными сооружениями для механической очистки сточных вод, используются для удаления оседающих или всплывающих примесей сточных вод, главным образом, органических.

В зависимости от назначения отстойников в технологической схеме очистной станции они подразделяются на первичные, устанавливаемые в начале технологической схемы перед сооружениями биологической или физико-химической очистки, вторичные – для отделения вторичных загрязняющих веществ, и т.д. По своей конструкции они мало отличаются от отстойников, применяемых для осветления бытовых сточных вод.

По режиму работы различают отстойники периодического действия (контактные) и непрерывные (проточные). Первые применяются для очистки малых количеств сточных вод, вторые – для очистки любых объемов загрязненных вод.

Отстойники разделяются на три основных конструктивных типа в зависимости от направления движения воды. В очистных системах производственных сточных вод используют горизонтальные, радиальные и вертикальные отстойники.

Тип отстойника и его конструкцию следует выбирать в зависимости от производительности, концентрации и характера нерастворенных примесей в воде, способа обработки осадка, уровня стояния грунтовых вод, местных условий площадки строительства. В каждом конкретном случае выбор типа отстойников должен определяться в результате технико-экономического сравнения нескольких вариантов.

В зависимости от вида сточных вод и требований к очищенной воде отстойники могут полностью обеспечивать необходимую эффективность очистки воды или входить в систему очистных сооружений. Так, на заводах черной металлургии сточные воды, получаемые в результате очистки газа, а также от прокатных цехов и от грануляции шлака, вполне достаточно очищать только в отстойниках, затем их можно использовать снова. В тоже время, на фабриках, где обрабатывают продукты животного происхождения, на шерстомойках, кожевенных и клееваренных заводах, суконных фабриках и т. п. отстойники служат сооружениями для предварительной обработки воды (первичные) или для отделения биомассы (вторичные) на биологических очистных сооружениях.

В большинстве случаев эффект очистки в отстойниках составляет 50-70 % при продолжительности отстаивания 1-3 ч. Эффективность работы осветлителей достигает 70 %. Для улучшения отстаивания в сточную воду вводят коагулянты и флокулянты, способствующие увеличению скорости осаждения взвешенных частиц.

Осветлители применяют для очистки и предварительного осветления сточных вод некоторых производств. Наиболее часто осветлители со взвешенным слоем осадка применяют в схемах очистки воды с коагулированием. В осветлитель подают воду, предварительно обработанную коагулянтом.

Принципиальная схема осветлителя показана на рис. 2.17.

Сточные воды с добавленным предварительно коагулянтом подают в нижнюю часть осветлителя 1. Хлопья коагулянта и увлекаемые им частицы взвеси поднимаются восходящим потоком воды до тех пор, пока скорость их оседания не станет равной скорости восходящего потока в сечении I-I. Выше этого сечения образуется слой взвешенного осадка, через который фильтруется осветляемая вода. При этом наблюдается процесс слипания частиц взвеси и хлопьев коагулянта. Осадок отводится в осадкоуплотнитель 3, а осветленная вода поступает в желоб, из которого ее направляют на дальнейшую очистку.

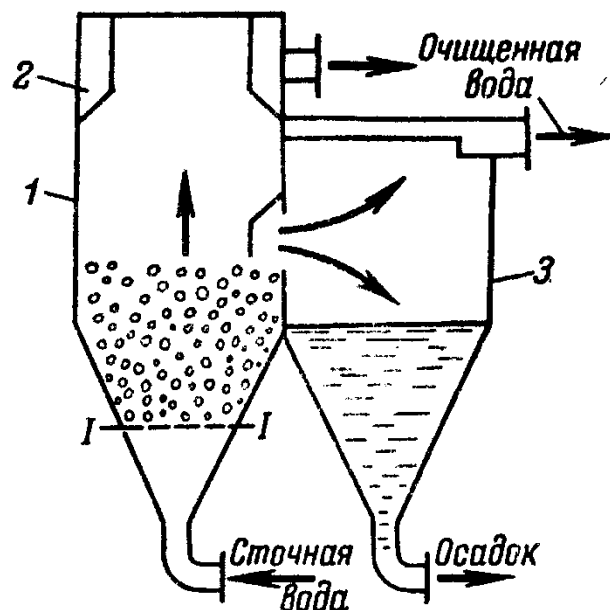


Рис. 2.17. Блок осветлителя со взвешенным слоем осадка и уплотнителя:

1 — осветлитель; 2 — желоб; 3 — осадкоуплотнитель.

Для отделения всплывающих нерастворенных примесей используют жироловки, нефтеловушки, бензиноуловители.

Жироотделители (жироловки) предусматривают для предварительной обработки сточных вод, содержащих большое количество жиров. Например, на мясокомбинатах, молочных заводах, предприятиях пищевой промышленности, общественного питания и других. Особенность физических свойств жиров и жироподобных загрязняющих веществ состоит в их термопластичности. Это означает, что эти вещества при понижении температуры воды интенсивно отлагаются на всех поверхностях, ограничивающих поток воды. Поэтому отделение жиров необходимо выделять из сточных вод до их выпуска в водоотводящую сеть.

Сточные воды, содержащие жиры и масла (сточные воды столовых, фабрик-кухонь, мясокомбинатов, маслозаводов, фабрик первичной обработки шерсти и др.) в количестве более 100 мг/л, пропускают через жироловки.

Различают цеховые и общие жиросепараторы. Цеховые жиросепараторы устанавливают у отдельных цехов, сточные воды которых содержат много жира, а общие жиросепараторы на общем стоке жиросодержащих вод.

В зависимости от количества задерживаемых жиров последние удаляются из жироводов при помощи насосов и вакуумных установок. При удалении жира насосами или вакуумными установками его подогревают до $45\text{—}50^\circ\text{C}$.

Цеховые жиросепараторы обычно имеют вид прямоугольных резервуаров глубиной (проточной части) не более 2 м. Продолжительность пребывания в них сточной жидкости принимается равной 5—7 мин.

В начале и конце жиросепаратора устанавливают не доходящие (на 0,3—0,5 м) до дна поперечные перегородки.

Общие жиросепараторы рассчитываются на более продолжительное пребывание в них жиросодержащей воды.

Скорость потока в горизонтальных жиросепараторах рекомендуется принимать равной 0,5 мм/с, в вертикальных — 0,3—0,4 мм/с.

Диаметр жировых частиц, задерживаемых в жиросепараторах, принимают равным 0,008—0,01 см, плотность всплывающего жира при 50°C — 0,9 г/см³.

Жиросодержащая сточная вода поступает в распределительный лоток и далее в отстойную часть жиросепаратора. Для задержания всплывших веществ служит полужатопленная стенка в конце жиросепаратора, а для сбора — поворотные щелевые трубы, установленные в конце каждой секции. Трубы могут вращаться вокруг своей оси, регулируя этим высоту снимаемого слоя жира.

Простейший жиросепаратор представляет собой горизонтальный резервуар, в котором всплывающие вещества (жиры) за период прохождения по нему жидкости успевают подняться вверх, где могут быть отделены от сточной жидкости (рис. 2.18). Для ускорения этого процесса толщу жидкости в жироводке иногда продувают воздухом. В зоне разделения устанавливают датчик уровня выделившегося жира. При достижении заданной толщины жирового слоя жиросепаратор освобождают от жировой массы и осадка. Предварительно

подогретый до 45...50 °С жир удаляется из жироловок с помощью насосов или вакуумных установок.

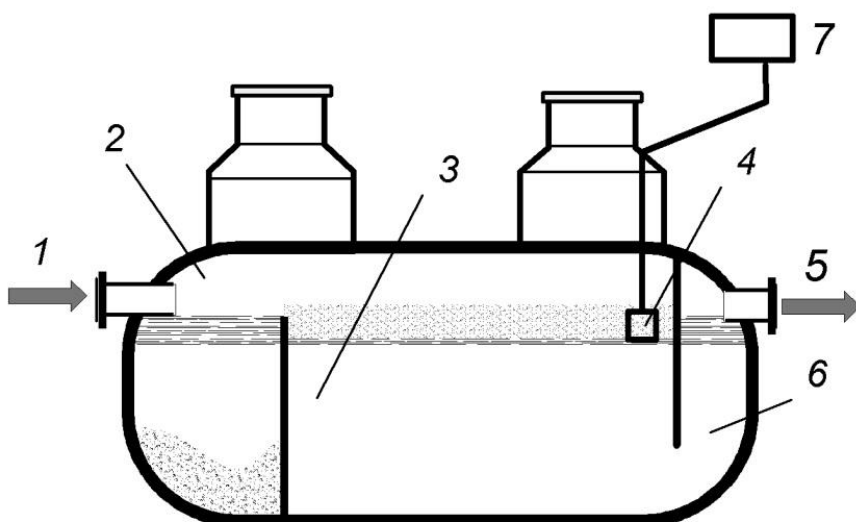


Рис. 2.18. Схема горизонтальной жироловки заглубленного типа:

1 – подача сточных вод; 2 – приемная камера; 3 – зона разделения; 4 – датчик уровня жира; 5 – выпуск очищенной воды; 6 – зона осветленной воды; 7 – регистратор уровня жира.

Нефтеловушки применяют для очистки производственных сточных вод, содержащих нефтепродукты. Простейшие нефтеловушки - это прямоугольные, вытянутые в длину резервуары, в которых за счет разности плотности нефти и воды происходит их разделение. Нефть, находящаяся в воде в виде частиц различного размера, всплывает на поверхность, аминеральные примеси оседают на дно.

В нефтеловушке (рис. 2.19) сточная вода через щелевую перегородку поступает в отстойную камеру, в которой нефть и нефтепродукты всплывают на поверхность. Нефть собирается в начале и в конце секции щелевыми поворотными трубами.

Для сгона нефти, сбора осадка и сгребания его в приямок применяется скребковый транспортер. Глубина проточной части нефтеловушек принимается 2 м, а ширина секции 3—6 м. Осадок из приямка нефтеловушки удаляется 1—2 раза в сутки с помощью гидроэлеваторов или через донные клапаны. При нормальной эксплуатации в нефтеловушках задерживается до 98 % нефтепродук-

тов. Остаточное содержание нефти может достигать 100 мг/л, поэтому часто эти воды направляют на биологическую очистку.

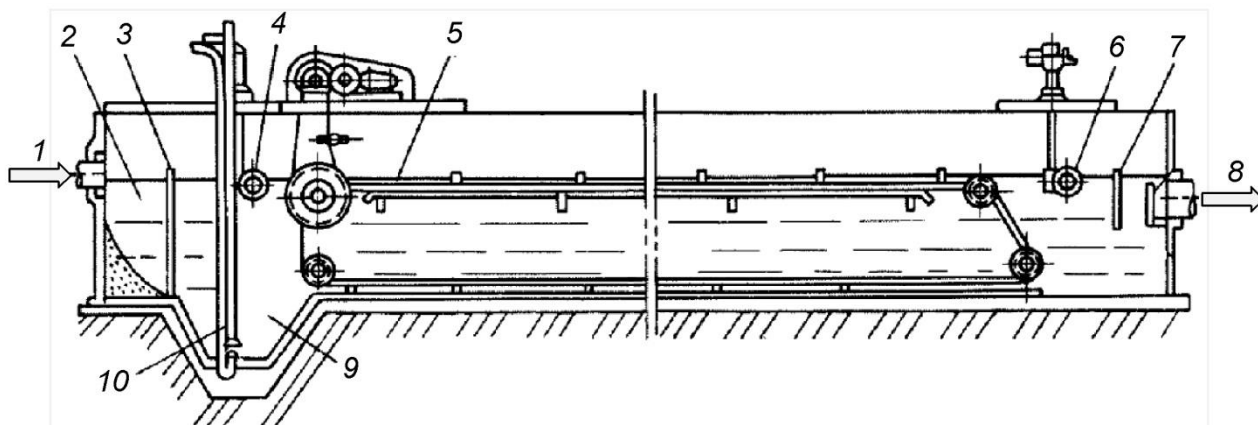


Рис. 2.19. Нефтеловушка горизонтального типа:

1, 8 – поступающие и очищенные сточные воды; 2 – входная камера; 3 – щелевая распределительная перегородка; 4, 6 – поворотная нефтесборная труба; 5 – скребковый транспортер; 7 – полупогруженная перегородка; 9 – прямик; 10 – гидроэлеватор.

Интенсификация работы нефтеловушек достигается оборудованием их тонкослойными вставками. В ряде конструкций эти вставки выполнены из гидрофобных материалов, способствующих укрупнению частиц нефти или масел. Приведенная на рис. 2.20 тонкослойная нефтеловушка, по сравнению с горизонтальной имеет строительный объем в 5...6 раз меньший и стоимость ее на 20...30 % ниже при равном эффекте задержания нефти.

В тонкослойной нефтеловушке сточная вода из распределительной камеры поступает в разделительные секции, где через поперечную распределительную трубу с вертикальными патрубками и диффузорами распределяется по ширине и глубине зоны грубой очистки.

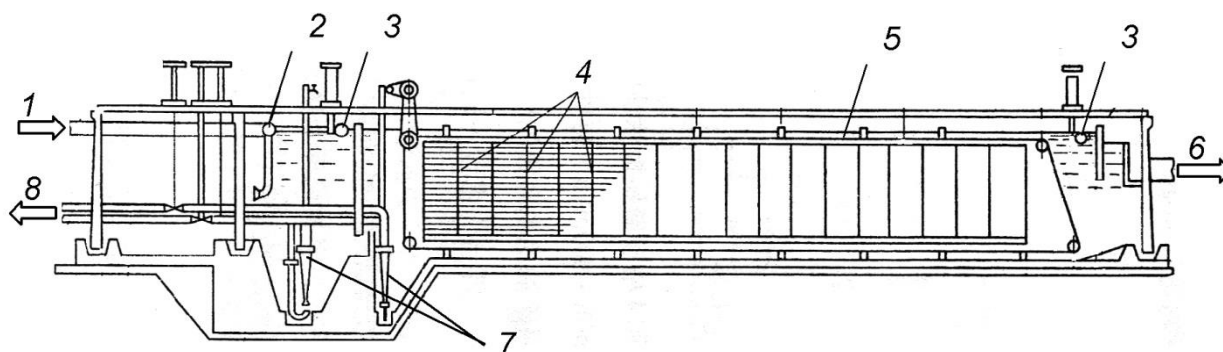


Рис. 2.20. Нефтеловушка с тонкослойными модулями:

*1, 8 – поступающие и очищенные сточные воды; 2 — водораспределительная труба;
3 — нефтесборная труба с ручным приводом; 4 — блок тонкослойных модулей;
5 - скребковый транспортер; 7 — гидроэлеваторы.*

В этой зоне вода находится в течение 2...4 мин. Затем вода проходит через пропорциональное водораспределительное устройство и поступает в межполочное пространство блока тонкослойных вставок. При движении потока в ярусах блока вдоль сооружения частицы нефти всплывают к верхним плоскостям яруса, движутся по ним вверх к периферии и в пространстве между блоками и стенкой нефтеловушки всплывают на поверхность воды. Тяжелые примеси осаждаются в межполочном пространстве и сползают по плоскостям вниз. Осветленная вода через водослив поступает в водосборный лоток.

В зоне грубой очистки нефть постоянно отводится через щелевую поворотную трубу. Нефть, всплывшая над полочными блоками, сгоняется скребками к концу отстойной зоны и через вторую щелевую поворотную трубу периодически отводится. Осадок из блоков сползает к центральной части в лоток, откуда скребками транспортируется в приямок зоны грубой очистки, оборудованной гидроэлеватором.

В тонкослойных нефтеловушках практически исключено влияние плотностных и конвекционных потоков; равномерное распределение рабочего потока сохраняется по всей длине сооружения. Продолжительность процесса осветления сточных вод до требуемой степени очистки меньше, так как высота разделения в многоярусных нефтеловушках равна расстоянию по вертикали между пластинами, что во много раз меньше высоты слоя отстаивания в обычной нефтеловушке.

Очистка сточных вод, содержащих нефть и нефтепродукты в больших концентрациях, осуществляется в перекрытых очистных сооружениях для предотвращения выделения в атмосферу газов и нефтяных паров (Рис. 2.21). Особенно это важно для нагретых сточных вод, а также для сточных вод, загрязненных сырой нефтью.

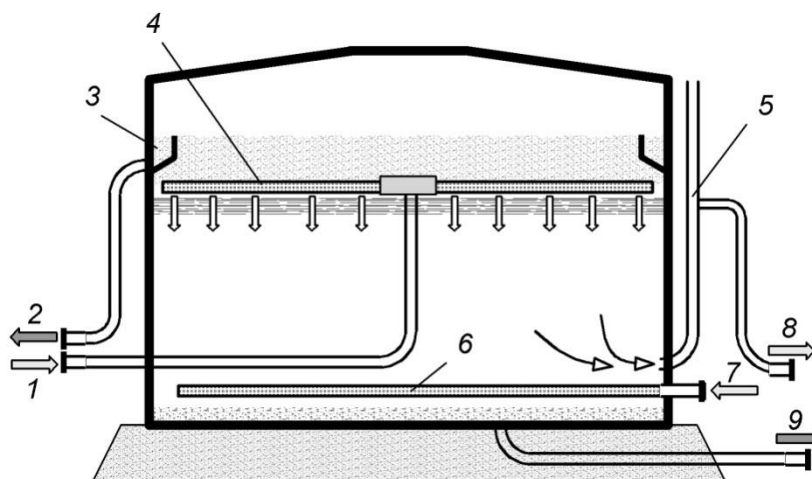


Рис. 2.21. Схема перекрытого резервуара - отстойника для очистки нефтепромысловых сточных вод: 1, 8 – поступающие и очищенные сточные воды; 2 - трубопровод отвода уловленной нефти; 3 - кольцевой короб сбора уловленной нефти; 4 - лучевой распределитель ввода загрязнённой воды; 5 - сифонный регулятор для поддержания уровня раздела фаз "нефть-вода" и отвода очищенной воды; 6 – трубопровод размыва осадка; 7 - подача воды для размыва осадка; 9 - трубопровод отвода ила.

Загрязнённая нефтью и механическими примесями вода подаётся в отстойник по трубопроводу через лучевой распределитель. Очищенная вода через сифонный регулятор отводится на приём водяных насосов и откачивается на промысел для закачки в пласт. Уловленная нефть через кольцевой короб и трубопровод отводится на установку подготовки нефти. Механические примеси, оседающие в нижней части отстойника, периодически размываются струёй воды и сбрасываются по трубопроводу в илонакопитель.

Бензиноуловители устраивают если в производственных сточных водах содержится большое количество бензина или других легких фракций нефтепродуктов. Схема бензиноуловителя, совмещенного с колодцем системы водоотведения приведена на рисунке 2.22.

Сточные воды поступают в стальной конический резервуар, размещенный в перекрытом колодце. В конической части резервуара происходит отделение легких жидких нефтепродуктов, имеющих плотность до $0,8 \text{ кг/м}^3$, от воды. Лег-

кая фаза накапливается в сборнике с уменьшенным поперечным сечением и переливается в сборную емкость.

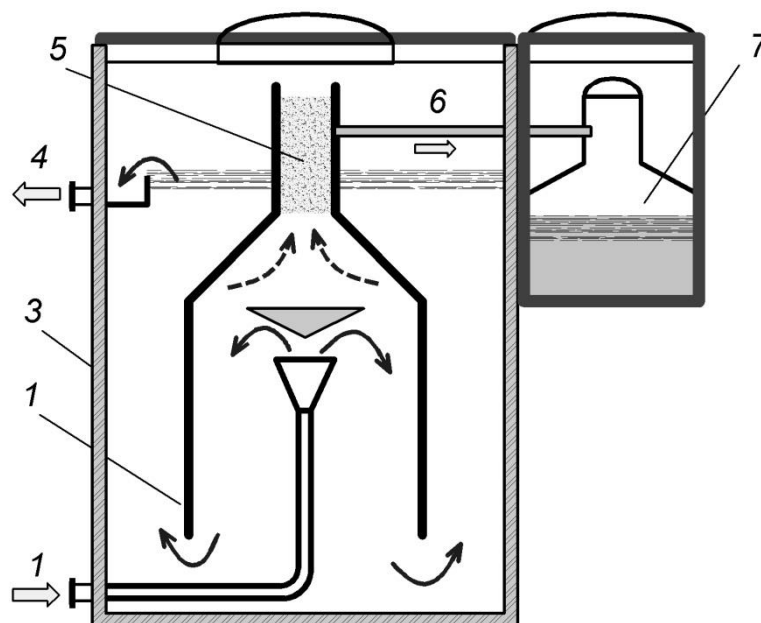


Рис. 2.22. Схема бензиноуловителя: 1, 4 – поступающие и очищенные сточные воды; 2 – стальной конус; 3 – железобетонный колодец; 5 – сборник легкой фазы; 6 – трубопровод отвода легкой фазы; 7 – емкость для сбора бензина и легких фракций нефтепродуктов.

Очищенные сточные воды выводятся из колодца через горизонтальный кольцевой водослив. Бензиноуловители требуют регулярного освобождения от задержанных нефтепродуктов для обеспечения пожарной безопасности.

Общими недостатками отстойных сооружений являются большие размеры, низкая эффективность и высокая обводненность уловленных нефтепродуктов. Большие поверхности воды в сооружениях являются одним из основных источников загрязнения атмосферы углеводородами и другими летучими веществами.

Отстойники-смоломаслоуловители(рис. 2.23). Для выделения смол из сточной жидкости применяют отстаивание и фильтрацию. Смолы обычно содержатся в сточных водах коксохимических заводов, газогенераторных станций и некоторых других предприятий. Они представляют собой ценное сырье, поэтому их необходимо улавливать наиболее полно.

Отстойники-смоломаслоуловители бывают радиального и горизонтального типов. В отстойники-смоломаслоуловители сточная вода поступает по центральной трубе, а осветленная вода отводится через затопленные отверстия в наружной стене в кольцевой водослив. Смола осаждается на дне отстойника и периодически удаляется скребковым устройством в центральный приямок, а оттуда откачивается насосом в сборник смолы. Перед откачкой выпавшую смолу подогревают паром до температуры 60 °С. Всплывшие на поверхности отстойника масла перетекают в радиальные лотки и отводятся в кольцевой сборник, расположенный вокруг центральной трубы. Масла из сборника откачиваются насосом. Средняя глубина рабочего слоя воды принимается 1,5 м, продолжительность отстаивания 3...4 ч. Эффект осветления достигает 80...90 %.

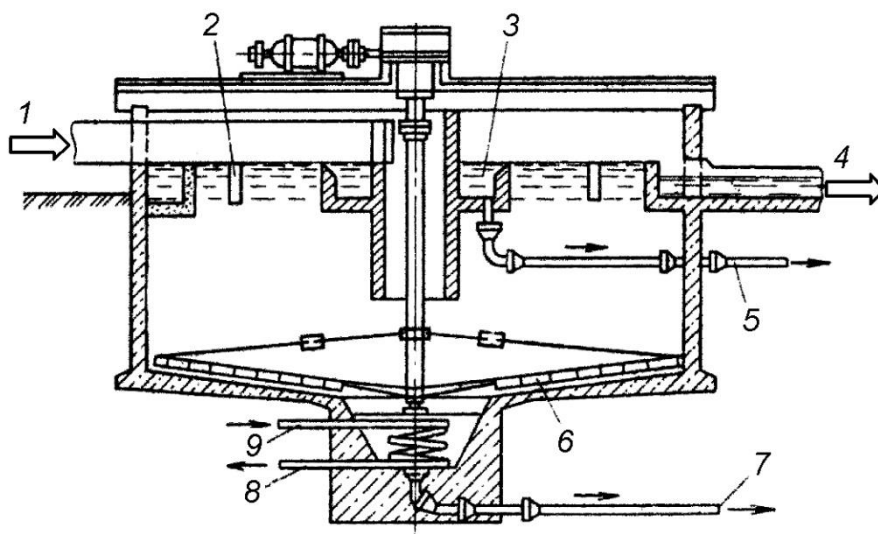


Рис. 2.23. Отстойник - смоломаслоуловитель:

1 — подводный лоток; 2 — полупогруженная доска; 3 — лоток для сбора легких смол; 4 — лоток для отвода очищенной воды; 5 и 7 — лотки для удаления соответственно легких и тяжелых смол; 6 — скребки; 8 — трубопровод для отвода конденсата; 9 — трубопровод для подачи пара.

Интенсификация работы гравитационных разделителей

Для увеличения эффективности отстаивания используют тонкослойные (трубчатые или пластинчатые) отстойники и нефтеловушки. При малой глубине

отстаивание протекает быстро, что позволяет уменьшить размеры отстойников. Эффективность трубчатых и полочных отстойников практически одинакова. Высоту тонкослойного пространства рекомендуется принимать 1-2 м, расстояние между пластинами 25-200 мм, длину 0,6-1 м. Тонкослойные блоки могут устанавливаться в корпуса обычных отстойников. Продолжительность очистки в таких отстойниках составляет 4-10 мин. Применение тонкослойных элементов позволяет значительно сократить продолжительность отстаивания и, следовательно, объем отстойников. Тонкослойные отстойники позволяют значительно интенсифицировать процесс осаждения взвесей, на 60 % уменьшить площадь застройки и на 25-30 % повысить эффект осветления воды по сравнению с обычно применяемыми отстойниками.

Как и обычные отстойники, они имеют водораспределительную, отстойную и водосборную зоны, а также зону накопления осадка. Отстойная зона полочными секциями или трубчатыми элементами делится на ряд неглубоких слоев (до 15 см). Полочные секции монтируются из плоских или волнистых пластин, удобных в эксплуатации. Трубчатые секции характеризуются большей жесткостью конструкции, обеспечивающей постоянство размеров по всей длине. Они могут работать с более высокими скоростями, чем полочные секции, но быстрее заиливаются осадками, труднее поддаются очистке и требуют повышенного расхода материалов.

Гидравлический режим работы отстойников в значительной степени влияет на эффект их работы. Чем совершеннее конструкция отстойника, тем выше эффективность задержания взвешенных веществ. Совершенство конструкций связано с условиями входа воды в отстойник, т. е. со скоростью входа воды и величиной заглубления кожуха в радиальном или распределительной перегородки в горизонтальном отстойнике. Гидравлический режим работы оценивается по коэффициентам объемного использования и полезного действия отстойников.

Преимущество тонкослойных отстойников также в том, что наличие параллельных пластин в сечении отстойника позволяет равномерно распределить поступающий поток воды и сохранить это распределение по всей длине. Следовательно, в многоярусных отстойниках коэффициент использования объема гораздо выше.

Тонкослойные отстойники классифицируются по следующим признакам: по конструкции наклонных блоков на трубчатые и полочные; по режиму работы - периодического (циклического) и непрерывного действия; по взаимному движению осветленной воды и вытесняемого осадка - с прямоточным, противоточным и смешанным (комбинированным) движением. Поперечное сечение трубчатых секций может быть прямоугольным, квадратным, шестиугольным и круглым. Полочные секции монтируются из плоских или гофрированных листов и имеют прямоугольное сечение. Они выполняются из стали, алюминия и пластмассы (полипропилена, полиэтилена, стеклопластиков). Практическая скорость потока для полочных элементов принимается 5-10 мм/с, для трубчатых элементов - до 20 мм/с. Трубки можно устанавливать с малым (до 5°) и большим (до 45-60°) наклоном. Трубчатый отстойник с небольшим наклоном работает периодически. Сначала проводят отстаивание, затем промывку трубок от осадка. Такие отстойники используются для осветления сточных вод с небольшим содержанием взвесей при расходах от 100 м³/сут до 10 тыс. м³/сут. Эффективность очистки 80-85 %.

Перекрестная схема отличается от противоточной более простой конструкцией распределительных устройств и лучшим гидравлическим режимом в межполочном пространстве. Однако при использовании перекрестной схемы для создания жесткости параллельных пластин, объединенных в блоки, требуется увеличивать толщину пластин, что приводит к возрастанию капитальных затрат, а устройство на пластинах гофр или ребер жесткости означает потери полезной высоты отстаивания. При противоточной схеме пространство между параллельными пластинами можно секционировать перегородками, которые

увеличивают жесткость блока, и это позволяет изготавливать пластины из тонких листов (толщиной 0,2-0,45 мм). В таких блоках исходный поток делится на отдельные потоки, движущиеся в самостоятельных каналах. Такие отстойники за рубежом получили название трубчатых. Их преимущество заключается в том, что при одинаковых гидравлических нагрузках движение потока в них является более ламинарным, чем при перекрестной схеме, поэтому обеспечивается большая эффективность разделения.

Очистка сточных вод фильтрованием

Эмульгированные тонкодисперсные смолы и взвешенные вещества выделяют с использованием процессов фильтрования. Материалом для неподвижной загрузки могут служить металлическая стружка или коксовая мелочь, а также бурый уголь, торф, опилки. Фильтрование обеспечивает надежное задержание загрязнений, не отделившихся при отстаивании.

Применяют фильтры зернистые, намывные и мембранные. Фильтры бывают открытые (безнапорные) и закрытые (напорные). В открытых фильтрах высота слоя загрузки равна 1...2 м. Закрытые фильтры, загруженные песком, имеют высоту фильтрующего слоя 0,5...1 м, а при загрузке гравийной мелочью — 1...1,5 м. Скорость фильтрования зависит от крупности и вида фильтрующего материала и размера задерживаемых частиц взвешенных веществ.

Зернистые фильтры применяют при невысоком содержании взвешенных веществ. Хорошо зарекомендовали себя двухслойные фильтры (рис. 2.24).

Фильтрующая загрузка этих фильтров состоит из двух слоев. Нижний слой загрузки – песок с крупностью зерен 1...2 мм, а верхний слой — антрацитовая крошка. Сточная вода подается на фильтр сверху. Через определенное время проводится промывка загрузки фильтра с целью удаления из нее задержанной взвеси. После промывки процесс фильтрования возобновляется.

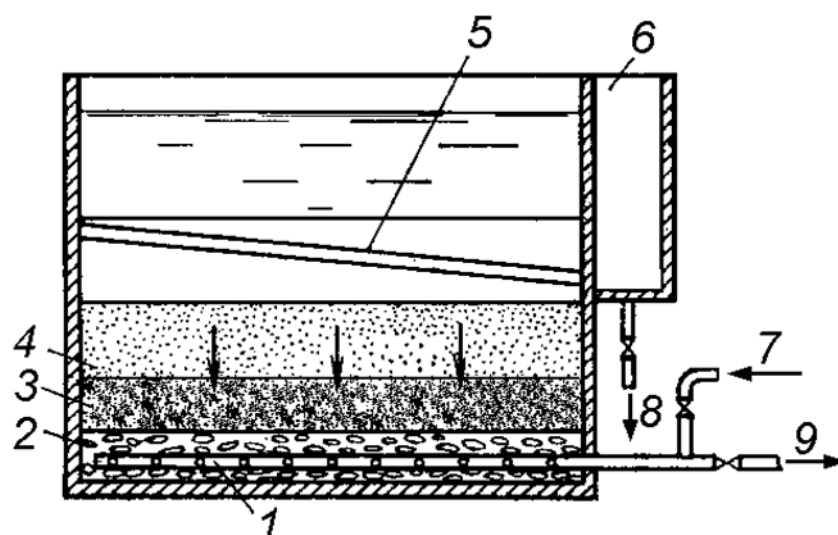


Рис. 2.24. Двухслойный фильтр:

1 — дренажная система; 2 — поддерживающий гравийный слой; 3 — антрацитовая крошка; 4 — песок; 5 — переливные желоба; 6 — подача воды на фильтрование; 7 — подача воды на промывку; 8 — отвод промывных вод; 9 — отвод фильтрата.

При реагентной очистке производственных сточных вод применяют скоростные контактные фильтры для удаления грубодисперсных и коллоидных примесей (рис. 2.25). Фильтр имеет распределительную систему, расположенную над поверхностью загрузки. Эта система позволяет избежать предварительного хлопьеобразования и создает условия для эффективной коагуляции примесей.

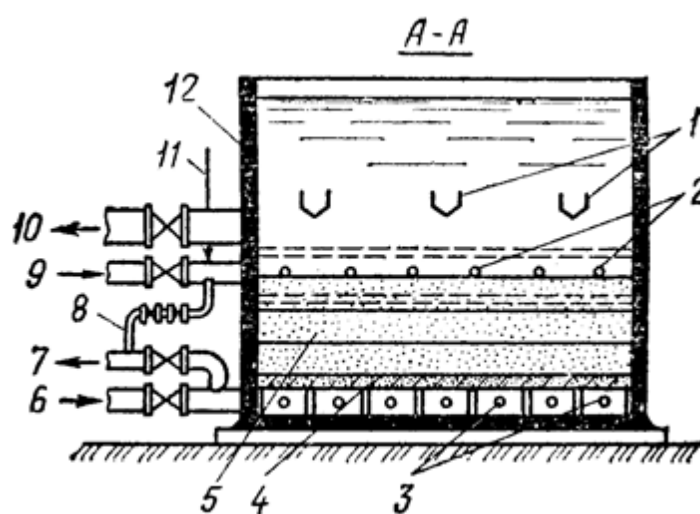


Рис. 2.25. Скоростной контактный фильтр КФ-5

1 — желоба для отвода промывной воды; 2 — распределительная система; 3 — устройство для подачи промывной воды; 4 — пористый дренаж; 5 — загрузка фильтра; 6 и 9 — трубопроводы для подачи промывной воды; 8 — отвод промывных вод.

дачи промывной и исходной воды; 7— трубопровод для отвода фильтрованной воды; 8 — соединительная линия с регулирующим устройством; 10 — линия сброса промывной воды; 11 — линия подачи коагулянта; 12 — корпус фильтра

Фильтры с плавающей загрузкой (ФПЗ) из вспененного полистирола применяют для глубокой очистки как механически очищенных производственных сточных вод металлургической, химической, легкой промышленности, так и биологически очищенных сточных вод — городских или их смеси с производственными. Схема фильтра с плавающей загрузкой приведена на рис. 2.26.

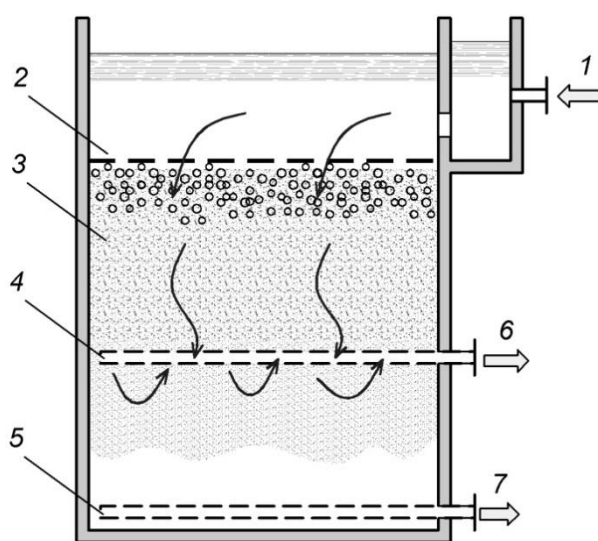


Рис. 2.26. Фильтр с плавающей пенополистирольной загрузкой:

1, 6 — поступающие и очищенные сточные воды; 2 — удерживающая решетка; 3 — плавающая загрузка; 4 — верхняя дренажная труба; 5 — нижняя дренажная труба; 7 — отвод промывной воды..

Загрузку безнапорных фильтров ФПЗ готовят на месте путем вспенивания суспензионного бисерного полистирола марки ПСВ в горячей воде или паром при 100 °С. Предварительное дробление зерен ПСВ дает возможность получать вспененную загрузку с более развитой поверхностью.

Поскольку зерна загрузки легче воды, в верхней части безнапорных фильтров для поддержания их в затопленном состоянии устанавливается решетка, под которой загрузка самопроизвольно сортируется по убывающей сверху вниз крупности зерен диаметром от 8...12 до 0,5...1 мм.

В безнапорных фильтрах исходная сточная вода по трубопроводу 2 поступает в надфильтровое пространство и фильтруется через плавающую загрузку сверху вниз. Фильтрат собирается дренажной трубой 9 и выводится из фильтра. При достижении предельных потерь напора (1...1,5 м) загрузка фильтра промывается нисходящим потоком воды.

Температура очищаемой воды не должна превышать 50°C во избежание размягчения полистирола.

Преимущества применения ФПЗ – экономичность, простота конструкции и эксплуатации, долговечность фильтрующей загрузки, эффективность очистки и способность загрузки к гидравлической сортировке в процессе промывки по убывающей крупности гранул.

Существуют также различные конструкции фильтров, предназначенных для очистки специфических производственных сточных вод: например, кварцевые фильтры для извлечения из сточных вод соединений цинка и меди, дисковые фильтры для сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий, электромагнитный фильтр для сточных вод прокатных цехов, намывные листовые и дисковые фильтры.

Очистка сточных вод методом ультрафильтрации

В современной технологии очистки сточных вод процессы баромембранного разделения получили достаточное распространение. По дисперсности задерживаемых загрязняющих веществ мембранные процессы условно можно расположить в следующей последовательности. Отделение частиц в интервале 0,05...10,0 мкм осуществляется микрофильтрацией, в интервале 0,05...0,005 мкм – ультрафильтрацией, в интервале 0,0001...0,003 мкм – обратным осмосом. Среди методов баромембранного разделения только ультрафильтрацию можно условно отнести к гидромеханическим методам. Полагая при этом, что растворенные и дисперсные вещества задерживаются на мембране потому, что их размер больше, чем размер пор или вследствие трения молекул о стенки пор

мембраны. В действительности же в процессе ультрафильтрации имеют место более сложные явления.

Наибольшее распространение в очистке сточных вод от дисперсных органических соединений получил метод ультрафильтрации. В отличие от обратного осмоса ультрафильтрация применяется для отделения загрязняющих веществ, которые обладают молекулярной массой во много раз большей, чем вода. Движущей силой процесса является разность давлений до и после мембраны, составляющая обычно $0,2 \dots 1,0$ МПа.

Конструкция аппаратов для проведения ультрафильтрации должна обеспечивать большую поверхность мембран в единице объема, простоту сборки и монтажа, механическую прочность и герметичность. Схема многокамерного аппарата фильтр-прессного типа показана на рис. 2.27.

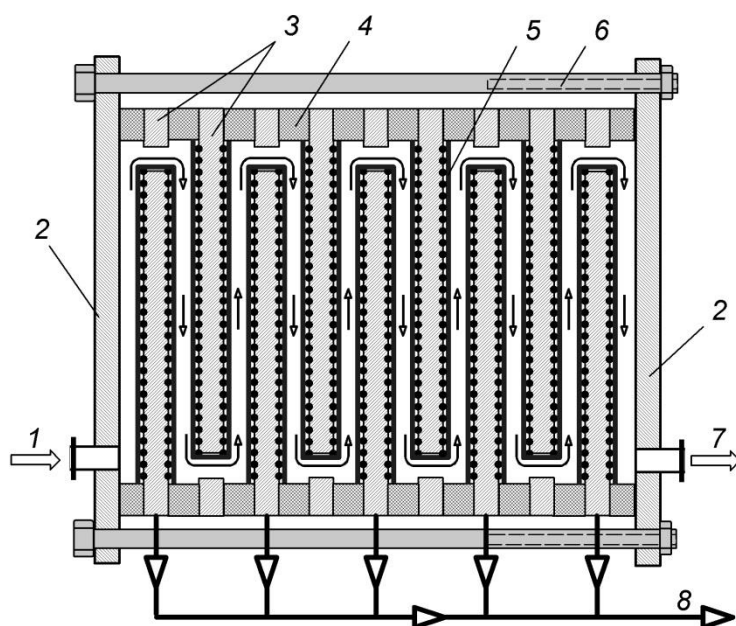


Рис.2.27. Схема бескорпусного аппарата с мембранными элементами плоскокамерного типа:
1 и 7 - поступающая и очищенная вода (пермеат); 2 - торцевые пластины; 3 - пористая опорная пластина; 4 - прокладка; 5 - мембрана; 6 - стягивающие шпильки; 7 - выпуск концентрата (ретан-та).

В этих аппаратах мембраны уложены с обеих сторон плоских пористых дренажных пластин, которые расположены на расстоянии $0,5 \dots 5,0$ мм друг от друга. Фильтрующие элементы зажаты между двумя фланцами, стянутыми

болтами. Сточная вода последовательно проходит через все элементы, концентрируется и удаляется из аппарата. Фильтрат, прошедший через мембраны, уходит через дренажные слои. Аппараты имеют невысокую производительность, так как суммарная площадь мембран изменяется в пределах 60...300 м² на 1 м³ их объема.

Величина удельной производительности мембран зависит от конкретных условий их применения. Поэтому в расчетах используют данные, полученные экспериментально. В качестве примера в табл.2.3 приведены значения удельной производительности мембран марки ПАН при использовании их для селективной очистки промывных сточных вод от нефтепродуктов.

Таблица 2.3

Удельная производительность мембран марки ПАН при температуре 20°С и концентрации нефтепродуктов в воде 0,5...1,5 г/л.

Давление, МПа	Удельная производительность, дм ³ /(м ² ·ч)			
	ПАН-50	ПАН-100	ПАН-250	ПАН-300
0,04	43	60	97	129
0,06	61	91	149	190
0,08	83	122	190	250
0,1	100	156	230	298
0,12	114	173	248	324
0,14	119	177	255	330

Выбор размеров фильтровальной камеры производится по данным производителя мембранных аппаратов. Ширина фильтровальной камеры равна ширине пластины, а высота равна толщине прокладки. Длина пути, по которому проходит разделяемая жидкость, зависит от количества соединенных последовательно фильтровальных камер.

Схема ультрафильтрационной установки для разделения маслоэмульсионных сточных вод с концентрацией масел менее 10% показана на рис. 2.28. Многокамерная установка с общей поверхностью мембран 52 м² имеет производительность 70 м³/сут. Она работает под давлением от 0,14 до 0,42 МПа при температуре воды 32...38 °С.

В баке 6 при подогреве и добавлении серной кислоты происходит дополнительное разделение масел и воды. После этого воду возвращают в емкость 4, а масло используют в качестве топлива или направляют на рафинирование. Очищенная вода поступает на доочистку, а затем в производство.

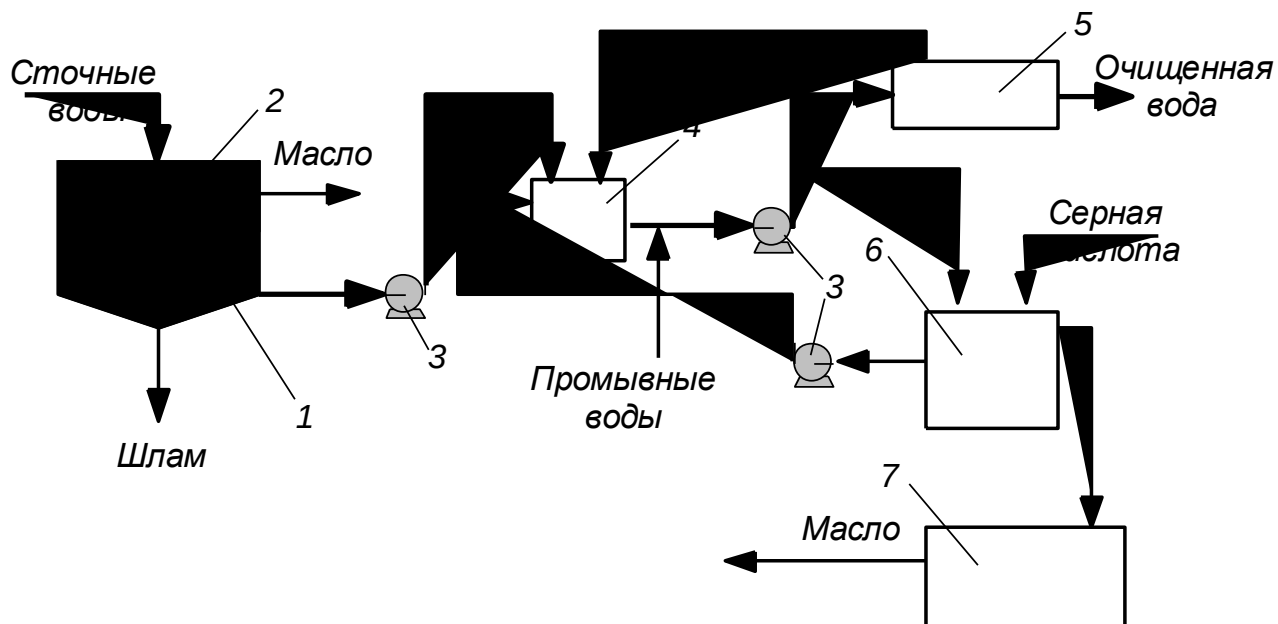


Рис. 2.28. Схема установки для разделения маслоэмульсионных сточных вод ультрафильтрацией: 1—емкость; 2—слой нерастворенных масел; 3—насосы; 4—емкость; 5—установка ультрафильтрации; 6—бак для дополнительного отделения воды; 7—емкость для масла.

2.1.3. Химические методы в системах очистки сточных вод

Загрязняющие вещества производственных сточных вод, находящиеся в ионной и молекулярной форме не могут извлекаться методами механической очистки. Однако очистка таких вод возможна с использованием химических реакций, в результате прохождения которых загрязняющие вещества перестают существовать в первоначальном виде (деструктирующие процессы) или образуют малорастворимые формы, например, гидроксидную (рис. 2.29). На последующих ступенях процесса очистки воды дисперсные примеси отделяют одним из методов механической очистки сточных вод (разделительные процессы).

Химические методы применяют для очистки сточных вод от неорганических и стойких органических загрязняющих веществ. При достаточной эффективности воздействия на загрязняющие вещества, химические методы могут быть использованы на предварительной, основной или завершающей стадии процесса очистки сточных вод. Они могут быть в составе комплексных технологических процессах очистки сточных вод.

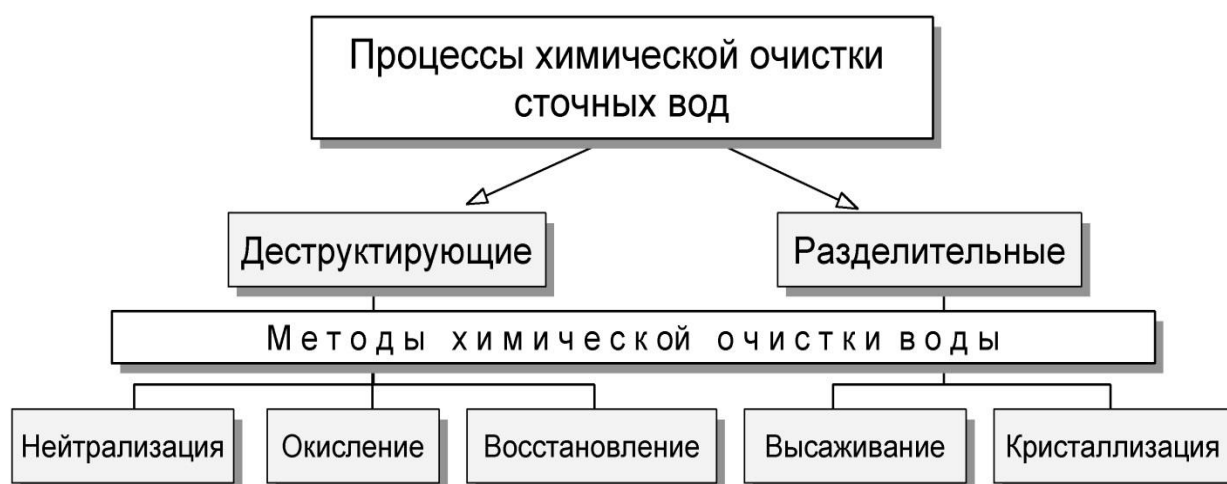


Рис. 2.29. Классификация основных процессов и методов химической очистки производственных сточных вод

Химическая очистка производственных сточных вод основана на процессах химического взаимодействия реагентов с загрязняющими веществами или одних загрязняющих веществ с другими при смешивании потоков сточных вод.

К методам химической очистки сточных вод относят нейтрализацию, окисление и восстановление, высаживание и кристаллизацию. Первые три метода относят к деструктивным процессам очистки сточных вод, а остальные - к разделительным.

Нейтрализация — процесс подкисления или подщелачивания воды с целью изменения величины рН и приближения ее к нейтральной.

Окисление веществ, содержащихся в сточных водах, применяется тогда, когда эти вещества нельзя извлечь или разрушить другими способами, в том числе путем биохимической деструкции. В качестве реагентов используют химические окислители. При окислении загрязняющих веществ происходит отъем электронов окислителем, что приводит к изменению валентности или деструкции загрязняющего вещества.

Восстановление — это уменьшение валентности веществ. Реакции окисления и восстановления используют для последующего получения малорастворимых соединений, а также проведения других химических или физико-химических реакций.

Высаживание — метод химической очистки сточных вод, в результате использования которого образуются малорастворимые соединения разных загрязняющих веществ или группы заданного состава.

Кристаллизация — химическая кристаллизация имеет цель выделения из сточных вод отдельных, представляющих ценность, химических веществ в наиболее чистом составе.

В технологические задачи методов химической очистки производственных сточных вод входит:

- преобразование растворенных загрязняющих веществ в

малорастворимые;

- понижение уровня вредного воздействия растворенных загрязняющих веществ.

Нейтрализация сточных вод

Сточные воды промышленных предприятий с повышенным содержанием кислот или щелочей с целью предупреждения коррозии материалов и сооружений, нарушения биохимических процессов, перед сбросом их в водоем, подачу на биологические очистные сооружения или повторном использовании в технологическом процессе должны быть нейтрализованы. К таким производственным сточным водам относятся воды предприятий химической, машиностроительной, металлургической, нефтеперерабатывающей и других отраслей промышленности.

Реакция нейтрализации - это химическая реакция между веществами, имеющими свойства кислоты и основания, которая приводит к потере характерных свойств обоих соединений:



при этом активная реакция водной среды приближается к $\text{pH}=7$. Кислые воды ($\text{pH}<7$) представляют большую опасность. Наиболее часто сточные воды загрязнены минеральными кислотами: серной, азотной, соляной, а также их смесями. Концентрация их обычно не превышает 3 %, но иногда достигает 40% и более.

Существует несколько методов нейтрализации производственных сточных вод (рис. 2.30).



Рис. 2.30. Классификация методов химической нейтрализации производственных сточных вод.

Взаимная нейтрализация - непосредственное смешивание кислых сточных вод со щелочными перед выпуском их в систему водоотведения.

Реагентная нейтрализация - добавление растворимых реагентов в соотношениях, необходимых для нейтрализации.

Контактная нейтрализация - фильтрование загрязненных вод через нейтрализующие твердые материалы.

Газовая нейтрализация - использование газообразных отходов производства.

Наиболее часто встречаются производственные сточные воды с повышенной кислотностью, которые сильно воздействуют на материалы труб и отрицательно влияют на биологические процессы, происходящие на станциях аэрации. В производственных сточных водах могут содержаться сильные кислоты первой группы (HCl , HNO_3), кальциевые соли которых хорошо растворимы в воде, сильные кислоты второй группы (H_2SO_4 , H_2SO_3), кальциевые соли которых трудно растворимы в воде, и слабые кислоты (H_2CO_3 , CH_3COOH).

Нейтрализация сильных кислот первой группы не представляет затруднений, так как образуемые ими соли растворимы в воде и никакого осадка не дают. Сильные кислоты второй группы нейтрализовать значительно сложнее, так как это сопровождается образованием большого количества малорастворимых соединений, выпадающих в осадок.

Взаимная нейтрализация сточных вод смешением

Взаимную нейтрализацию сточных вод смешением кислых и щелочных потоков применяют при небольшом их количестве. Режимы сброса сточных вод, содержащих кислоты и щелочи, как правило, различны. При этом в некоторые часы суток поступают преимущественно щелочные воды, а в другие часы суток — кислые воды. Для перемешивания таких сточных вод строят

специальные сооружения резервуары-усреднители для взаимной нейтрализации сточных вод.

Схема взаимной нейтрализации кислотно-щелочных сточных вод приведена на рис. 2.31.

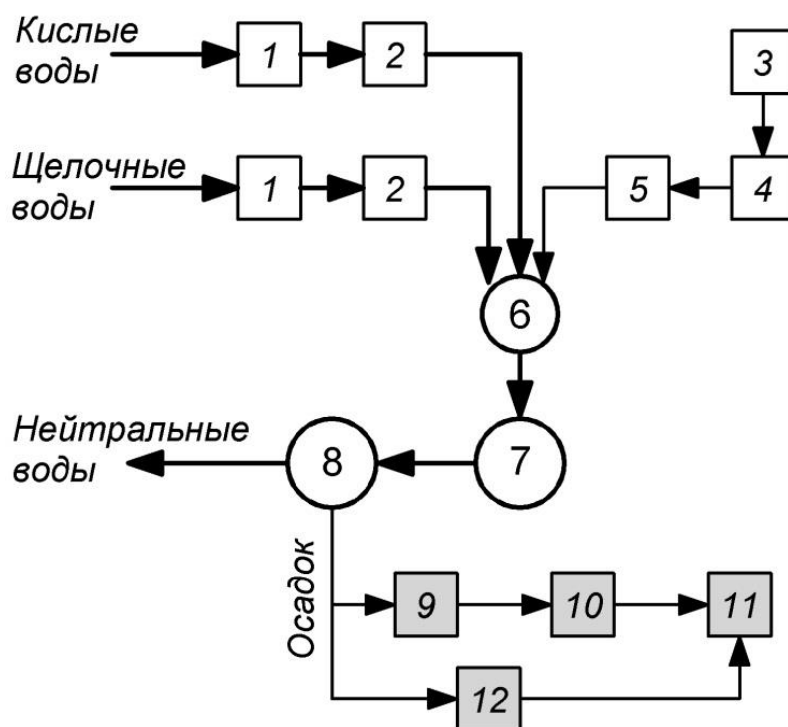


Рис. 2.31. Схема процесса взаимной нейтрализации с реакгентным корректированием pH:

1 — песколовки; 2 — усреднители; 3 — склад корректирующих реагентов; 4 — растворные баки; 5 — дозатор; 6 — смеситель; 7 — нейтрализатор; 8 — отстойник; 9 — осадкоуплотнитель; 10 — фильтр-пресс; 11 — накопитель обезвоженных осадков; 12 — шламовые площадки.

В состав основных сооружений входят резервуары-усреднители кислых и щелочных стоков, реагентное хозяйство, смеситель, резервуар-нейтрализатор, отстойник и блок обработки осадка.

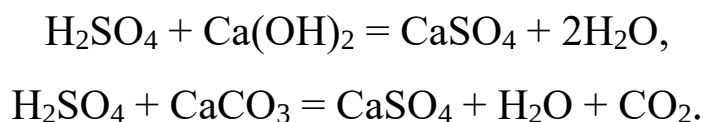
Реагентная нейтрализация

Реагентную нейтрализацию проводят тогда, когда смешение сточных вод не обеспечивает эквивалентное соотношение кислот и щелочей и вода остается кислой или щелочной.

В качестве реагентов используют доступные неорганические соединения. Для нейтрализации кислот применяют гидроксид натрия, известь, известняк, доломит, мрамор, мел, магнезит, соду, щелочные отходы производства. Чаще всего используют гидроксид кальция (гашеная известь). Для нейтрализации щелочных сточных вод используют серную, соляную, азотную и другие кислоты.

При наличии на предприятии сточных вод одного вида применяют реагентный метод нейтрализации, особенно для кислых сточных вод. Для нейтрализации минеральных кислот чаще всего используют известь в виде пушонки или известкового молока и карбонаты кальция или магния в виде суспензии. Эти реагенты сравнительно дешевы и общедоступны, но усложняют реагентное хозяйство (необходимы усреднители, затруднено регулирование дозы реагента).

При нейтрализации стоков, содержащих серную кислоту, в зависимости от реагента происходят реакции:



Образующийся при нейтрализации сульфат кальция (гипс) при высокой концентрации (около 2 г/л) выпадает в осадок, это обуславливает необходимость устраивать отстойники-шламонакопители.

Гашеная известь, применяемая для нейтрализации, готовится в виде известкового молока 5 % концентрации по активному оксиду кальция (“мокрое” дозирование), но может использоваться и в виде сухого порошка (“сухое” дозирование). Для нейтрализации органических жирных кислот применяют известь, содержащую не менее 25-30 % активного оксида кальция, или смесь извести с 25 % технической аммиачной водой.

В качестве нейтрализующих добавок могут быть использованы отходы производства: карбидный шлак ацетиленовых станций, шлак от установок химводоочистки.

Реагенты добавляют в виде раствора или суспензии (способ мокрого дозирования) или в виде сухого порошка (способ сухого дозирования). Оба способа чаще всего применяют для нейтрализации серной кислоты. При пропускной способности установки до 4...5 т/сут нейтрализуемой кислоты выгоднее использовать мокрое дозирование, при большей пропускной способности — сухое.

При мокром дозировании реагентом служит известковое молоко, которое готовят из обычной товарной извести, подвергнув ее дроблению и гашению в специальных аппаратах. Из этих аппаратов известковое молоко подается насосами в растворные баки, разводится до необходимой концентрации и через дозирочные баки направляется в смеситель, расположенный в канале, по которому движется очищаемая сточная вода.

Для организации эффективного процесса реагентной нейтрализации используют различные смесители. Для смешения сточных вод с реагентами применяют смесители трех типов: ершовые — при расходе сточных вод до 400 л/с, типа «лоток Паршаля» и с пневматическим или механическим перемешиванием — для больших расходов. Для смешения сточных вод различных видов, как правило, используют смесители с пневматическим или механическим перемешиванием.

Контакт реагента со сточной водой, необходимый для завершения реакции, осуществляется в специальных резервуарах-нейтрализаторах, рассчитанных на 10...15-минутное пребывание в них жидкости. Нейтрализатор может быть совмещен с отстойником.

Контактная нейтрализация

Контактная нейтрализация заключается в том, что сточную жидкость пропускают через слой материала, вступающего во взаимодействие с кислотами. В качестве загрузки применяют такие нейтрализующие материалы, как известь, известняк CaO , доломит $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, магнезит MgCO_3 ,

обожженный магнезит MgO , мел $CaCO_3$, мрамор и др. Крупность фракций материала загрузки обычно 30...80 мм. При прохождении жидкости через такой фильтр реакция нейтрализации должна полностью заканчиваться. Этот способ имеет ряд преимуществ: он более прост и дешевле, эффективен при неравномерной концентрации кислот в сточных водах.

Нейтрализацию соляно- и азотнокислых, а также сернокислых сточных вод при концентрации серной кислоты не более 1,5 г/л осуществляют на непрерывно действующих фильтрах (рис. 2.32.). Конструктивно фильтры выполняются с вертикальным движением нейтрализуемых кислых сточных вод.

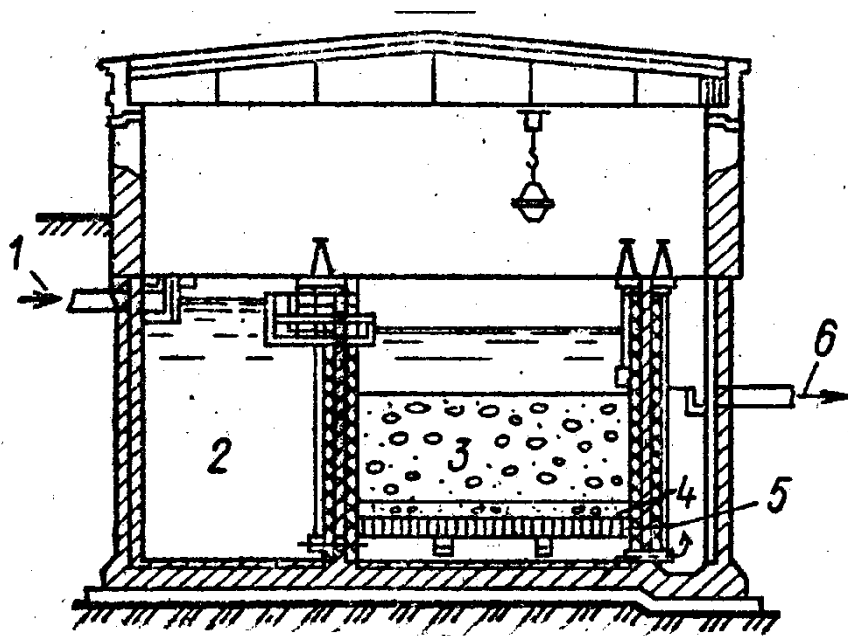
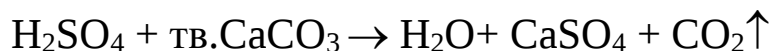


Рис. 2.32. Вертикальный доломитовый фильтр-нейтрализатор:

1 — подача кислых сточных вод; 2 — приемные камеры;
3 — доломитовые фильтры; 4 — гравий; 5 — дренаж; 6 — выпуск нейтрализованных сточных вод.

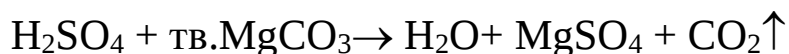
Применение таких фильтров возможно при условии отсутствия в кислых сточных водах растворенных солей металлов, поскольку при $pH > 7$, они будут выпадать в осадок в виде труднорастворимых соединений и забивать поры фильтра. Ограничивается применение нейтрализующих фильтров содержанием в сточных водах серной кислоты более 1,5 г/л. В этом случае количество

образующегося сульфата кальция превышает его растворимость (~2 г/л) и он начинает выпадать в осадок.



Покрывая поверхность нейтрализующей загрузки, осадок затрудняет доступ к ней кислоты, в результате чего нейтрализация прекращается.

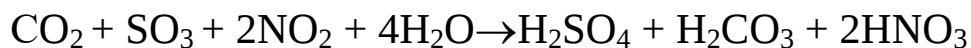
Если загрузка выполняется из карбоната магния, это ограничение снимается, поскольку растворимость сульфата магния достаточно высока.



При проектировании установок по нейтрализации кислых стоков все резервуары, трубопроводы, насосы, лотки и другую аппаратуру, соприкасающуюся с этой сточной водой, следует принимать из кислотоупорного материала или предусматривать надежную изоляцию.

Газовая нейтрализация

Газовая нейтрализация щелочных сточных вод применяется совместно с решением задач очистки выбросов в атмосферу дымовых газов – продуктов горения топлива. В состав дымовых газов, в зависимости от применяемого топлива, входят окислы неметаллов в различных соотношениях. При растворении в воде они образуют смесь кислот:



Для осуществления газовой нейтрализации применяются вертикальные контактные реакторы с затопленной или свободной насадкой (рис. 2.33.)

В реакторе организован противоточный режим движения сточных вод и дымовых газов. Щелочные сточные воды поступают в верхней части реактора на насадку и стекают вниз по ее поверхности. Дымовые газы движутся в поровом пространстве навстречу воде вверх. При этом в воде происходит

растворение газообразных окислов и образование кислот. В результате взаимодействия их со щелочами сточных вод они нейтрализуются.

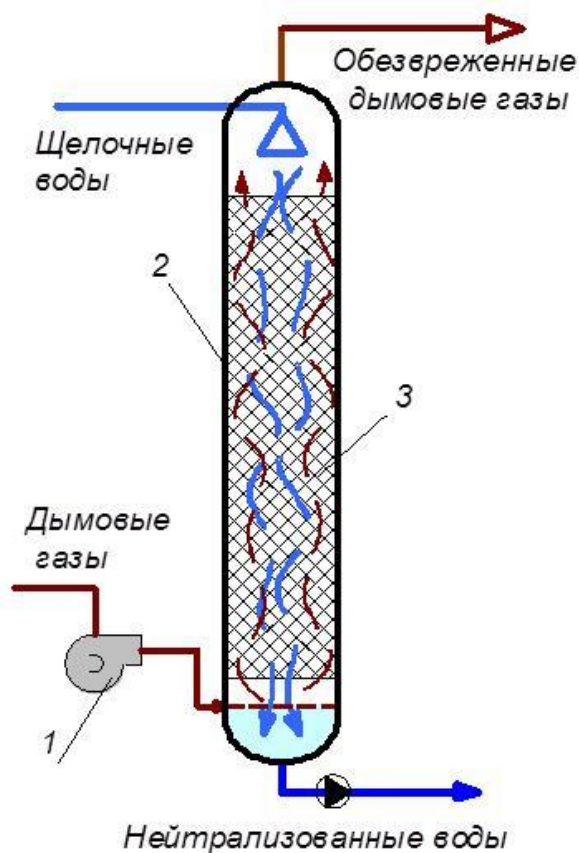
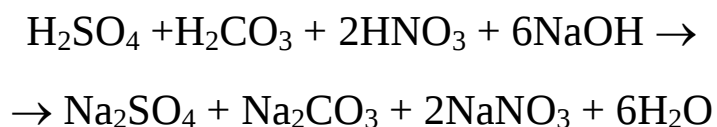


Рис. 2.33. Схема газовой нейтрализации в колонном реакторе с незатопленной загрузкой:

1 – дымосос; 2 – контактная колонна; 3 – насадка.

Одновременно происходит очистка дымовых газов от окислов и пылевидных частиц:



Недостаток метода газовой нейтрализации щелочных вод заключается в необходимости устройства дополнительного узла реагентной обработки ввиду сложности поддержания кислотно-щелочного баланса в системе.

Химическое окисление

Методы химического окисления относятся к деструктивным процессам очистки сточных вод. В основе процессов лежит химический механизм взаимодействия загрязняющего вещества с реагентом-окислителем. Деструктирующий эффект действие окислителя обусловлен увеличением валентности соединений, вследствие утраты ими электронов и изменением первоначального химического состава загрязняющих веществ. В качестве реагентов-окислителей используют хлор, диоксид хлора, гипохлорит кальция и натрия, хлорную известь, кислород, озон, перекись водорода. Комплекс сооружений для очистки сточных вод окислением включает реагентное хозяйство, которое обеспечивает хранение, растворение и дозирование реагента-окислителя или установки для его получения на месте, камеры реакций и сооружений для отделения грубодисперсных веществ. Метод окисления используют в том случае, когда другими методами очистки, в том числе и биохимическими, не удастся разрушить или удалить вредные вещества, содержащиеся в производственных сточных водах.

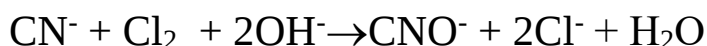
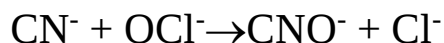
Окисление примесей воды хлором и хлорсодержащими соединениями

Деструкция загрязняющих веществ хлором и хлорсодержащими соединениями является широко распространенным методом. Его применяют для очистки сточных вод от сероводорода, гидросульфида, метилсернистых соединений, фенолов, цианидов и других органических и неорганических загрязняющих веществ.

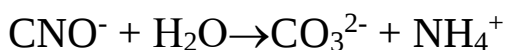
Для хлорирования сточных вод используется главным образом элементарный хлор. Кроме того, применяются следующие хлорсодержащие соединения: хлорная известь и другие сыпучие хлорсодержащие продукты, растворы гипохлорита натрия и кальция, двуокись хлора.

Товарная хлорная известь содержит около 30-35 % активного хлора, а гипохлорит кальция - 30-45 %. В воде Cl_2 , HOCl и OCl образуют свободный

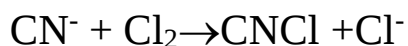
активный хлор, который является основным обеззараживающим веществом. Хлорная известь содержит: $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, H_2O в различных соотношениях. Окисление цианидов гипохлоритами или хлором производят только в щелочной среде ($\text{pH} \geq 10$):



Образующиеся цианаты легко гидролизуются в воде или окисляются до элементарного азота и диоксида углерода:



Окисление цианидов, а также сероводорода протекает быстро (1-3 мин.) и полно. Образующиеся цианаты постоянно гидролизуются. При понижении pH среды возможно протекание реакции прямого хлорирования цианида с образованием токсичного хлорциана:

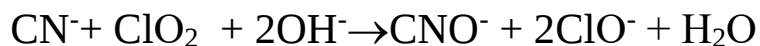


Поэтому очень важно при окислении цианидов поддерживать щелочную среду.

Хлор обладает бактерицидной реакцией, которая носит физиологический характер. Он вступает во взаимодействие с протеинами и аминосоединениями, которые содержатся в оболочке бактерии и ее внутриклеточном веществе. Результатом таких взаимодействий является химическое изменение внутриклеточного вещества, распад структуры клетки и прекращение жизнедеятельности бактерий.

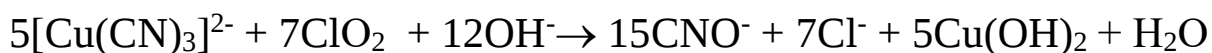
Высокой окислительной способностью обладает диоксид хлора ClO_2 . Водные растворы ClO_2 относительно устойчивы в течение длительного времени, при обработке сточных вод диоксидом не образуются токсичных

продуктов прямого хлорирования (хлорциана, хлорфенола и др.) в любом диапазоне pH. Окисление цианидов диоксидом хлора протекает по уравнению:



Реакция наиболее интенсивно идет в щелочной среде при $\text{pH} \geq 10$. До тех пор, пока концентрация цианидов в растворе остается высокой, окисления до азота и диоксида углерода не происходит; цианаты начинают окисляться, когда остаточное содержание цианидов достигает 2,5-3 мг/л при дозе ClO_2 , близкой к теоретической.

Например, сточные воды, содержащие цианид меди обезвреживаются диоксидом хлора в щелочной среде с получением, утилизируемого осадка гидроксида меди:



В зависимости от агрегатного состояния вводимых в воду хлора или хлорсодержащих реагентов определяется технология обработки сточных вод. Если эту воду обрабатывают газообразным хлором или диоксидом хлора, то процесс окисления осуществляется в абсорберах. При использовании хлора или диоксида хлора в виде раствора, его подают в смеситель и далее в контактный резервуар, где обеспечиваются эффективное его смешивание и требуемая продолжительность контакта со сточной водой. Хлораторные установки включают складское хозяйство и устройства для дозирования хлора.

Окисление примесей воды кислородом воздуха

Сточные воды с высоким содержанием сульфидов характерны для целлюлозных, нефтеперерабатывающих и нефтехимических, кожевенных заводов. Для их очистки применяют кислород, содержащийся в воздухе. С повышением температуры и давления скорость реакции и глубина окисления сульфидов и гидросульфидов увеличивается. Схема окисления сульфидов кислородом воздуха приведена на рис. 2.34.

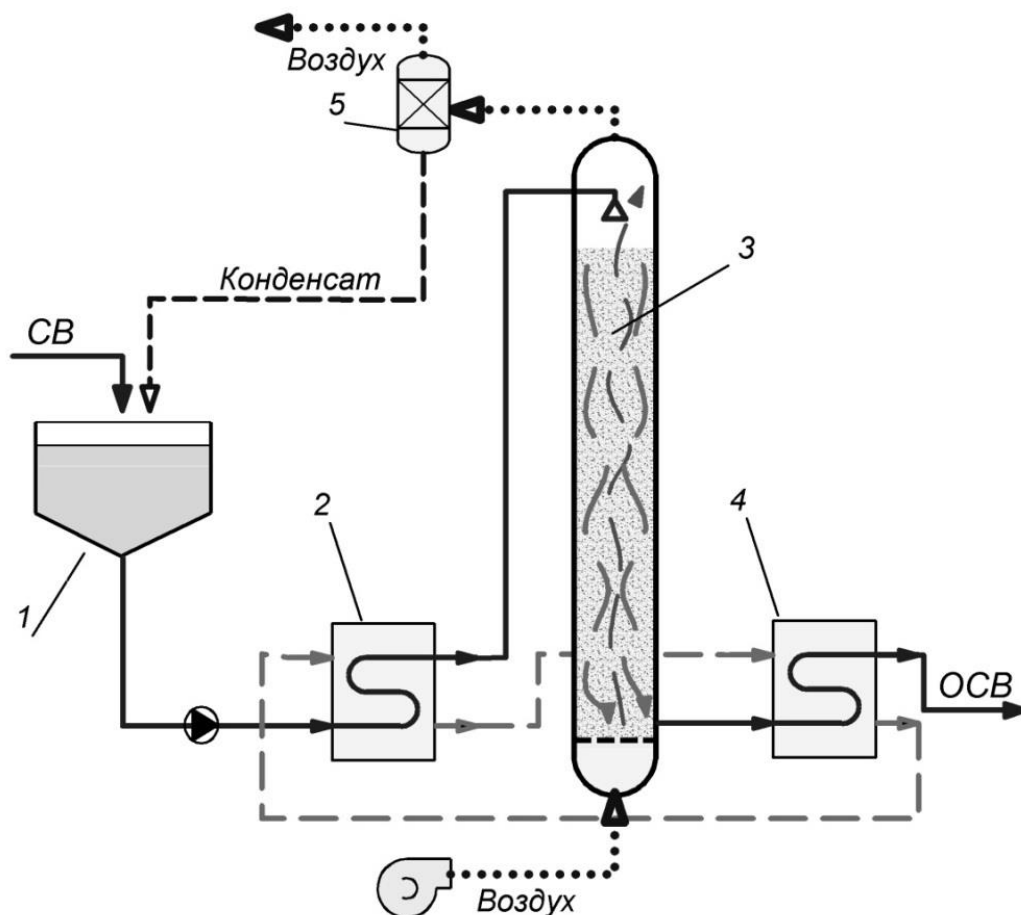


Рис. 2.34. Схема установки окисления сульфидов воздухом:

1 — приемный резервуар; 2 — теплообменник нагрева; 3 — барботажная окислительная колонна; 4 — теплообменник охлаждения; 5 — конденсатор.

Для предотвращения выделения сероводорода с парами воды отработавший воздух из установки направляется в конденсатор, где происходит конденсация пара и возможных остатков сероводорода.

Окисление примесей воды озонированием

Применение озона в качестве реагента-окислителя позволяет одновременно обеспечить обесцвечивание воды, дезодорацию, обеззараживание и другие задачи очистки сточных вод предприятий.

Метод озонирования применяют для очистки сточных вод от фенолов, нефтепродуктов, сероводорода, соединений мышьяка, ПАВ, цианидов,

красителей, канцерогенных и ароматических углеводородов, пестицидов и неорганических веществ. Перспективной является обработка сточных вод озонированием, позволяющая осуществить глубокую очистку и использовать воды повторно в производстве.

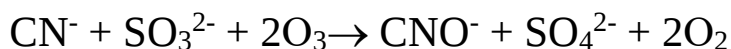
Озон O_3 является универсальным реагентом, поскольку может быть использован для обеззараживания, обесцвечивания, дезодорации воды, для удаления железа и марганца. Озон разрушает соединения, не поддающиеся воздействию хлора (фенол), не придает воде запаха и привкуса. Но при этом обладает сильными коррозионными свойствами и кратковременным действием. Поэтому все элементы озонаторных установок и трубопроводы, контактирующие с озоном или его водными растворами, должны изготавливаться из нержавеющей стали и алюминия, а после обеззараживания озоном воду хлорируют для образования в воде требуемого остаточного хлора.

В процессе обработки сточной воды озон, подаваемый в реактор в виде озонозовоздушной смеси, диспергированной на мельчайшие пузырьки, растворяется в воде и вступает в химические реакции с загрязняющими веществами. Растворимость озона в воде зависит от величины рН и содержания в воде растворенных веществ. Небольшое содержание кислот и нейтральных солей увеличивает растворимость озона. Присутствие щелочей снижает его растворимость. Озон обладает очень высокой окисляющей способностью. Это позволяет использовать его во многих химических реакциях очистки производственных сточных вод.

Озон подают в сточную воду в виде озонозовоздушной или озон-кислородной смеси. Концентрация озона в смеси около 3 %. Для усиления процесса окисления смесь диспергируют в сточной воде на мельчайшие пузырьки газа. Озонирование представляет собой процесс абсорбции, сопровождаемой химической реакцией в жидкой фазе. Например, в процессах очистки сточных вод от роданидов, аммиака и цианидов:

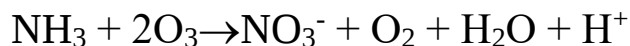
Роданид-ионы:

pH ≤ 7



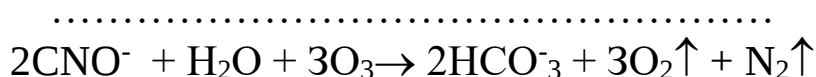
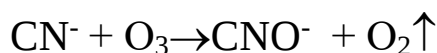
Аммиак:

pH > 7



Цианиды:

pH ≥ 7



Озонирование воды - достаточно сложный процесс, требующий объединения в одной установке устройств для компрессирования и кондиционирования воздуха, получения озона, смешения его с водой, рекуперации или разложения непрореагировавшего озона. Принципиальная технологическая схема озонирования состоит из двух основных узлов: получения озона и очистки сточных вод. Атмосферный воздух подают на фильтр, где он очищается от пыли, после чего воздуходувками направляется на охлаждающее устройство для отделения капельной влаги, а затем осушается на адсорбционных установках. Осушка воздуха является одним из основных этапов его подготовки перед получением озона и осуществляется в две ступени. На первой происходит предварительное охлаждение воздуха до 7-8 оС в холодильной установке рассолом, подаваемым от фреоновой холодильной установки. На второй воздух сушат в адсорберах с алюмо-гелиевой или силикагельной насадкой. Осушенный воздух подвергается тонкой очистке от пыли, а затем направляется в озонатор.

В основе промышленного получения озона лежит реакция расщепления молекулы кислорода на атомы под действием тихого (коронного)

электрического разряда с последующим присоединением к молекуле одного атома кислорода.

На практике озон получают в специальных аппаратах - озонаторах, в которых воздух с определенной скоростью пропускается между электродами, соединенными с источником переменного тока высокого напряжения (5-25 кВ). Конструктивно электроды выполняются в виде двух концентрично расположенных цилиндров разного диаметра или в виде двух параллельных пластин.

В обрабатываемую воду озон вводят различными способами: барботированием воздушно-озоновой смеси в слое воды через фильтросные пластины или пористые трубки; смешением воды с озоновоздушной смесью в эжекторах или механических роторных смесителях, в абсорберах различных конструкций. Время контакта 5-20 мин. Эффективность озонирования зависит от количества и свойств загрязняющих воду веществ, температуры и pH среды, от дозы озона и метода его диспергирования. При водоподготовке доза озона составляет 0,75-3 мг/л, при доочистке сточных вод - 2-4 мг на 1 мг загрязнителя (нефтепродуктов, фенолов, ПАВ).

Установка по озонированию воды включает блок подготовки воздуха, генератор озона и контактные камеры. Поскольку для озона очень низкое значение ПДК в воздухе, он не может быть выпущен в атмосферу непосредственно из контактной камеры. С другой стороны, озон обладает относительно низкой растворимостью в воде, что обуславливает необходимость увеличения продолжительности пребывания озона в реакторе. Это отражается в особенностях конструкций сооружений (рис. 2.35).

Двухсекционная барботажная контактная камера наиболее распространена и применяется как для обеззараживания сточных вод, так и для их глубокой очистки. Озоновоздушная смесь распыляется фильтросными элементами, которые изготавливаются в виде плоских пластин, труб и разных типов диффузоров, из пористых материалов на основе керамики, металлокерамики и

пластмасс. Обычно применяют материалы с размером пор от 50 до 100 мкм, так как более мелкие обладают значительным динамическим сопротивлением и быстро забиваются, а более крупные не обеспечивают достаточную дисперсность газовой фазы. Движение обрабатываемой сточной воды и озонородной смеси в контактной камере по встречным направлениям обеспечивает большую эффективность озонирования. Барботажные контактные камеры могут быть одно- и многоступенчатыми.

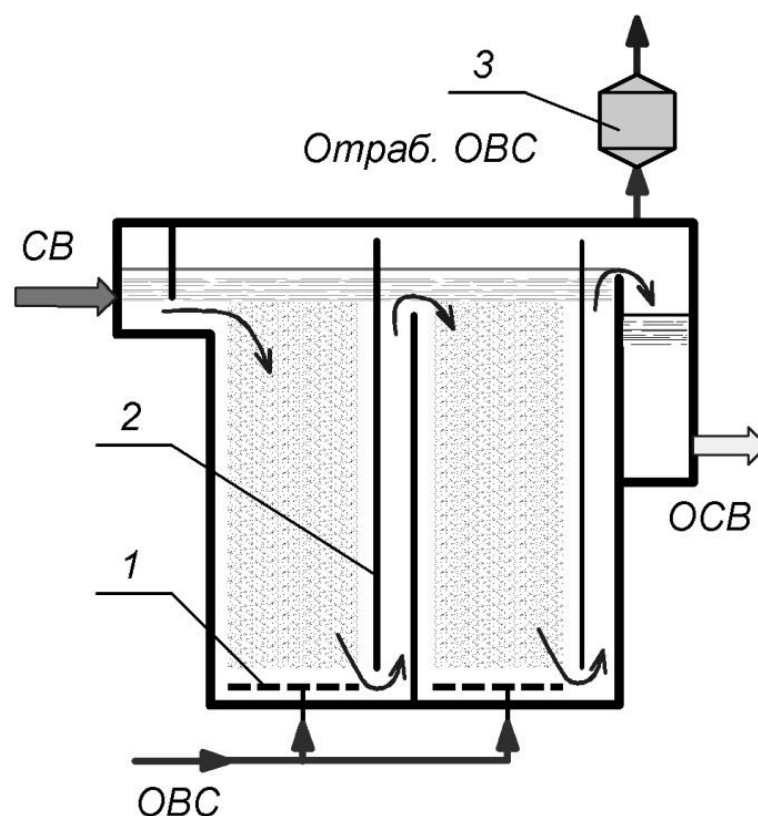


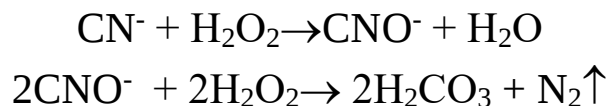
Рис. 2.35. Схема двухсекционной контактной камеры для окисления загрязняющих веществ озонородом:

1 — распределительная система для диспергирования озона в воду; 2 — вертикальный межсекционный канал; 3 — каталитический деструктор непрореагировавшего озона.

Такая конструкция обеспечивает двукратный контакт озона с водой и предотвращение выхода озона в атмосферу, в том числе через поводящий и отводящий каналы.

Окисление примесей воды пероксидом водорода

Пероксид водорода используется для окисления нитритов, альдегидов, фенолов, серосодержащих отходов, активных красителей, цианидов:



Пероксид водорода в кислой и щелочной средах разлагается с образованием кислорода.

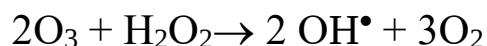
В разбавленных растворах процесс окисления органических веществ протекает медленно, поэтому используют катализаторы – ионы металлов переменной валентности (Fe^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} , Ag^+).

В процессах водообработки используют также восстановительные свойства пероксида водорода. В нейтральной и слабощелочной средах он легко взаимодействует с хлором и гипохлоритами, переводя их в хлориды. Эти реакции используют при дехлорировании воды.

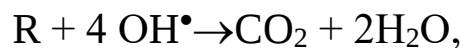
Окисление загрязняющих веществ активнымиОН-радикалами

Современная технология деструкции загрязняющих веществ сточных вод развивается в направлении использования процессов в наименьшей степени оказывающих отрицательное влияние на окружающую среду. К таким процессам относится использование в качестве деструкторов активных ОН-радикалов. Это новое технологическое направление получило название АОР (AdvancedOxidationProcesses).

Один из способов реализации технологии АОР состоит в совместном использовании озона и пероксида водорода:



Образующиеся в этой реакции ОН-радикалы способны при определенных условиях полностью минерализовать органические загрязняющие вещества:



где R – углеродсодержащие органическое вещество.

Схема установки для очистки воды с использованием технологии *AOP* приведена на рис. 2.36.

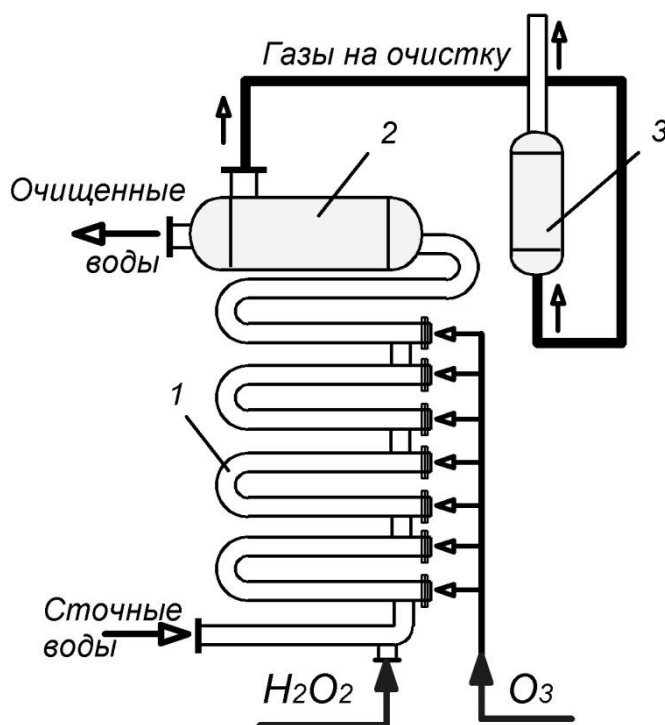


Рис. 2.36. Схема установки для очистки сточных вод с использованием технологии *AOP*:
1 – петлевой смеситель; 2 – газоотделитель; 3 – деструктор непрореагировавшего озона.

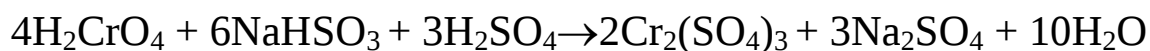
Пероксид водорода подается в начало петлевого смесителя, где смешивается с поступающими сточными водами. Озоновоздушная смесь вводится в каждую секцию смесителя по направлению движения обрабатываемой воды. Процесс минерализации загрязняющих веществ начинается в смесителе и завершается в емкости газоотделителя. Нерастворившиеся остатки озоновоздушной смеси и газообразные продукты деструкции загрязняющих веществ отделяются от воды и направляются на обезвреживание в деструктор озона и далее на очистку перед выбросом в атмосферу.

Достоинства технологии *AOP* состоят в широком диапазоне возможных направлений использования, отсутствии вредных отходов, возможности полной

автоматизация и дистанционного управление процессами. К недостаткам технологии *АОР* относится неселективный характер окисления.

Химическое восстановление

Методы химического восстановления загрязняющих веществ применяют, когда вещество, находящееся в сточных водах, не может быть извлечено в достаточной мере другими методами. К таким веществам относятся соли шестивалентного хрома, соединения ртути, мышьяка и другие. В отличие от многих других тяжелых металлов, гидраты этих веществ имеют высокую растворимость. Поэтому после отделения гидратных осадков в воде остается концентрация, многократно превышающая ПДК. Так, большинство солей Cr^{6+} растворимо в воде, в тоже время растворимость гидроксида Cr^{3+} весьма мала. Достаточно полное (ниже ПДК) извлечение хроматов возможно при восстановлении Cr^{6+} в Cr^{3+} . В качестве восстановителей могут быть использованы сульфат железа, гидросульфит натрия, диоксид серы, водород и другие вещества, окисляемые трехвалентным хромом:



Осаждение трехвалентного хрома проходит при значениях pH 8,5...9,5 для чего применяют щелочные реагенты $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH и другие:

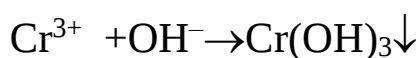


Схема процесса реагентного восстановления и осаждения хроматов приведена на рис. 2.37.

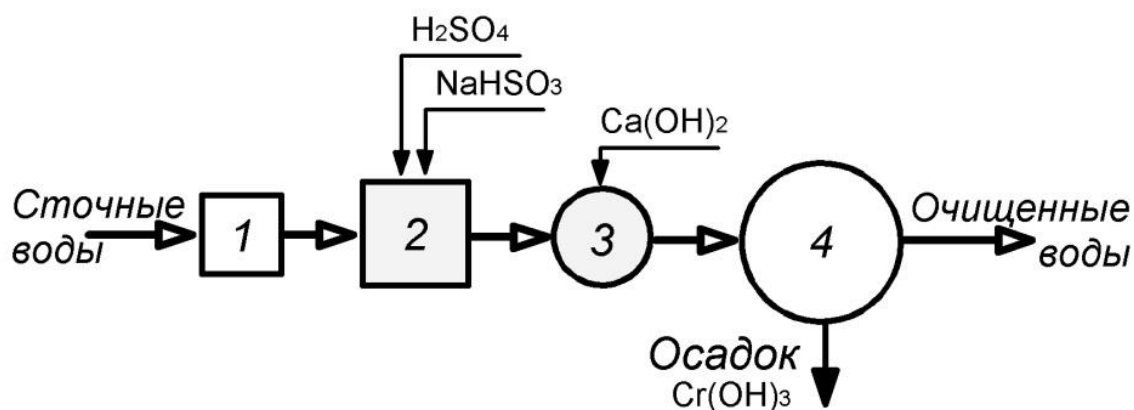


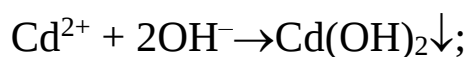
Рис. 2.37. Схема процесса очистки сточных вод от соединений трехвалентного хрома:

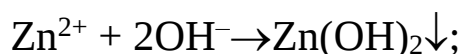
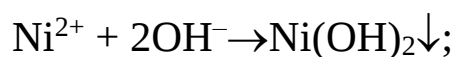
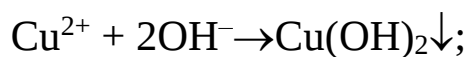
1 – усреднитель; 2 – смеситель-восстановитель; 3 – смеситель-нейтрализатор; 4 – гравитационный разделитель.

Метод химического восстановления может быть применен в системах очистки сточных вод сложного состава для селективного извлечения утилизируемых веществ. Так, кислотные сточные воды, содержащие цинк, никель, кадмий и шестивалентный хром, могут быть очищены от тяжелых металлов высаживанием при повышении значения pH. При этом хроматы (VI+) останутся в растворе. Далее утилизация соединений хрома проводится в соответствии с приведенными выше реакциями.

Химическое осаждение (высаживание)

Метод химического высаживания основан на взаимодействии загрязняющих веществ с реагентами, переводящими их в малорастворимые формы. В ряде случаев достаточно изменение величины pH до значения осаждения. Этот метод получил широкое распространение в процессах очистки сточных вод гальванических производств от тяжелых металлов. При нейтрализации сточных вод до значений осаждения, приведенных в таблице 2.4, образуются соответствующие малорастворимые гидроксиды металлов:





Регулированием величины рН осаждения можно осуществлять селективное осаждение металлов.

Таблица 2.4

Интервалы значений рН для высаживания ионов тяжелых металлов в форме гидроксидов

Ион металла	Величина рН	
	Начало осаждения	Полное осаждение
Кадмий Cd^{2+}	8,2	9,7
Медь Cu^{2+}	5,3	7,1
Никель Ni^{2+}	7,7	9,5
Цинк Zn^{2+}	6,4	8,0

Для нейтрализации сточных вод и корректирования величины рН применяют известь, соду и натриевую щелочь. Ориентировочно расход щелочных реагентов можно оценить по данным, приведенным в таблице 2.5.

Таблица 2.5

Расход щелочных реагентов для высаживания ионов тяжелых металлов

Ион металла	Удельный расход реагентов, г/г			
	CaO	Ca(OH) ₂	Na ₂ CO ₃	NaOH
Свинец Pb^{2+}	0.27	0.36	0.51	0.38
Медь Cu^{2+}	0.88	1.16	1.66	1.26
Никель Ni^{2+}	0.95	1.26	1.8	1.36
Цинк Zn^{2+}	0.85	1.13	1.6	1.22

Схема очистки сточных вод высаживанием в форме гидроксидов металлов приведена на рис. 2.38.

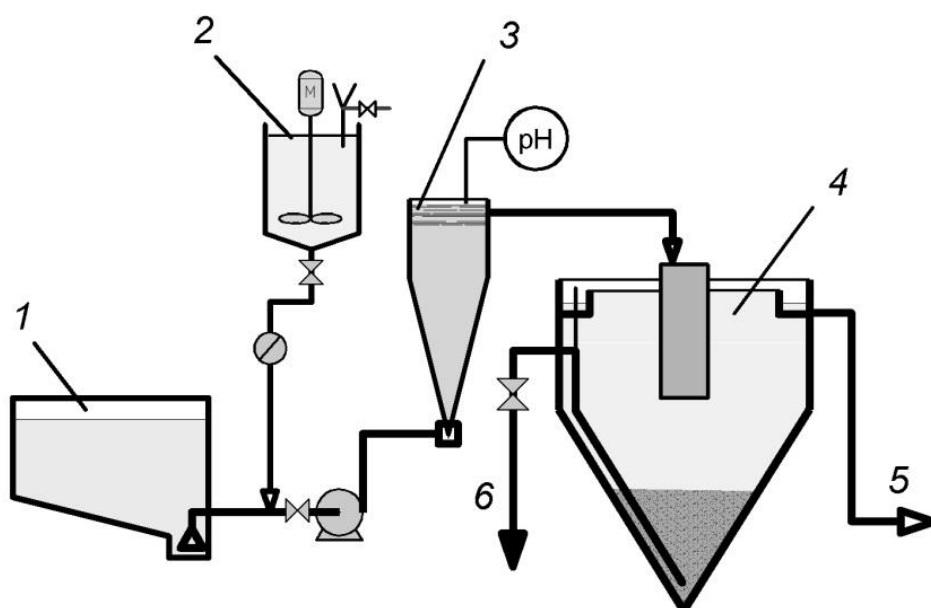


Рис. 2.38. Схема установки для очистки сточных вод от тяжелых металлов методом высаживания:

1 – усреднитель сточных вод; 2 – приготовление и дозирование известкового молока; 3 – смеситель-реактор; 4 – отстойник; 5 – очищенные воды; 6 – выпуск осадка.

Наряду с известью, в технологиях высаживания тяжелых металлов применяют соли, содержащие карбонаты и сульфиды, а также их сочетания. Для ускорения процесса отделения осадка используют анионные полиэлектролиты в качестве флокулянтов.

Принципы расчета оборудования для химической очистки сточных вод

Расчет сооружений и оборудования для осуществления химических процессов очистки сточных вод включает несколько этапов. В их числе:

- определение потребности в реагентах, расчет и подбор оборудования для их хранения, приготовления и дозирования;
- расчет сооружений и оборудования для осуществления химических реакций;
- расчет и подбор оборудования, обеспечивающего безопасное ведение технологического процесса очистки сточных вод.

Выбор реагентов для химической очистки сточных вод определяется технологическими и экономическими особенностями, а также логистическими условиями. При этом необходимо учитывать свойства продуктов химических реакций и возможность образования осадков. Кроме использования традиционных реагентов полезно рассмотреть возможность получения их на месте или использования отходов местной промышленности, если это не приводит к загрязнению сточных вод более токсичными веществами.

Принцип расчета оборудования для проведения химических реакций в процессе очистки сточных вод состоит в определении вместимости и габаритных размеров основных реакторов и вспомогательного оборудования. Расчет вместимости реактора основывается на продолжительности пребывания сплошной фазы (воды) в активной зоне контакта реагирующих фаз. Продолжительность нахождения сплошной фазы в активной зоне определяется по скорости химической реакции или устанавливается эмпирически.

Потребность в реагентах определяют по «прореагировавшей» части загрязняющих веществ или по содержанию их в поступающих сточных водах в зависимости от метода химической очистки. При использовании химических реагентов для проведения реакций по эквивалентным соотношениям, например, реакции высаживания, расчет ведут по выражению:

$$G_p = D_3 Q_w (C_{en} - C_{ex}) \quad (2.2)$$

где G_p – расход реагента по активной части, кг/ч; D_3 – эквивалентная доза реагента, кг/м³; Q_w – расход сточных вод, м³/ч; C_{en} , C_{ex} – концентрация загрязняющего вещества в поступающей и очищенной воде, соответственно, кг/м³.

Применение химических методов очистки сточных вод от групп загрязняющих веществ, включая деструктирующие воздействия, расход реагентов определяют по удельной дозе и массовой скорости лимитирующих показателей, например, ХПК, в поступающей воде:

$$G_p = D_p Q_w P_{en}, \quad (2.3)$$

где G_p – расход реагента по активной части, кг/ч; D_p – удельная доза реагента, кг/кг; Q_w – расход сточных вод, м³/ч; P_{en} – лимитирующий показатель загрязняющего вещества в поступающей воде, кг/м³.

Вместимость химических реакторов определяется необходимой продолжительностью пребывания (контакта) реакционной смеси до получения заданной величины лимитирующего показателя. Для большинства химических процессов очистки воды необходимая продолжительность контакта зависит от скорости химической реакции и гидродинамической структуры потока в реакторе. Например, для реакции описываемой уравнением кинетики нулевого порядка, вместимость зоны реакции в режиме идеального вытеснения составит:

$$W_B = \frac{1}{k} Q_w (C_{en} - C_{ex}) / C_{en}, \quad (2.4)$$

где W_B – вместимость зоны реакции в режиме идеального вытеснения, м³;
 k – константа скорости химической реакции, час⁻¹.

Вместимость реактора для этой же химической реакции, но в режиме идеального смешения потребует больше:

$$W_c = \frac{2}{k} Q_w (C_{en} - C_{ex}) / C_{en}, \quad (2.5)$$

где W_c – вместимость зоны реакции в режиме идеального смешения, м³.

Кроме этого необходимо учитывать, что в реакторах идеального смешения величина лимитирующих показателей в очищенной воде всегда будет больше, чем в вытеснителях в результате «подмешивания» неочищенной воды.

Проведение химических реакций может быть связано с выделениями в атмосферу газообразных, летучих и пылевидных веществ как применяемых реагентов, так и продуктов взаимодействия с загрязняющими веществами. Это обуславливает необходимость решения задач по обеспечению безопасной работы персонала и сохранности оборудования для конкретных условий применения химических технологий. А также решение задач пожаро- и взрывобезопасности, вентиляции и стойкости ограждающих строительных конструкций.

2.1.4. Физико-химическая очистка сточных вод.

Физико-химические процессы в технологии очистки сточных вод

Работы отечественных ученых А.В.Думанского, П.А.Ребиндера, Б.В.Дерягина, А.Н.Фрумкина, В.А.Каргина, В.Г.Левича стали основой современных положений физико-химических процессов очистки воды. Примечательно, что большая часть фундаментальных научных направлений непосредственно связаны с водой как веществом или средой взаимодействия других веществ. Благодаря развитому теоретическому аппарату физической химии были созданы основы, опытные образцы и методики проектирования разных видов очистного оборудования. Практическое воплощение в технологии очистки воды физико-химические методы получили благодаря трудам Ю.И.Вейцера, Л.А.Кульского, Б.Н.Ласкорина, Н.А.Лукиных и многих других.

В настоящее время физико-химические технологии широко распространены в области очистки природных и сточных вод. На физико-химических процессах основан целый ряд разделительных и деструктивных методов очистки воды (рис. 2.39). Оказывая комплекс воздействий на все формы загрязняющих веществ, они обладают важными достоинствами при решении многих задач обеспечения охраны водных ресурсов.



Рис. 2.39. Физико-химические процессы, применяемые для очистки сточных вод.

Физико-химические процессы и основанные на них технологии очистки сточных вод, в наибольшей мере соответствуют особенностям систем водоот-

ведения предприятий. Это обусловлено рядом достоинств этих технологий, в числе которых:

- достаточный выбор процессов, оказывающих воздействие на многие виды загрязняющих веществ, различающихся как по химическому составу, так и по фазово-дисперсному, обеспечивает принципиальную возможность их применения для очистки сточных вод до требуемых значений лимитирующих показателей;
- возможность эффективной работы, как при постоянном, так и периодическом режиме эксплуатации за счет малого периода вывода системы на номинальные параметры в соответствии с регламентом процесса;
- технологическая гибкость системы очистки воды при изменении показателей поступающей воды или изменении требований к качеству ее очистки;
- возможность полной автоматизации и диспетчеризации технологического процесса очистки воды и ряд других.

Современные технологические процессы очистки производственных сточных вод включают различные комбинации механической, биологической, химической и других технологий с физико-химическими технологиями.

Важной особенностью физико-химических методов очистки сточных вод, является возможность формирования технологических процессов селективной очистки сточных вод, направленных на достижение заданных показателей воды при одновременной утилизации технологических материалов.

Очистка сточных вод реагентным коагулированием

Широкое применение процесса коагулирования в технике очистки производственных сточных вод обусловлено сложностью фазово-дисперсного состава загрязнений с одной стороны, и многофакторностью воздействия на систему загрязнений с другой.

Этим способом очищают сточные воды, содержащие очень мелкие взвешенные вещества, например, воды текстильных предприятий (красильные и от-

бельные отделения), вязкозных фабрик и т. п., воды нефтеперерабатывающих заводов, содержащие эмульгированные продукты, банно-прачечные и душевые сточные воды, а также сточные воды заводов химической промышленности. Процесс коагулирования сточных вод неорганическими реагентами включает химические стадии - растворение и гидролиз коагулянтов и стадии физико-химических взаимодействий.

В результате гидролиза солей коагулянтов образуются малорастворимые гидроксиды металлов, которые формируют в воде дисперсную систему с противоположным зарядом. Это способствует сближению дисперсных частиц загрязнений и коагулянта. Внедрение в диффузный слой коллоидных загрязнений противоионов вызывает его нейтрализацию и приводит к снижению величины ζ - потенциала. В результате коагуляции дисперсная система сточных вод утрачивает седиментационную устойчивость и становится доступной для эффективного применения разделительных процессов. Поэтому коагуляция не является методом очистки воды, а лишь подготовительной ступенью.

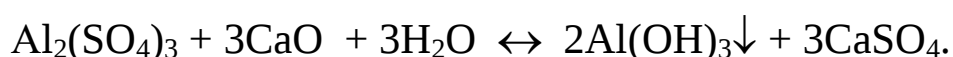
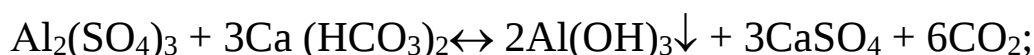
Наряду с явлениями собственно коагуляции, образующиеся флоккулы гидроксидов металлов, обладая развитой поверхностью, сорбируют многие дисперсные загрязнения сточных вод. При этом могут извлекаться вещества непосредственно не участвовавшие в текущем процессе коагуляции. Кроме этого, к образованию дисперсной фазы могут приводить реакции взаимодействия кислотных остатков и других анионов, образующихся на стадии гидролиза солей. Таким образом, процесс очистки сточных вод основанный на использовании коагулянтов необходимо рассматривать как многостадийный и многофакторный.

Коагулирование солями алюминия и железа

В практике очистки производственных сточных вод в качестве реагентов для коагулирования (коагулянтов) часто используют сульфат алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$; алюминат натрия NaAlO_2 ; оксохлорид алюминия $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$, реже - тетраоксосульфаты алюминия-калия $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ и алюминия-

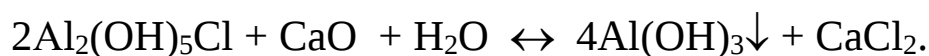
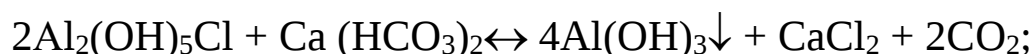
аммония $[\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$. Кроме коагулянтов применяют отходы неорганических производств, содержащие аналогичные соединения.

Широкое распространение получил сульфат алюминия. При коагулировании сульфат алюминия взаимодействует с гидрокарбонатами и щелочами, имеющимися в воде или добавленными специально, образуя малорастворимое основание. Суммарные реакции процесса представлены уравнениями:



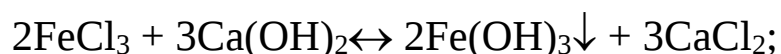
Наибольшая эффективность применения сульфата алюминия находится в интервале значений $\text{pH} = 5,0 \dots 7,5$.

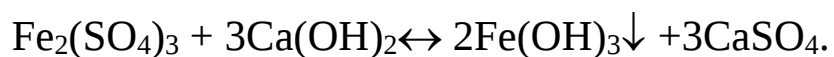
В последнее время для коагулирования природных и сточных вод применяют гидроксохлорид алюминия:



Основные преимущества гидроксохлорида алюминия видны при сопоставлении стехиометрии суммарных уравнений. Так, для получения одинакового количества гидроксида алюминия требуется в 6 раз меньше щелочных реагентов, при этом почти в 4 раза снижается дополнительная минерализация воды.

Железосодержащие коагулянты это, прежде всего сульфаты двух- и трехвалентного железа: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{SO}_4)_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, а также хлорное железо FeCl_3 . Интервалы величины pH для железосодержащих коагулянтов смещены к щелочным значениям: для соединений Fe^{3+} $\text{pH} = 6,0 \dots 9,0$; для соединений Fe^{2+} $\text{pH} \geq 9,5$. Для подщелачивания используют гидроксиды натрия и кальция:





Поскольку железо обладает переходной валентностью, перечисленные реагенты могут применяться не только для коагулирования, но и для проведения реакций окисления-восстановления с последующим отделением дисперсной фазы.

Характерная особенность всех приведенных реакций для распространенных неорганических коагулянтов состоит в образовании гидроксидных золь и увеличении содержания электролитов в обрабатываемой воде.

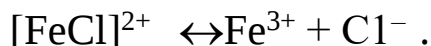
Полный процесс коагулирования сточных вод неорганическими коагулянтами включает химические и физико-химические стадии, а также последующее отделение сформированной дисперсной фазы. Поэтому общая эффективность применения методов очистки воды коагулированием обеспечивается мерой оптимальности всех составляющих процесса.

К химическим стадиям относятся диссоциация коагулянтов с образованием ионов и ионных комплексов, гидролиз и взаимодействие продуктов гидролиза с загрязняющими веществами.

Растворение коагулянтов в воде описывается реакциями диссоциации вещества. Ионизация кристаллической решетки соли на границе с раствором условно можно разделить на стадии, которые характеризуют равновесные состояния лигандов и ионов. Например, растворение сернокислого алюминия сопровождается последовательным отделением сульфат-ионов в следующей последовательности:

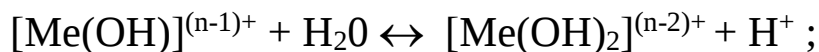


Растворение хлорида железа может быть представлено как последовательное отщепление хлоридов:



Формирующиеся при диссоциации солей коагулянтов лиганды и ионы металлов, вступая во взаимодействие с водой, обуславливают начало процесса гидролиза.

Общая схема гидролиза коагулянта может быть представлена последовательными стадиями:



.....

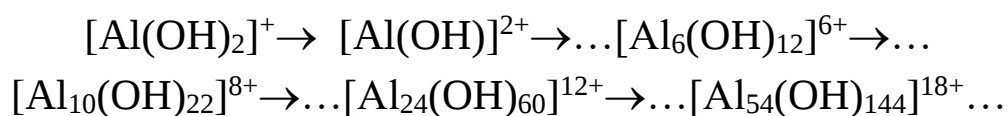


При гидролизе комплексных соединений и гидратированных ионов, продукты реакций могут включать сложные полиядерные структуры. Принципиальный вид реакций гидролиза, в результате которых образуются полиядерные комплексы, представлены уравнением:



Чем глубже гидролиз диссоциированных соединения коагулянта, тем больше образование в воде полиядерных оксогидратных комплексов. Принято считать, что величина заряда катиона металла обуславливает определенные структуры полиядерных комплексов. Так для иона металла Me^{2+} характерна одноядерная структура $[\text{Me}_2(\text{OH})]^{3+}$, для иона Me^{3+} конформна двуядерная структуры $[\text{Me}_2(\text{OH})_2]^{4+}$ и т.д. Например, для катиона Fe^{3+} продуктами гидролиза могут быть $[\text{Fe}(\text{OH})_2]^+$, $[\text{Fe}(\text{OH})]^{2+}$ и $[\text{Fe}_2(\text{OH})_2]^{4+}$.

Большое значение в процессе гидролиза коагулянта имеет щелочность и активная реакция среды. Постепенное повышение рН приводит к формированию полиядерных комплексов с большими величинами зарядов, что видно на примере полимеризации гидроксокомплексов алюминия:



Образующиеся в процессе гидролиза коагулянтов гидроксокомплексы металлов в насыщенном состоянии обладают малой растворимостью в воде. Произведение концентраций ионов в насыщенном водном растворе труднорастворимого соединения, называемое произведением растворимости (ПР), является его характеристикой и при постоянных значениях давления и температуры есть величина постоянная. В общем случае для диссоциирующего в воде соединения вида $[\text{Me}_x\text{A}_y]$ величина ПР выражается уравнением:

$$\text{ПР}[\text{Me}_x\text{A}_y] = [\text{Me}^+]^x [\text{A}^-]^y .$$

По величине ПР можно теоретически определить остаточное содержание в воде ионов малорастворимого соединения и необходимые затраты реагентов.

Физико-химические стадии обуславливают образование золя гидроксидов, адсорбцию коллоидных примесей и других примесей на поверхности частиц золя гидроксида, электролитную коагуляцию золя гидроксида и флокуляцию (хлопьеобразование). Процесс гидролиза коагулянта и диссоциации его продуктов в сточных водах очень сложный, поэтому приведенные уравнения дают общие представления о закономерностях и направлении химических стадий коагулирования.

Эффективность извлечения загрязняющих веществ в процессе коагулирования непосредственно зависит от дозы коагулянта. Однако простая стехиометрическая связь при этом отсутствует.

Коагулирование с использованием смеси минеральных соединений

Одно из направлений интенсификации процесса коагулирования сточных вод - подбор оптимальных соотношений смеси катионов металлов. При этом были получены хорошие результаты при использовании растворимых солей, содержащих ионы железа, алюминия, кальция и анионы хлора, нитрата или ацетата. Такие смеси электролитов позволяют очищать сточную воду от органических загрязняющих веществ и механических примесей независимо от значений pH. Установлена возможность использования гидратов окислов Ni, Cu, Mn, Cd, Al, Cr для очистки сточных вод, содержащих красители различного строения, ПАВ и нефтепродукты. Показано, что эффект очистки в данном случае приближается к сорбции активными углями. Процессы коагулирования и осаждения протекают быстрее, чем в случае применения только одного электролита. В то же время отмечено, что методы эффективны для очистки умеренно загрязненных сточных вод.

Наряду с использованием металлсодержащих солей, за рубежом получил распространение способ очистки сточных вод предприятий текстильного профиля путем подкисления сточной жидкости фосфорной кислотой с последующей нейтрализацией известью до $\text{pH} = 6,5 \dots 8,5$.

Для уменьшения дозы осадкообразующих реагентов совместно с минеральными коагулянтами иногда применяют окислители - перекись водорода, газообразный хлор, гипохлорит натрия, реактив Фентона.

К существенным недостаткам процессов со сложным составом коагулирующих смесей следует отнести наличие их в достаточном количестве на очистных сооружениях (как правило, это отходы химических производств) и сложность решения экологических проблем, связанных с образующимися осадками.

При современных требованиях к очищенной воде, результаты, получаемые традиционным коагулированием, не позволяют эффективно решать природо-

охранные задачи. Это послужило основанием для разработки более совершенных технологий проведения процесса коагулирования сточных вод сложного фазово-дисперсного состава. Одним из перспективных направлений является использование наряду с минеральными, также органических полиэлектролитов.

Коагулирование с использованием органических полиэлектролитов

Перспективным направлением интенсификации процесса коагулирования является совместное применение реагентов минерального и органического строения, прежде всего полиэлектролитов.

Большинство синтетических флокулянтов созданы на основе полиакриламида и его производных. Собственно полиакриламид электронейтрален. Разные ионные типы получают в результате его сополимеризации с другими мономерами. Наиболее распространены следующие анионные группы: $-\text{COOH}$; $-\text{SO}_3\text{H}$; $-\text{OSO}_2\text{H}$; $-\text{PO}(\text{OH})_2$. Катионные свойства полиэлектролита обусловлены наличием групп: $-\text{NR}_2$; $=\text{NH}$; $=\text{NOH}$ и др.

Растворенный в воде полиэлектролит в результате диссоциации представляет собой систему, состоящую из высокомолекулярных поливалентных макроионов, окруженных низкомолекулярными противоионами.

Современные представления о механизмах действия высокомолекулярных полиэлектролитов на устойчивость коллоидных систем основаны на теоретических моделях *компенсационной* и *мостикообразования*.

В соответствие с компенсационной моделью флокуляции агрегативная устойчивость дисперсной системы нарушается вследствие снижения заряда частиц при добавлении полиэлектролита, макроионы которого имеют противоположный знак заряда. Известно эффективное применения полиэлектролитов анионного типа для флокуляции дисперсных систем минерального происхождения, которые в большинстве случаев имеют отрицательный заряд. В равной мере это относится к дисперсиям, образующимся при использовании мине-

ральных коагулянтов. Наличие в водах, особенно сточных, микродисперсных систем органического происхождения, характеризующихся положительным знаком заряда, соответственно приводит к эффективной флокуляции катионными полиэлектролитами. Данное положение объясняет существенное влияние на эффективность флокуляции величины рН среды, узкий диапазон оптимальных доз полиэлектролитов, температуры, наличия электролитов и ряда других факторов.

Содержащиеся в сточных водах ПАВ и другие высокомолекулярные соединения приводят к существенным отклонениям от теоретических положений компенсационной модели флокуляции. Поскольку реальные дисперсные системы загрязняющих веществ гетерогенны по заряду, это означает, что даже при большой доминирующей величине заряда, вероятно наличие областей поверхности с небольшим, нулевым или с противоположным по знаку зарядом. Поэтому часто невозможно без экспериментальных исследований в конкретных условиях определить тип полиэлектролита, обладающий достаточной эффективностью.

В настоящее время проводятся исследования влияния полиэлектролитов катионного типа на лиофильные дисперсные системы без применения минеральных реагентов. Тем не менее, достаточной технологической определенности не получено, что связано с многофакторностью состояния устойчивости дисперсных систем сточных вод.

Теория мостикообразования получила широкое распространение благодаря возможности объяснения механизмов флокуляции устойчивых дисперсий как минерального, так и органического происхождения. При этом допускается как адсорбционное, так и электростатическое взаимодействие частиц дисперсии с макроионами молекул полиэлектролита. Схема флокуляции дисперсных частиц согласно модели мостикообразования приведена на рис. 2.40.

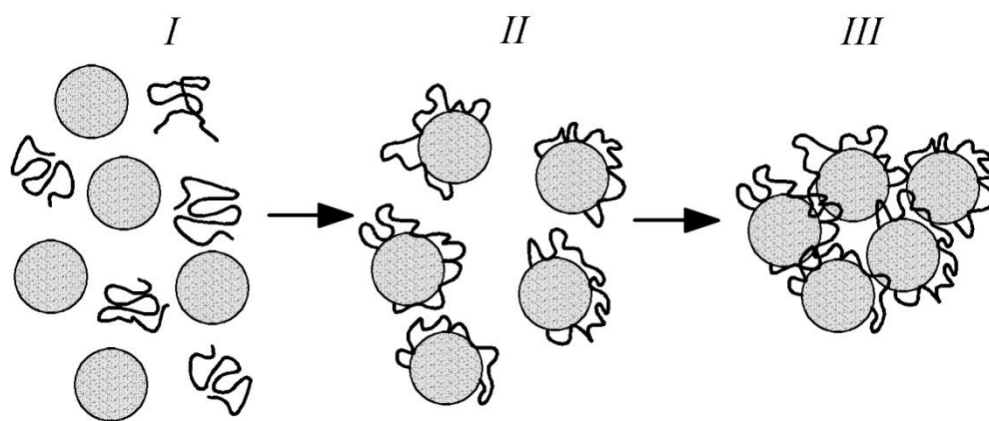


Рис. 2.40. Стадии взаимодействия дисперсной системы с высокомолекулярным полиэлектролитом: I - распределение полимера в дисперсии; II - адсорбция полимера на поверхности частиц, образование "петель" и "хвостов"; III - формирование хлопьев, сжатие дисперсионных прослоек.

Осуществление механизма мостикообразования теоретически возможно при выполнении ряда условий. Флокулирующими свойствами может обладать только полиэлектролит, способный закрепляться на поверхности частицы при относительно малом числе контактов и формировать значительное количество свободных "хвостов" или "петель", обращенных в сторону дисперсионной среды. Кроме этого на поверхности частиц дисперсии должно быть достаточно вакантных мест, потенциально способных к взаимодействию с полиэлектролитом и его закрепления.

В рамках теории мостикообразования объясняется положительное влияние молекулярной массы полиэлектролита. Однако, средняя молекулярная масса не в полной мере отражает свойства флокулянта, так как возможны существенные различия в молекулярно-массовом распределении.

Обобщение результатов применения полиэлектролитов для интенсификации флокуляции дисперсий позволяет заключить, что механизмы их взаимодействия с исходными дисперсными системами сточных вод и, трансформированными в процессе коагулирования, более сложные, чем при флокуляции дисперсий с однородным химическим составом. Тем не менее, в технологических процессах очистки сточных вод достигнуты определенные успехи применения

полиэлектролитов, в том числе в качестве реагентов-собираателей при флотационном отделении сфлокулированных гидроксидов.

В общем случае технологическая эффективность применения флокулянта любого типа может быть определена по выражению:

$$\eta_{\text{пэ}} = (U_{\text{флос}} - U_0) / (U_0 \cdot m) ,$$

где $U_{\text{флос}}$ и U_0 – средняя гидравлическая крупность оседающих частиц при добавлении флокулянта и исходная соответственно, мм/с; m - удельный расход флокулянта по отделенной дисперсной фазе, г/кг.

В настоящее время имеется достаточно широкий выбор органических полиэлектролитов пригодных для использования в технологиях очистки воды.

Современные полимеры по соображениям экономии, улучшения транспортировки и хранения поставляются в форме твердых гранулированных материалов. Часть полиэлектролитов выпускается в жидком эмульгированном виде. В этом случае продолжительность их хранения существенно ограничена.

Синтетический полиэлектролит способен к взаимодействию с дисперсной фазой сточных вод, только если он из сухого состояния переходит в водный раствор, где находится в виде полностью растянутых молекул. В начале растворения каждая частица полиэлектролита представляет собой прочно свернутый клубок из длинных цепей полимерных молекул. Первая фаза растворения - набухание – характеризуется образованием на наружной поверхности каждой частицы геля большой вязкости, который постепенно начинает препятствовать проникновению воды внутрь частицы полимера. Поэтому большое влияние на скорость растворения полиэлектролита оказывают соотношение воды и сухого полимера и условия перемешивания. В результате набухания твердые частицы полиэлектролита в воде превращаются в частицы геля. Во второй фазе растворения молекулы флокулянта разворачиваются и покидают наружную поверхность геля, формируя молекулярно-ионный раствор, где активируют характерные ионные группы.

Простейшая установка для приготовления раствора полиэлектrolита приведена на рис. 2.41. Сухой флокулянт через дозирующее отверстие поступает в диспергатор, где предварительно смешивается с водой. Далее пульпа подается в растворно-расходный резервуар, где происходит окончательное растворение полимера и приготовление требуемой его концентрации.

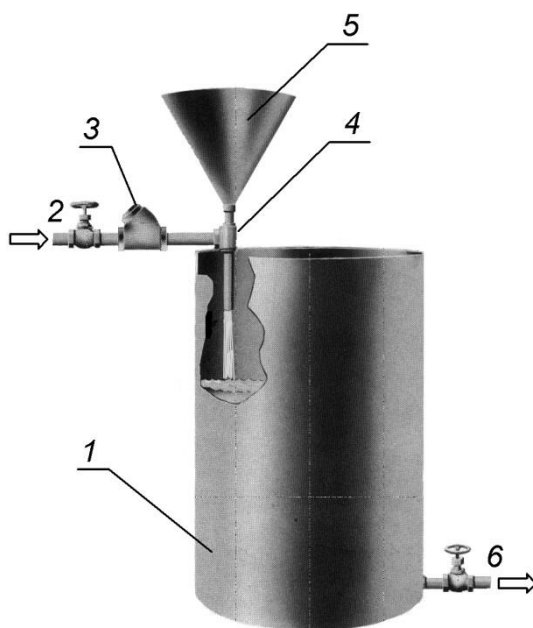


Рис. 2.41. Общий вид простейшей установки для одностадийного растворения флокулянта: 1 — растворно-расходный резервуар; 2 — подача воды для растворения; 3 — индукционный расходомер; 4 — диспергатор; 5 — дозатор сухого флокулянта; 6 — подача готового рабочего раствора флокулянта.

Схема двухстадийного приготовления и дозирования флокулянта, поступающего в сухом виде из бункера, приведена на рис. 2.42.

Для приготовления раствора, применяют предварительно заполненные водой резервуары 1, оборудованные мешалками медленного перемешивания 2. При контакте с водой гранулы полиэлектrolита набухают и постепенно переходят в раствор. Во избежание слипания гранул подача реагента осуществляется с помощью диспергатора 6 эжекционного типа, в который через дозатор 9 подается сухой флокулянт и тангенциально подводится вода. По этой схеме в резервуарах 1 получают раствор с концентрацией 0,5...1,0%, а затем произво-

дится дополнительное разбавление водой, вводимой с помощью эжектора в линию дозирования флокулянта до рабочей концентрации (0,1...0,2%).

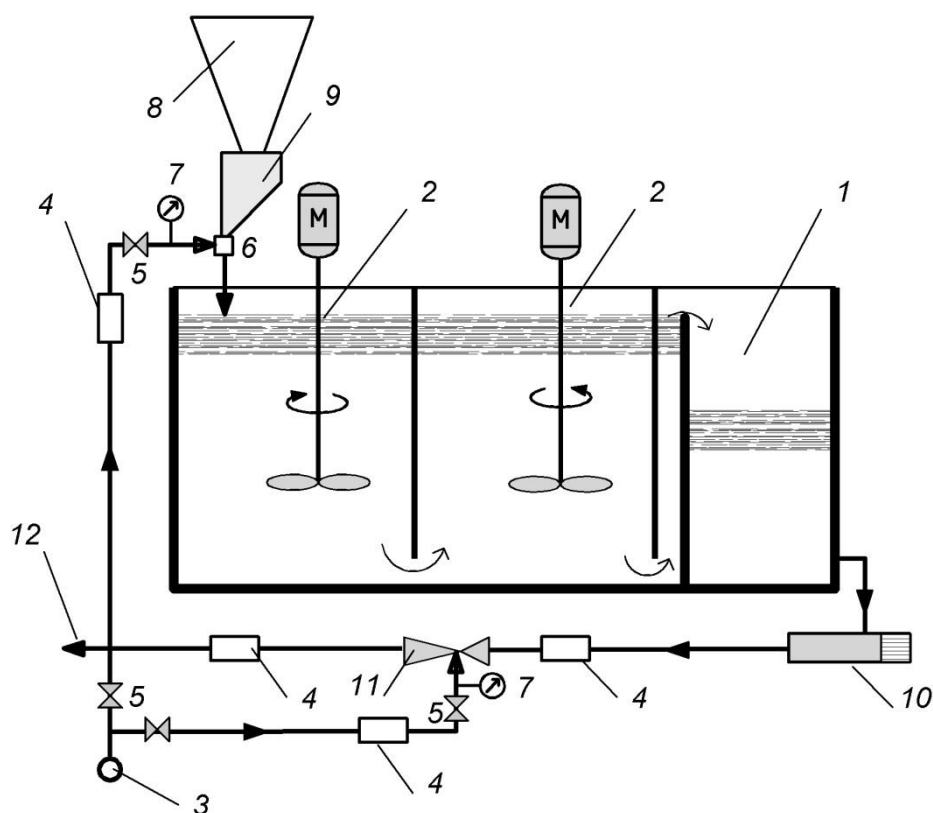


Рис. 2.42. Схема установки для двухстадийного растворения и дозирования флокулянта:
 1 — трехсекционный растворо-расходный резервуар; 2 — мешалка; 3 — подача воды-растворителя; 4 — индукционный расходомер; 5 — электрифицированная задвижка;
 6 — диспергатор; 7 — манометр; 8 — бункер сухого флокулянта; 9 — дозатор;
 10 — винтовой насос; 11 — подача готового рабочего раствора.

Продолжительность периода растворения флокулянта зависит от крупности частиц, его молекулярной массы, температуры раствора и условий перемешивания. По опыту приготовления растворов флокулянтов мелкая фракция почти полностью растворяется в течение 15...30 минут, а для крупных частиц требуется до 2 часов.

Ряд производителей выпускают флокулянты в форме микро шариков. Такой товарный продукт обладает высокой фракционной однородностью, практически не содержит пыли и обладает отличной текучестью в сухом виде. Благо-

даря этим свойствам, Флокулянты в микрошариковой форме характеризуются большей скоростью растворения и значительным удобством в дозировании и хранении.

Для повышения скорости распределения частиц геля по всему объему раствора, в ряде случаев возможно приготовление раствора более высокой концентрации, чем требуется. Быстро нарастающая вязкость раствора, при перемешивании способствует разрушению сгустков геля и увеличению межфазной поверхности "полимер-вода". Другое преимущество приготовления концентрированной смеси заключается в возможности создания некоторого запаса готового реагента, что уменьшает частоту его приготовления.

Ранее отмечалась важность перемешивания в процессе растворения флокулянта. Это необходимо для поддержания частиц во взвешенном состоянии, интенсификации отделения несвязанных цепей полимерных молекул от набухших частиц геля и предотвращения образования на дне растворного резервуара малоподвижной желеобразной массы.

Перемешивание должно осуществляться с достаточно большой интенсивностью, но при этом не приводить к повреждению молекул флокулянта. Это возможно при больших напряжениях сдвига, возникающих между подвижными и малоподвижными слоями раствора. Оптимальные условия перемешивания обеспечиваются медленными мешалками с большим радиусом лопастей. По этой же причине недопустимо использование центробежных, вихревых и подобных им насосов для перекачки растворов полиэлектролитов с большой молекулярной массой.

Большое значение для эффективного применения флокулянтов имеет правильный выбор технологической точки ввода в обрабатываемую воду. Главным условием является быстрое и равномерное распределение по всему объему суспензии без создания избыточной турбулентности, разрушающей образующиеся рыхлые хлопья.

Существует много инженерно-технологических решений, в большей или меньшей мере обеспечивающих эффективное применение флокулянтов. Одно из них состоит в дробном дозировании полиэлектролита в обрабатываемую воду, в сочетании с разной интенсивностью перемешивания при первой и второй добавке. Данный способ обеспечивает высокую эффективность флокуляции высокодисперсных твердых частиц и одновременно максимально возможную крупность хлопьев.

Следует отметить, что только владение теорией флокуляции позволяет правильно оценивать свойства дисперсных систем и целенаправленно осуществлять подбор оптимального типа полиэлектролита для конкретных вод. Не меньшее значение для достижения наибольшей эффективности применения флокулянтов имеют знания по правильному их использованию на практике.

Обобщение опыта применения полиэлектролитов для интенсификации флокуляции дисперсий позволяет заключить, что механизмы их взаимодействия с исходными дисперсными системами сточных вод и, трансформированными в процессе коагулирования, более сложные, чем при флокуляции веществ с однородным химическим составом. Тем не менее, в технологических процессах очистки производственных сточных вод достигнуты определенные успехи их применения, в том числе в качестве реагентов-собирателей при флотационном отделении сфлокулированных гидроксидов.

Технологические процессы коагулирования сточных вод

В технологии коагулирования используют разные схемы, обеспечивающие наилучшие результаты очистки сточных вод в конкретных условиях. Наиболее распространенные приемы коагулирования это непрерывное, периодическое и дробное. Приемы периодического и дробного коагулирования не получили распространения в практике очистки сточных вод, вследствие сложности совмещения режимов подачи реагентов с колебаниями состава и расхода сточных вод.

Очень большое значение для повышения эффективности процесса коагулирования имеют технологические приемы его осуществления. В технологии коагулирования используют разные схемы, обеспечивающие наилучшие результаты очистки сточных вод в конкретных условиях. Распространены такие приемы коагулирования как непрерывное, непрерывное с возвратом части осадка, раздельное, дробное и периодическое. Схемы технологических процессов осуществления коагулирования даны на рис. 2.43.

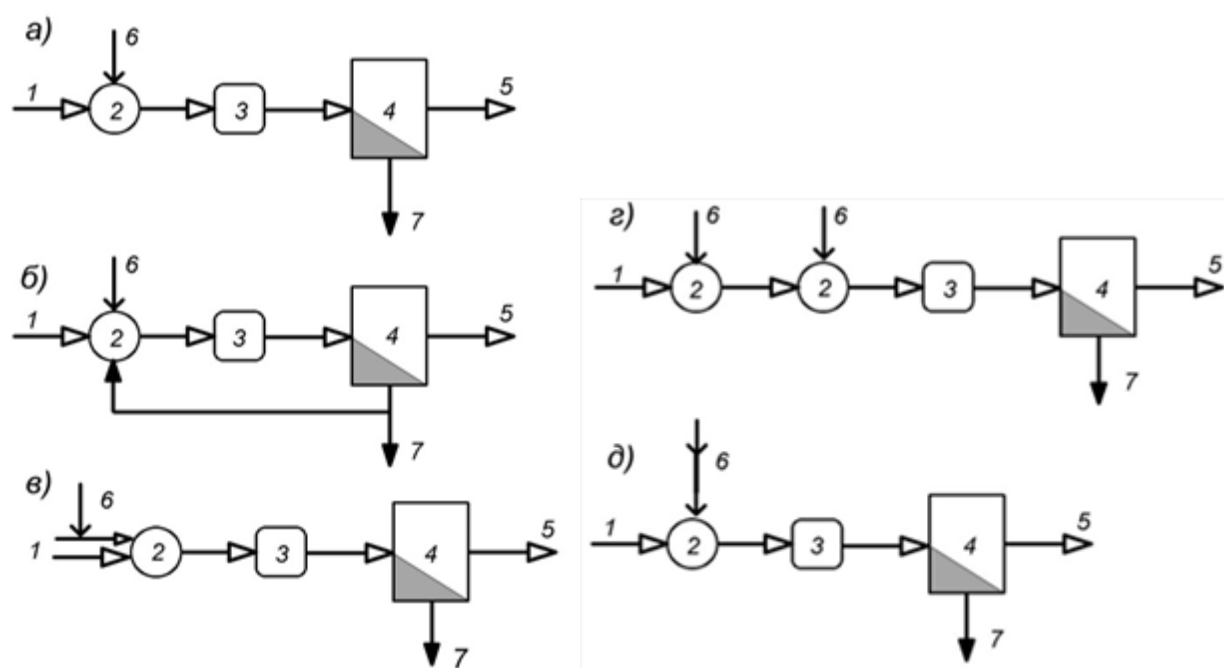


Рис. 2.43. Принципиальные схемы технологических процессов коагулирования воды:

а – непрерывное коагулирование; б – непрерывное с возвратом части осадка; в – раздельное;

г – дробное; д – периодическое:

1, 5 - подача сточных вод и отведение очищенной воды; 2 – смеситель; 3 – камера флокуляции; 4 – разделительное сооружение; 6 – подача коагулянта; 7 – отвод осадка.

Непрерывное коагулирование. В простейшем случае раствор коагулянта непрерывно подают в очищаемую воду непрерывно в начало смесителя. Эффективность коагулирования в этом случае будет сильно зависеть от системы управления процессом, которая должна быстро реагировать на изменение со-

става и количества поступающей воды. В значительной части установок для очистки сточных вод использована эта схема.

Непрерывное коагулирование с возвратом осадка. Интенсификацию коагулирования в этом случае достигают возвратом части ранее скоагулированных и отделенных примесей. Технологическая мотивация этого приема обусловлена рядом аспектов. При необходимости глубокого удаления загрязняющих веществ, как правило, используют высокие дозы коагулянта, так как при малых равновесных концентрациях, эффективность адсорбции гидроксидами низкая. Возврат отделенных осадков в область более высоких концентраций извлекаемых веществ способствует более полному использованию реагентов. Кроме этого, рециркуляция приводит к ускорению процесса образования более плотных хлопьев.

Различают рециркуляцию *внутреннюю* и *внешнюю*. При внутренней рециркуляции образовавшиеся хлопья возвращают вместо подачи коагулянта без вывода их из реакционной емкости.

В случае внешней рециркуляции предусматривается отвод шлама из камер хлопьеобразования, осветлителей, отстойников, фильтров или флотаторов и возврат его в смеситель.

Раздельное коагулирование. Введение реагентов в относительно небольшой объем очищаемой воды, а затем быстрое смешение с остальной ее частью интенсифицирует и стабилизирует процесс коагулирования. Это происходит вследствие более быстрого начала формирования хлопьев при повышенных концентрациях коагулянта в отделенной части потока сточных вод. В результате такой обработки образуются крупные и плотные хлопья, что повышает степень очистки воды. В ряде случаев прием раздельного коагулирования позволяет существенно уменьшить влияние коллоидной защиты, обусловленное присутствием ПАВ.

Дробное коагулирование. Эффективным способом интенсификации процесса коагуляции является метод, при котором реагенты добавляют к очищаемой

мой воде несколькими порциями или последовательным введением разных реагентов. В этом случае получают полидисперсные агрегаты коагулянта, а также увеличивается период существования положительно заряженных полиядерных гидроксокомплексов, в результате чего интенсифицируется процесс коагуляции и формирования оседающих частиц. На основе данного принципа, автором с сотрудниками разработана технология дифференцированного коагулирования в контактной массе. По сравнению с традиционным коагулированием в объеме, предложенная технология позволяет увеличить эффективность извлечения неионогенных ПАВ на 10...20%, анионных ПАВ на 20...40%, ХПК на 30...45% и практически полностью снять окраску сточных вод.

Периодическое коагулирование. Технология подачи реагентов с заданными промежутками времени не получила широкого распространения в практике очистки производственных сточных вод. Это обусловлено сложностью совмещения режимов дозирования реагентов с колебаниями состава и притока сточных вод.

Сооружения для коагулирования сточных вод

Процесс коагулирования, как отмечалось ранее, включает растворение коагулянта, гидролиз и физико-химические взаимодействия. Фазы растворения и гидролиза проходят и заканчиваются, в основном, в емкостях реагентного хозяйства. Физико-химические взаимодействия начинаются при контакте со сточными водами и включают молекулярно-кинетическую, градиентную и гравитационную фазы. Наибольшая эффективность очистки сточных вод, может быть достигнута только при обеспечении в сооружениях наиболее благоприятных условий прохождения каждой фазы процесса.

Молекулярно-кинетическая фаза коагуляции практически совпадает с периодом распределения раствора коагулянта в воде в смесителях.

Фаза градиентной коагуляции происходит в процессе более медленного и продолжительного перемешивания, осуществляемого в камерах хлопьеобразо-

вания. Особенность этой фазы коагуляции заключается в столкновении дисперсных частиц при взаимодействии вихревых потоков, возникающих в перемешиваемом объеме воды. Очевидно, что результаты этой фазы существенно зависят от условий перемешивания в сооружении, которые принято определять средним градиентом скорости G , с^{-1} .

Коагулянты смешивают с обрабатываемой сточной водой в смесителях. Применяют перегородчатые, дырчатые, шайбовые и вертикальные смесители, а также механические с пропеллерными или лопастными мешалками. Интенсивность перемешивания соответствует градиенту скорости $G=180\ldots250 \text{ с}^{-1}$.

Процесс хлопьеобразования осуществляют в сооружениях смешения с при среднем градиенте скорости $G=50\ldots60 \text{ с}^{-1}$. По виду движения потока камеры хлопьеобразования могут быть водоворотные, перегородчатые, вихревые, а также с механическим и барботажным перемешиванием. Схемы камер хлопьеобразования приведены на рис. 2.44.

Перегородчатые камеры могут быть горизонтальными и вертикальными. В горизонтальной камере сточная вода протекает по нескольким последовательно соединенным коридорам. Перемешивание осуществляется за счет восьми — десяти поворотов.

Водоворотная камера хлопьеобразования представляет собой цилиндр, в верхнюю часть которого из смесителя вводится сточная вода через диаметрально расположенные сопла с противоположным направлением выхода струи. При скорости выпуска воды из сопел $2\ldots3 \text{ м/с}$ в камере поддерживается вращательное движение. В нижней части камеры перед выходом в отстойник находятся гасители вращательного движения воды.

Вихревая камера хлопьеобразования представляет собой конический или цилиндрический расширяющийся кверху резервуар с нижним впуском сточной воды. Угол наклона стенок камеры к горизонту около 70° .

В камерах хлопьеобразования оборудованных *лопастными мешалками* поддерживают скорость движения воды $0,15\ldots0,2 \text{ м/с}$.

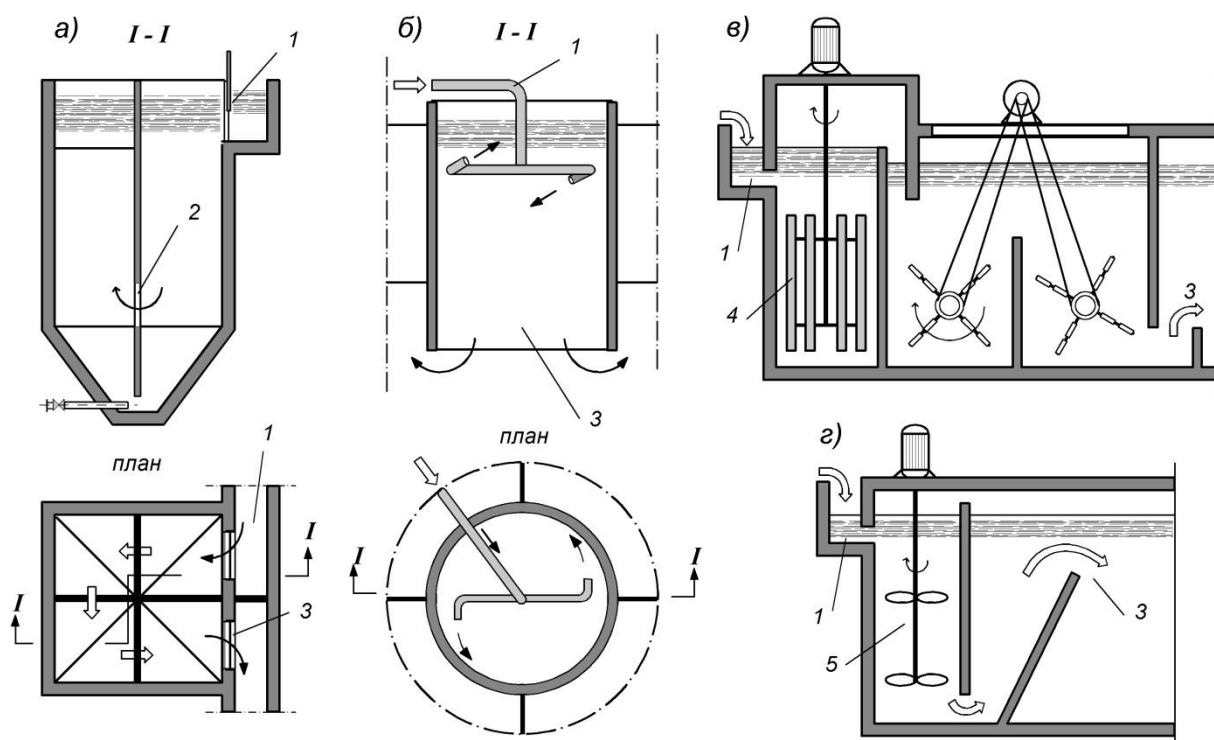


Рис. 2.44. Основные типы камер хлопьеобразования: а - перегородчатая с вертикальным движением воды; б - водоворотная встраиваемая; в - с механическим перемешиванием; г - встроенная вихревая; 1 - поступающая вода; 2 - перепускное окно; 3 - флокулированная дисперсия; 4 - механический лопастной смеситель; 5 - механический осевой смеситель.

Барботажная камера хлопьеобразования работает с использованием энергии конвективного движения объема воды, наполненного пузырьками воздуха. В отличие от механического перемешивания при одинаковом градиенте скорости длительное барботажное перемешивание воды не приводит к нарушению тиксотропных свойств коагулированной взвеси. Однако применение барботажных смесителей и камер хлопьеобразования в практике очистки рассматриваемых сточных вод ограничено. Во многих случаях это обусловлено высокой вспениваемостью сточных вод. Кроме этого барботажное перемешивание приводит к понижению щелочности воды. Тем не менее, барботажные камеры хлопьеобразования могут быть эффективными, например, в блоке с флотационным разделительным сооружением.

Последующее осветление сточной воды производится в горизонтальных, радиальных и вертикальных отстойниках, осветлителях со взвешенным слоем осадка или флотаторах.

Практический опыт коагулирования сточных вод, содержащих сложные органические соединения, включая ПАВ, синтетические красители, нефтепродукты и др., показывает, что для обеспечения достаточной степени очистки необходимы высокие дозы реагентов, достигающие нескольких кг на 1 м³ обрабатываемых сточных вод. В результате этого образуются большие количества обводненных осадков и шламов.

Сорбционные методы очистки сточных вод. Основы сорбционного извлечения загрязняющих веществ

Очистка промышленных сточных вод сорбционными методами находит широкое применение, как в России, так и за рубежом. С помощью этого метода достигается высокая степень извлечения органических загрязняющих веществ, что значительно облегчает дальнейшую биологическую очистку сточных вод или полностью ее заменяет, но для этого необходимо правильно учитывать многие факторы, влияющие на адсорбционный процесс. Далеко не все вещества могут быть удалены из воды сорбцией. Прежде всего, эффективность сорбции определяется химическим строением молекул извлекаемых веществ и их состоянием в водных растворах в присутствии сильных электролитов. Хорошо адсорбируются те вещества, в молекулах которых имеются ненасыщенные и сопряженные связи, а также ароматические соединения. К таким соединениям относятся ПАВ, органические красители, хлорорганические соединения, фенол и другие. Адсорбция молекул растворенных органических веществ на поверхности сорбента возможна тогда, когда энергия взаимодействия с его поверхностью будет значительно больше энергии взаимодействия растворенного вещества с водой, то есть больше энергии гидратации.

В области сорбционной очистки сточных вод приняты следующие понятия и определения.

Сорбция – поглощение одного вещества другим без изменения химического состава веществ.

Адсорбция - поглощение одного вещества другим на поверхности раздела фаз «вода - твердое вещество».

Сорбент – вещество, поглощающее из водной среды загрязняющее вещество.

Сорбтив – загрязняющее вещество, поглощаемое из водной среды.

Сорбат – загрязняющее вещество, поглощенное сорбентом.

Удельная адсорбция – отношение массы поглощенного вещества (сорбата) к массе поглощающего вещества (сорбента).

Равновесная концентрация – концентрация сорбтива в воде, находящаяся в динамическом равновесии при данных условиях сорбции.

Для описания сорбционных процессов очистки воды используют показатели, обеспечивающие возможность расчета технологического оборудования и режимов его работы.

Одним из основных показателей процесса адсорбционного взаимодействия является изотерма сорбции, отражающая функциональную зависимость удельной адсорбции загрязняющего вещества от равновесной концентрации его в воде:

$$a = f(C_a)_{t=const},$$

где a – удельная сорбция – количество загрязняющих веществ (в единицах массы или объема), извлекаемых сорбентом (в единицах массы, объема или поверхности); C_a – равновесная концентрация – концентрации сорбата и сорбтива, находящиеся в динамическом равновесии при данных условиях сорбции и для данной температуры системы – t .

Известно несколько типов изотерм сорбции линейного и нелинейного видов:

- изотерма Генри $a = KC_a$;
- изотерма Фрейндлиха $a = KC_a^{1/n}$;
- изотерма Ленгмюра $a = a_\infty \frac{KC_a}{1 + KC_a}$,

где a – удельная адсорбция; K – константа равновесия; n – эмпирическая константа; a_∞ – предельная адсорбция.

Изотермы сорбции характеризуют статическое равновесное состояние системы (рис. 2.45).

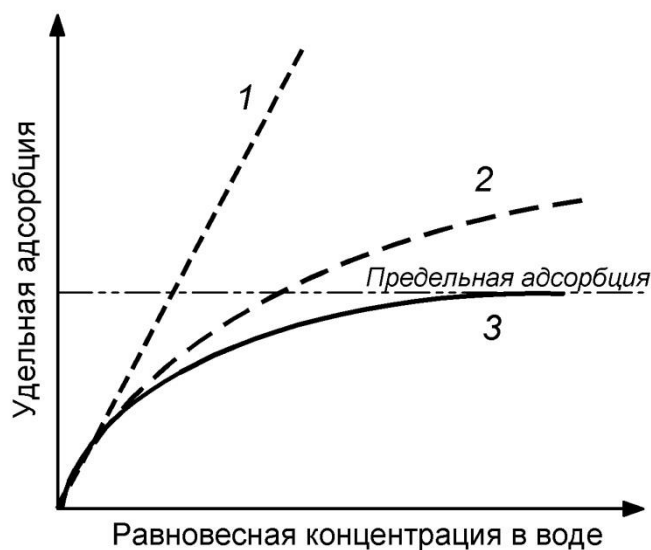


Рис. 2.45. Типичные виды изотерм сорбции:

1 – изотерма Генри; 2 – изотерма Фрейндлиха; 3 – изотерма Ленгмюра.

Закономерно, что все изотермы демонстрируют уменьшение удельной сорбции в области малых концентраций извлекаемых веществ. Поэтому в области малых значений концентрации загрязняющих веществ, например, на заключительной стадии очистки воды для расчетов допустимо использовать линейную изотерму Генри.

Наряду с показателями сорбции в равновесном состоянии, важное практическое значение имеет скорость достижения равновесного состояния. Скорость достижения равновесного состояния отражает динамические показатели сорб-

ции. К ним относят - скорость адсорбции для адсорбера-смесителя и скорость перемещения фронта адсорбционной волны для адсорбционного фильтра.

Технологические процессы сорбционной очистки сточных вод

В технологии очистки сточных вод используют процессы статической и динамической сорбции.

Процесс статической сорбции осуществляется в контактных реакторах, в которые сорбент подается в определенной пропорции к сорбтиву и находится с ним в контакте необходимый период времени. За этот период устанавливается динамическое равновесие в содержании извлекаемых веществ в воде и на поверхности сорбента. Для обеспечения наибольшей скорости адсорбции сорбент и обрабатываемая вода должны поддерживаться в подвижном состоянии.

Скорость адсорбции зависит от концентрации, природы и структуры извлекаемых веществ, температуры воды и свойств адсорбента. В общем случае процесс адсорбции включает три стадии: перенос веществ из объема сточной воды на поверхность адсорбента (внешнедиффузионная область), собственно адсорбционный процесс, перенос вещества в поровое пространство зерен адсорбента (внутريدиффузионная область). Например, установлено, что лимитирующая стадия адсорбции ПАВ в большинстве случаев лежит во внешнедиффузионной области массопереноса.

Коэффициент внешней массоотдачи характеризует скорость поглощения сорбтива единицей объема адсорбента.

Следовательно, в адсорбере-смесителе динамика процесса зависит от турбулентности потока при перемешивании.

Очистка воды с использованием процессов статической сорбции может осуществляться по трем принципиальным схемам: *прямоточной с однократным использованием сорбента, противоточной с многократным использованием сорбента и циркуляционной с использованием псевдоожиженного слоя.*

Полный технологический процесс сорбционной очистки воды может осуществляться в одну и более ступеней.

В прямоточной и противоточной схемах, как правило, используют порошкообразные сорбенты.

Прямоточная схема процесса статической сорбции не требует больших капитальных затрат на строительство, позволяет вести процесс с использованием разных сорбентов, осуществлять очистку воды постоянно или периодически (рис. 2.46.).

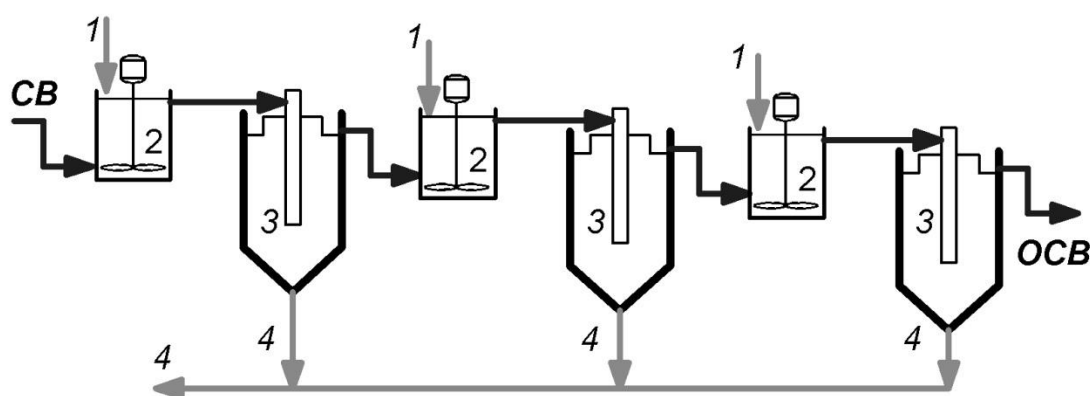


Рис. 2.46. Схема трехступенчатого процесса статической сорбции с прямоточным однократным использованием сорбента:

1 – подача свежего сорбента, 2 - смесительный аппарат с мешалкой; 3 – отстойник;
4 – отведение отработанного сорбента.

В прямоточной схеме адсорбционная способность активного угля или другого сорбента используется только частично, что обусловлено низкой удельной адсорбцией в области малых концентраций извлекаемых загрязняющих веществ.

Достоинства многоступенчатого процесса статической сорбции с прямоточным однократным использованием сорбента - высокая надежность извлечения загрязняющих веществ, возможность использования разных сорбентов (в том числе реагентов) на отдельных ступенях процесса, возможность изменения

доз сорбента по ступеням. Главный его недостаток — высокий расход адсорбента.

Уменьшить общий расход сорбента в прямоточной схеме можно, применив дробное дозирование в сочетании с устройством нескольких последовательных ступеней обработки воды.

Противоточная схема процесса статической сорбции загрязняющих веществ с многократным использованием сорбента позволяет достичь существенного снижения его расхода (рис. 2.47).

В этой схеме введение свежего сорбента осуществляется перед последней ступенью, в которой устанавливается адсорбционное равновесие, соответствующее заданной концентрации загрязняющих веществ в очищенной воде.

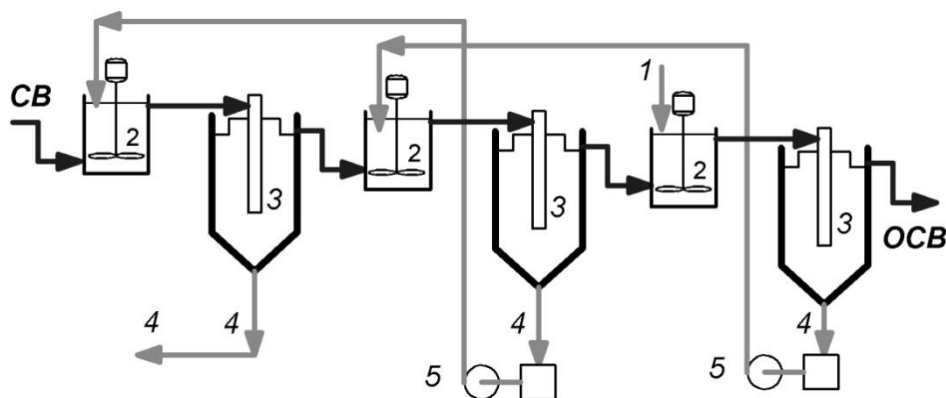


Рис. 2.47. Схема трехступенчатого процесса статической сорбции с противоточным использованием сорбента:

1 – подача свежего сорбента, 2 – смесительный аппарат с мешалкой; 3 – отстойник; 4 – отведение отработанного сорбента; 5 – насос-дозатор.

В соответствии с изотермами сорбции, сорбционная емкость в этом случае используется незначительно. Дальнейшее последовательное перемещение отделенного сорбента по ступеням очистки воды к первой, в которой содержание загрязняющих веществ, соответствует начальному, обеспечивает более полное использование сорбционной емкости.

Расход сорбента, вводимого в последнюю ступень установки процесса статической сорбции с противоточным дозированием определяют по уравнению

изотермы сорбции. Причем, величину удельной адсорбции принимают соответствующей равновесной концентрации близкой к начальному содержанию загрязняющих веществ в поступающей воде. Достоинства процесса статической сорбции с противоточным дозированием включают высокую степень использования сорбционной емкости сорбентов, дозирование в одну точку, меньшие дозы свежих сорбентов и объемы отработанных. В числе недостатков - небольшая технологическая гибкость процесса.

Наибольший эффект экономии сорбента в этой схеме достигается при использовании нескольких контактных ступеней, что в свою очередь приводит к увеличению стоимости оборудования пропорционально их числу. Поэтому оптимизация работы этой схемы состоит в подборе наилучшего сочетания дозы вводимого сорбента и числа ступеней переноса.

При использовании мелкодисперсных и порошкообразных сорбентов качестве реакторов, как правило, применяют смесители с механическим перемешиванием. Разделение суспензии, в зависимости от ее физических показателей, может осуществляться в отстойниках или гидроциклонах. Промежуточные ступени отделения сорбента рассчитывают на эффективность задержания твердой фазы 90...95%. На заключительной стадии очистки воды от остатков сорбента предусматривают фильтрование. Для этого используют скорые фильтры с крупнозернистой загрузкой, патронные, листовые и другие типы.

Рециркуляционная схема процесса статической сорбции с использованием псевдооживленного слоя применяется в адсорберах, работающих при высоком содержании в сточных водах сопутствующих взвешенных веществ, способных заиливать сорбенты, а также при медленном процессе установления динамического равновесия.

Режим *псевдооживления* слоя тяжелых частиц наступает при повышении скорости восходящего потока жидкости до величины, превышающей их гидравлическую крупность. При этом, частицы обладающие большей гидравлической крупностью размещаются на нижней границе слоя, а частицы с наимень-

шей скоростью падения располагаются на верхней границе. Высота расширения псевдооживленного слоя зависит от дисперсного состава оседающих частиц и степени заполнения поперечного сечения реактора.

Важным показателем псевдооживленного слоя является величина относительного расширения или оживления. Для цилиндрической колонны показатель относительного расширения равен отношению высоты псевдооживленного слоя к его высоте в неподвижном состоянии:

$$\varepsilon_w = H / H_0,$$

где H — высота псевдооживленного слоя; H_0 — высота неподвижного слоя.

Для псевдооживленного слоя существуют две характерные величины скорости восходящего потока воды:

первая критическая скорость, при которой частицы дисперсного материала начинают витать в потоке воды;

вторая критическая скорость, при которой витающие частицы выносятся из реактора.

Наилучшие условия адсорбции вещества из потока воды следующие:

- минимизация относительного расширения ε_w , при поддержании скорости потока воды больше второй критической для сопутствующих взвешенных веществ;
- высокая дисперсность адсорбента для получения большой поверхности сорбции;
- достаточная высота псевдооживленного слоя для снижения влияния продольной диффузии извлекаемых загрязняющих веществ.

Конструктивное исполнение адсорбционных реакторов с использованием псевдооживленного слоя может существенно различаться. Однако во всех конструкциях высота псевдооживленного слоя должна быть достаточной для исключения проскока неочищенной воды (рис. 2.48).

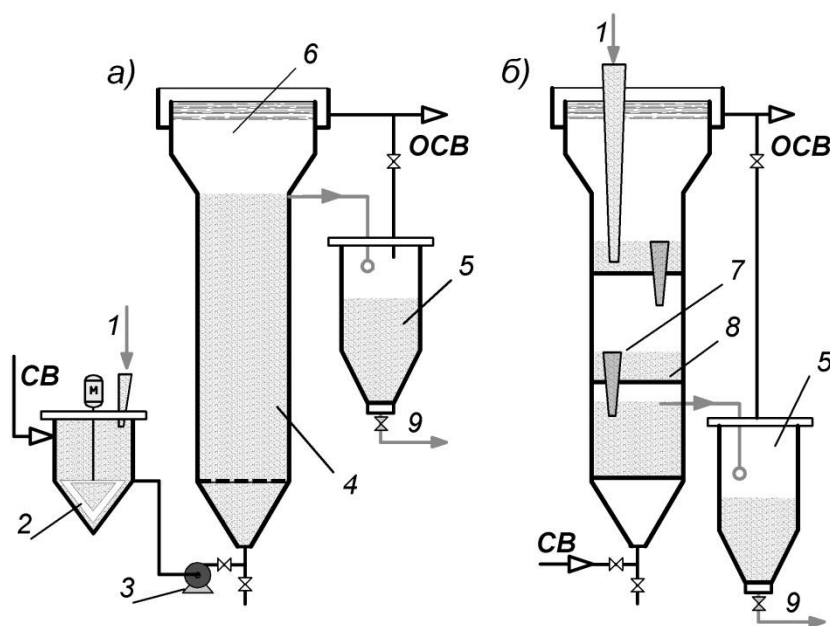


Рис.2.48. Адсорбционные реакторы с псевдооживленным слоем сорбента:

а - одноярусный с выносным смесителем; б - трехъярусный с переливными трубами; 1 - загрузка угля; 2 - смеситель с лопастной мешалкой; 3 - песковой насос; 4 - взвешенный слой сорбента; 5 - уплотнитель отработанного сорбента; 6 – зона освещения; 7 - переливные трубы; 8 - беспровальные решетки; 9 - выпуск отработанного сорбента.

Одноярусный адсорбер с выносным смесителем обеспечивает лучшие условия образования суспензии сорбента и более эффективное использование его сорбционной емкости (см. рис. 2.48а). В этой схеме свежий уголь или другой адсорбент подают в смеситель, снабженный лопастной мешалкой, совершающей 40... 60 об/мин. Туда же поступает сточная вода. Из смесителя суспензию непрерывно перекачивают в адсорбционную колонну песковым насосом.

Более сложную конструкцию представляет собой трехъярусный адсорбер с переливными трубами (см. рис. 2.48б). Псевдооживленный слой формируется в пространстве над тарелками, например колпачковыми, образующими ярусы по высоте адсорбционной колонны. Ярусы соединены между собой коническими переливными трубами. Широкая часть труб выступает над тарелкой на высоту, соответствующую верхней границе псевдооживленного слоя. Узкие концы переливных труб погружены в нижерасположенный псевдооживленный слой. В

верхнюю часть адсорбера подают суспензию сорбента, а в нижнюю - сточную воду. Отработанный сорбент отводят из нижнего яруса псевдоожиженного слоя в сборник. Такая конструкция адсорбера практически исключает проскок воды, минуя контакт с адсорбентом.

Основной недостаток установок, использующих процесс статической сорбции, состоит в неполном использовании сорбционной емкости сорбентов.

Процесс динамической сорбции осуществляют в адсорберах, действие которых основано на процессе фильтрования сточных вод через неподвижный слой сорбента (рис. 2.49.).

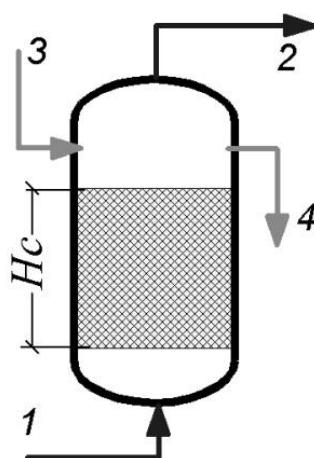


Рис. 2.49. Принципиальная схема адсорбера с неподвижным слоем сорбента (сорбционного фильтра):

1 – подача сточных вод; 2 – отвод очищенной воды; 3 - подача свежего сорбента; 4 – выгрузка отработанного сорбента.

Этот процесс применяют, если в обрабатываемой воде практически отсутствуют взвешенные вещества.

Конструкция адсорбера с неподвижным слоем сорбента имеет много общего с напорными фильтрами, применяемыми для осветления воды.

Процесс ведут до момента проскока в фильтрат извлекаемых веществ в количестве, превышающем заданный технологический уровень. При этом адсорбент постепенно заполняется сорбтивом до величин, близких к предельной ад-

сорбции. Истощение сорбционной емкости происходит послойно в направлении фильтрования.

Поскольку скорость адсорбции определяется скоростью массопереноса, процесс поглощения вещества из потока воды протекает не мгновенно, а в течение некоторого периода времени, то и концентрация в потоке уменьшается от начальной (C_0) до конечной (C) за этот же период. При этом элемент потока воды переместится на расстояние H_0 . Участок слоя адсорбента, в котором происходит снижение концентрации загрязняющих веществ от C_0 до C , называется "работающим слоем".

При достаточно большом периоде защитного действия, общая высота адсорбционного слоя существенно превышает конструктивно обоснованные размеры адсорбционных фильтров. Поэтому, общая высота слоя сорбента «распределяется» между группой последовательно работающих фильтров (рис. 2.50).

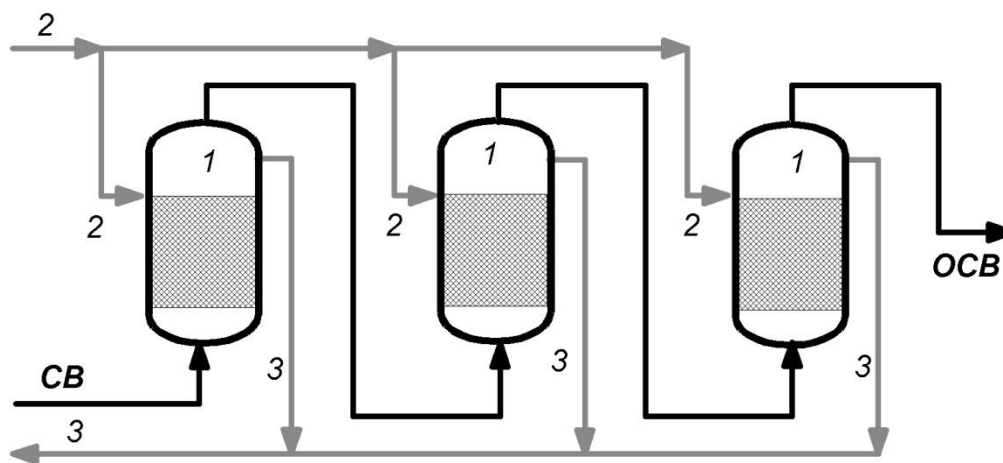


Рис. 2.50. Схема установки фильтров динамической сорбции:

1 - адсорбционный фильтр; 2 - подача свежего сорбента; 3 – выгрузка отработанного сорбента.

Соответственно, необходимое количество одновременно работающих адсорбционных фильтров составит:

$$N = H_c / H_{\phi},$$

где H_c – высота слоя адсорбента, необходимая для обеспечения заданной продолжительности фильтроцикла, м;

H_{ϕ} — конструктивная высота слоя загрузки одного принимаемого фильтра, м.

Адсорберы с неподвижным слоем сорбента (сорбционные фильтры) конструктивно выполняются открытыми (безнапорными) и закрытыми (напорными).

Каждый адсорбер оборудуется необходимой контрольной, регулирующей и запорной арматурой, обеспечивающей технологический режим работы аппаратов. Основная контрольно-измерительная аппаратура адсорберов включает расходомер для замера текущей производительности адсорбера и счетчик воды, прошедший через адсорбционный фильтр. Напорные адсорберы дополнительно оборудуют манометрами, регистрирующими давление до и после аппарата.

Открытые адсорбционные фильтры выполняют в виде железобетонных резервуаров прямоугольного или круглого сечения.

Закрытые адсорбционные фильтры изготавливают в стальных цилиндрических корпусах, схожих с напорными фильтрами (рис. 2.51).

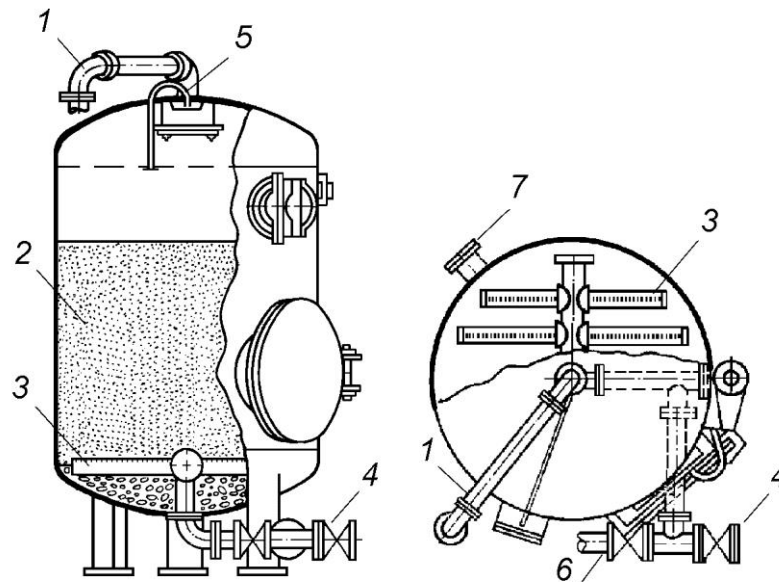


Рис. 2.51. Схема напорного адсорбционного фильтра, загруженного активным углем:

1 и 4 - поступающая и очищенная вода; 2 — неподвижный слой активного угля; 3 - распределительная система; 5 - трубка для сброса воздуха; 6 - трубопровод подачи взрыхляющей воды; 7 — трубопровод гидровыгрузки активного угля.

Направление движения жидкости в напорных адсорберах чаще всего осуществляется снизу вверх через слой гранулированного адсорбента. В адсорберах с подачей очищаемой воды в загрузку снизу вверх при необходимости проводят отмывку всего слоя сорбента. Недостатком такой промывки является возможное смещение слоев адсорбента с установившимся адсорбционным равновесием, что приводит к уменьшению периода защитного действия адсорбера.

Материалы, используемые в качестве сорбентов в процессах очистки сточных вод

В качестве сорбентов используют активные угли, синтетические сорбенты и некоторые отходы производства (золу, шлаки, опилки и другие). Минеральные сорбенты — глины, силикагели, алюмогели и гидроксиды металлов для адсорбции различных веществ из сточных вод используют мало, так как энергия взаимодействия их с молекулами воды велика — иногда превышает энергию адсорбции. Наиболее универсальными из адсорбентов являются активные угли, однако они должны обладать определенными свойствами (рис. 2.52). Они имеют ряд преимуществ перед другими сорбентами: жесткая пористая структура, достаточная механическая прочность, химическая и термическая стойкость.



Рис. 2.52. Внешний вид активного угля АГ-3

Активированные угли, предназначенные для очистки промышленных сточных вод, должны быть относительно крупнопористыми, чтобы их поверхность была доступна для сложных молекул веществ, попадающих в отходы промышленности органического синтеза. Они должны обладать небольшой удерживающей способностью при регенерации и возможно большей способностью противостоять истиранию, а также легко смачиваться водой. В зависимости от способа применения активированные угли должны иметь определенный гранулометрический состав.

В большинстве случаев желательно, чтобы угли, применяемые для очистки сточных вод и, особенно, для рекуперативной очистки, обладали минимальной каталитической активностью по отношению к реакциям окисления, конденсации и другим процессам, приводящим к необратимой сорбции либо к обесцениванию извлеченных из сточных вод продуктов.

Для очистки производственных сточных вод все большее применение находят неуглеродные сорбенты естественного и искусственного происхождения. Использование сорбентов на основе природных материалов (глинистые породы, цеолиты и другие материалы) обусловлено сравнительно низкой стоимостью, доступностью, высокой сорбционной емкостью, избирательностью, а также ионообменными свойствами некоторых из них.

Среди минеральных сорбентов природного происхождения наибольшее распространение получили глинистые породы, в состав которых обычно входят материалы с регулярной структурой.

Дисперсные кремнеземы осадочного происхождения на 68...99% состоят из аморфной двуокиси кремния. К ним относятся опоки, трепел и диатомит.

Опоки обладают мезопористой структурой с размером основного количества пор 6...10 нм, высокой механической стойкостью и не размокают в воде. Трепел — минеральный сорбент, у которого объем макропор составляет 70...75% порового пространства. Диатомит также имеет в основном макро-

пористую структуру, поры размером 4...40 нм составляют только 15% общего объема пор.

Слоистые алюможелезوماгниево-силикатные минералы делятся на минералы с расширяющейся и жесткой структурой. Силикаты с расширяющейся структурой (вермикулит и монтмориллонит) составляют основу бентонитовых глин. Эти сорбенты обладают значительной емкостью по отношению к полярным веществам (воде, спиртам, аминам). Их сорбционная емкость значительно превышает катионообменную. На основе природных гидрослюд специальной обработкой получают вспученный вермикулит, применяемый для сорбции углеводородов (рис. 2.53).



Рис. 2.53. Сорбенты, созданные на основе природных материалов.

У слоистых сорбентов с жесткой структурой (каолинит, тальк и гидрослюда) активная поверхность обусловлена лишь вторичной структурой, представленной переходным и макропористым пространством между микрокристаллами силикатов.

Слоисто-ленточные силикаты (полыгорскит и сепиолит) также обладают развитой вторичной пористой структурой с микропорами размером 0,37...1,1 нм. Поверхность вторичной пористой структуры обуславливает эффективность сорбции высокомолекулярных соединений.

Особое место в ряду природных сорбентов занимают *цеолиты*. Это природные алюмосиликаты. Они обладают отрицательно заряженным трехмерным

алюмосиликатным каркасом строго регулярной тетраэдрической структуры. В промежутках каркаса находятся гидратированные катионы щелочных металлов, компенсирующие заряд каркаса, и молекулы воды. При нагревании цеолитов из них выделяется вода, в результате чего образуются адсорбционные полости, соединяющиеся между собой порами малых размеров. В качестве сорбентов наибольшее распространение имеют шабазит, морденит и клиноптилолит.

Основным препятствием практического использования природных материалов в качестве сорбентов является низкая сорбционная емкость и, как следствие, большое количество отходов.

Стоимость естественных сорбентов в десятки раз ниже, чем искусственных, поэтому их, как правило, не регенерируют. Предварительная обработка может существенно увеличить стоимость природных сорбентов. Поэтому целесообразность их использования определяется с учетом технологических, экологических, экономических и других факторов.

В настоящее время налажено промышленное производство *синтетических пористых материалов*, часть которых по физико-химическим свойствам отнесена к адсорбентам. Пористая структура полимеров достигается введением в смесь реагентов при полимеризации инертного растворителя, после удаления которого образуется сложная система пор.

Пористые полимерные адсорбенты на основе стирола и дивинилбензола получили название "*полисорбы*". Они эффективны при извлечении из сточных вод ряда органических соединений, например, нитро- и хлорпроизводных алифатических и ароматических углеводородов. В динамике сорбционного процесса полисорбы характеризуются большей подвижностью адсорбционного равновесия. Одной из причин меньшей удерживающей способности полисорбов по сравнению с активными углями является экранирование атомами водорода углеродных атомов полимерных цепей каркаса полисорба. Другая причина состоит в малом содержании микропор в структуре полисорба. В тоже время, это свойство полимерных сорбентов позволяет проводить эффективную регенерацию.

нерацию их растворителями или отгонкой паром, что особенно важно при осуществлении регенеративной очистки производственных сточных вод.

Перспективный интерес представляют углеродные и хемосорбионные волокна, выпуск которых в настоящее время освоен на нескольких предприятиях.

Наряду с природными и искусственными материалами, применяемыми в качестве сорбентов, для очистки промышленных сточных вод могут быть использованы отходы производств и продукты вторичной переработки материалов. На рис. 2.54. приведены образцы сорбционных материалов, полученных при вторичной переработке резины и полиэтиленовой пленки.



Рис. 2.54. Сорбенты, полученные при переработке отходов производства.

Особенности структуры частиц таких сорбционных материалов ограничивают их применение реакторами статической сорбции. Наибольшее распространение этот вид сорбентов получил при ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с загрязнениями поверхности почвы и водоемов, например, при разливах нефтепродуктов. Регенерация использованных сорбентов этого вида, как правило, не проводится.

Очистка сточных вод флотацией

Процессы адсорбционно-пузырькового извлечения загрязняющих веществ

Широкое распространение в настоящее время получили технологии очистки природных и сточных вод на основе процессов адсорбционно-пузырькового разделения (АПР). Их применяют для очистки сточных вод легкой, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей, пищевой, металлообрабатывающей и многих других отраслей промышленности.

Методы очистки сточных вод с использованием процессов АПР универсальны для удаления загрязняющих веществ, находящихся в различных фазово-дисперсных состояниях (Рис. 2.55).



Рис. 2.55. Общая классификация процессов адсорбционно-пузырькового разделения в технологии очистки воды.

Среди процессов АПР наиболее распространены флотация и пенное фракционирование. Флотация – один из процессов АПР, основанный на формировании всплывающих агломератов загрязняющих веществ с диспергированной газовой фазой – флотокомплексов и последующим их отделением в виде концентрированного пенного продукта – флотошлама.

Отличие пенного фракционирования заключается в лимитирующих стадиях этих процессов. Эффективность флотационного процесса определяется условиями формирования флотокомплексов и всплывания их на открытую поверхность, в то время как для пенного фракционирования главным является скорость инверсии газовой фазы на открытой поверхности и отвод пенного продукта.

Процесс адсорбционно-пузырькового концентрирования применяют для

извлечения загрязняющих веществ, сорбируемых диспергированной газовой фазой, но не обладающих пенообразующей способностью.

Флотоэкстракция – процесс разделения, в котором в качестве микродисперсии применена жидкая фаза, несмешивающаяся с водой.

В процессах АПР загрязняющие вещества извлекаются из воды диспергированной газовой фазой (ДГФ) в форме сложных гетерофазных структур строго определенного типа – флотокомплексов (ФК). Элементарный ФК может быть представлен тремя основными типами: газово-дисперсным, дисперсно-газовым и газово-молекулярным (табл. 2.5).

Использование кинетических показателей формирования флотокомплексов позволяет оценить необходимое количество ДГФ для эффективного достижения целей флотации на этапе проектирования установок, осуществить технологический анализ условий формирования флотокомплекса в действующих флотационных установках, выбрать эффективное направление интенсификации процесса флотационной очистки воды. Кроме этого, целенаправленный подбор условий формирования флотокомплексов и показателей ДГФ создает возможность селективного отделения загрязняющих веществ методами флотации.

Особенностью флотационного разделительного процесса является наличие двух видов границ раздела фаз "жидкость-газ" - динамической и инверсионной, на поверхностях которых происходят основные его стадии.

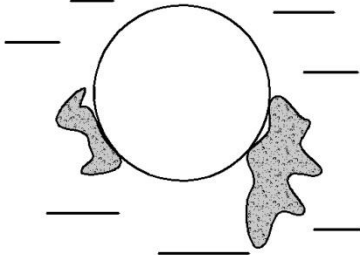
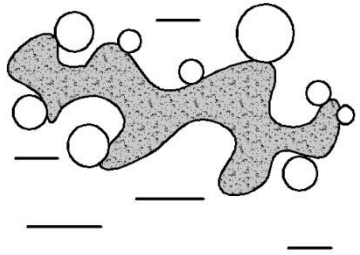
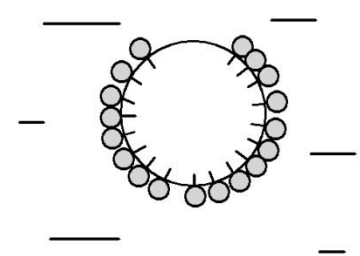
Динамическая поверхность, образованная боковой поверхностью дисперсии пузырьков газа, находящихся в объеме жидкости, постоянно возобновляется в результате работы системы получения диспергированной газовой фазы и выхода пузырьков из жидкости.

Инверсионная поверхность - это открытая поверхность флотатора, на которой происходит пенообразование и также постоянное обновление вследствие инверсии фаз: «газ в жидкости» → «жидкость в газе».

Процесс извлечения загрязняющих веществ из воды начинается с возникновением динамической поверхности.

Таблица 2.5

Основные типы и свойства элементарных флотокомплексов

Тип флотокомплекса	Условия формирования	Технологические свойства	Виды извлекаемых загрязняющих веществ
Газово-дисперсный 	Формируется при столкновении дисперсных частиц загрязняющих веществ с ДГФ, полученной барботажными и гидродинамическими способами при всплывании.	Высокая скорость всплывания, низкая энергия связи частицы с поверхностью пузырька. Не агломерируют, газовая фаза склонна к коалесценции с разрушением структуры. Динамически неустойчив.	Грубодисперсные примеси с использованием флотореагентов, ПАВ в области пониженного поверхностного натяжения, вязкие гидрофобные жидкости при большом содержании.
Дисперсно-газовый 	Формирование происходит в процессе зарождения и роста пузырьков, а также в результате адсорбции ДГФ на межфазной поверхности. Образуется при получении ДГФ выделением из воды, а также при интенсивных гидродинамических воздействиях.	Низкие скорости всплывания. Часто имеется избыток поверхностной энергии, приводящий к агрегации комплексов. Динамически устойчив, способен к частичной рекомбинации.	Универсален в отношении жидких и твердых дисперсных загрязняющих веществ, ПАВ и др. Скорость очистки лимитируется производительностью системы получения ДГФ.
Газово-молекулярный 	Формируется в результате сорбции органических молекул и ионов, растворенных в воде, на границе раздела фаз. Возможен на ДГФ, полученной любыми способами. Флотируемость удовлетворительно описывается изотермами сорбции.	Скорость всплывания определяется крупностью ДГФ. Внешняя поверхность сильно поляризована, что препятствует коалесценции и агломерации. Динамически устойчив.	ПАВ, частично гидролизованные нефтепродукты, органические смолы. В сочетании с комплексообразователем извлечение ионов, в том числе неорганических.

Скорость заполнения ее зависит от электростатического взаимодействия двойных электрических слоев извлекаемых частиц и пузырьков, скоростей диффузионного и гидродинамического массопереноса и ряда других факторов. Максимальное значение этой скорости имеет место в момент образования динамической поверхности.

Далее потоки ДГФ с вакантной поверхностью и флотокомплексы перемещаются вверх, образуя зону с относительно стабильным динамическим распределением загрязняющих веществ между жидкой и газовой фазами. Достигнув инверсионной границы раздела фаз, происходит качественное изменение потоков. Поток ДГФ, освобождаясь от значительной части газовых пузырьков и захватывая часть загрязняющих веществ из концентрированного подслоя инверсионной поверхности, опускается вниз вследствие большей объемной плотности. Поток флотокомплексов, вследствие инверсии газовой и жидкой фаз, образует концентрированных подслоя с четкой нижней границей извлекаемых загрязняющих веществ, многофазную структуру или пену, в зависимости от типа всплывающего комплекса. Соответственно, процесс флотационной очистки воды и его эффективность определяется совокупностью следующих материальных потоков:

- сорбция и десорбция загрязняющих веществ на динамической поверхности (возникновение и разрушение флотокомплексов);
- перенос флотокомплексов из объема жидкости на инверсионную поверхность и возврат в объем жидкости извлекаемых веществ, не перешедших в пенный слой;
- пенообразование и конденсация пены на инверсионной поверхности.

Широкий диапазон изменения скоростей всплывания ДГФ, получаемой разными методами, а также большой интервал изменения содержания загрязняющих веществ, как в исходных, так и очищенных сточных водах, вносят различия в прохождение основных стадий флотационного процесса.

Эффективность работы сооружений зависит от конструктивных и технологических решений, а также условий реализации процессов в каждом конкретном случае.

Сооружения для очистки сточных вод флотацией

Традиционным признаком классификации флотационных сооружений принят способ получения диспергированной газовой фазы (ДГФ).

Все существующие способы можно разделить на следующие группы - дробление газовой фазы (диспергирование) в толще жидкости и непосредственное выделение из обрабатываемой воды (рис. 2.56).

В соответствии с этим признаком, классификация флотационных сооружений включает барботажные флотаторы, эжекционные и струйные, импеллерные, компрессионные, вакуумные и электрохимические.

Барботажный способ получения ДГФ в очистных сооружениях является одним из наиболее распространенных, когда диспергируемый газ проходит через поры (отверстия) фильтросного устройства погруженного в воду и образует поток газовых пузырьков.



Рис. 2.56. Классификация флотационных сооружений по способу получения ДГФ.

Важным достоинством способа является получение развитой межфазной поверхности непосредственно в обрабатываемом объеме воды и высокая интенсивность газовыделения на открытой поверхности флотатора. Схема двухсекционного барботажного флотатора приведена на рис. 2.57.

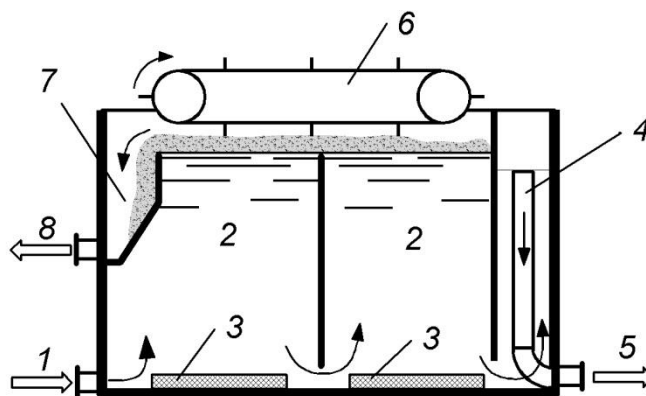


Рис. 2.57. Схема барботажного флотационного сооружения:

1 и 5 – подача сточных вод и отведение очищенной воды; 2 – камера флотации; 3 – система получения ДГФ; 4 – устройство, задающее уровень воды в сооружении; 6 – пеноуловитель; 7 – пеносорбный карман; 8 – отведение флотошлама.

Процессы барботажной флотации и пенного фракционирования наиболее эффективны при обработке сточных вод, содержащих высокие концентрации ПАВ и других загрязняющих веществ, способных к формированию флотокомплексов и формированию устойчивой пены.

Эксплуатационными недостатками этого способа являются зарастание пор фильтров и сложность в подборе и установке пористых элементов, обеспечивающих равномерность распределения газовой дисперсии по горизонтальному сечению флотатора.

Гидродинамический способ получения ДГФ реализуется в виде струйного или эжекционного диспергирования воздуха. Флотационные установки со струйной аэрацией используются для очистки сточных вод, загрязняющие вещества которых способны образовывать достаточно прочные флотокомплексы, так как общая гидродинамическая картина в камере флотации характеризуется интенсивным движением потоков. Флотационные установки со

струйным диспергированием воздуха, как правило, одноступенчатые (рис. 2.58).

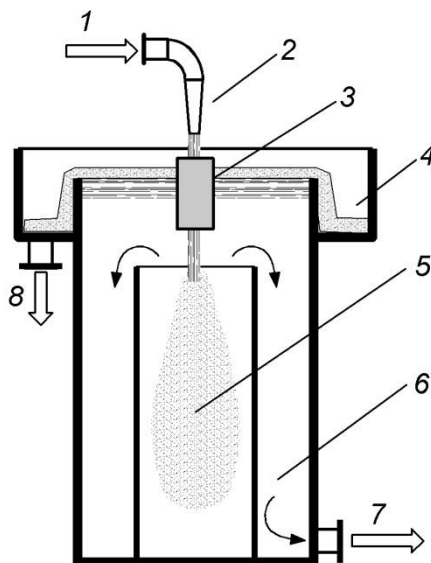


Рис. 2.58. Схема флотационной установки со струйным диспергированием воздуха:
1 и 7 – подача сточных вод и отведение очищенной воды; 2 – сопло; 3 – цилиндрическая вставка;
4 – пеносборный лоток; 5 - камера флотации; 6 – зона седиментации,
8 – отведение флотошлама.

Для достижения заданных показателей очистки сточных вод используют рецикл обрабатываемой воды.

Эжекционное диспергирование широкого распространения во флотационных технологиях не получило вследствие больших размеров получающихся пузырьков и интенсивного перемешивания обрабатываемой воды.

Средний размер пузырьков ДГФ, получаемых барботажным и гидродинамическими способами лежит в интервале 2...6 мм, что обуславливает их скорость всплывания 0,2...0,4 м/с. При таких скоростях движения поверхности адсорбции степень ее заполнения весьма мала. Поэтому эти типы флотаторов ограничено применяются для очистки сильно загрязненных сточных вод с достигаемой эффективностью не более 40...60%.

Для механического диспергирования газовой фазы используют различного типа устройства, движущиеся части которых попеременно соприкасаются с жидкой и газовой фазами. Энергичное перемешивание сточной воды во флотационных импеллерных установках создает в ней большое количе-

ство мелких вихревых потоков, что позволяет получить пузырьки определенной величины (рис. 2.59).

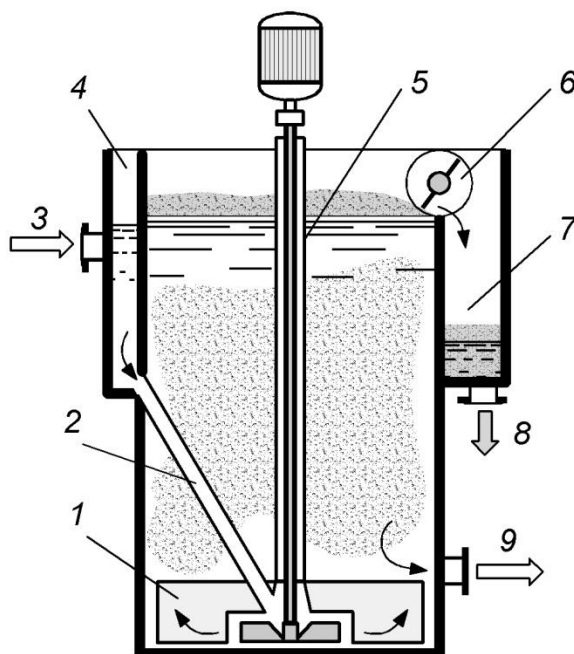


Рис. 2.59. Схема импеллерного флотатора для очистки сточных вод:

1 – спрямляющий аппарат; 2 – подвод воды к импеллеру; 3 и 9 – подача сточных вод и отведение очищенной воды; 4 – распределительный карман сточных вод; 5 – дейдвудная труба с валом привода импеллера; 6 – пеноуловительное устройство; 7 – пеноотборный лоток; 8 – отведение флотошлама.

Процесс диспергирования пузырьков воздуха при механических воздействиях достаточно сложен. Он включает стадии деформирования пузырьков под влиянием касательных или растягивающих напряжений в вытянутые эллипсоиды и последующего их дробления. Размер частиц газовой дисперсии зависит от окружной скорости вращения импеллера, которую принимают 12...15 м/с, продолжительности обработки, солесодержания, температуры и многих других факторов. Увеличению дисперсности газовой эмульсии способствует уменьшение межфазного поверхностного натяжения, при этом также уменьшается удельная работа диспергирования.

Флотация с механическим диспергированием воздуха применяется для удаления загрязняющих веществ, агрегативно устойчивых в условиях интенсивного перемешивания. Вследствие развитой турбулентности во флотационных сооружениях с диспергированием воздуха, имеют ограниченное при-

менение.

Выделение газов из водного раствора применяется во флотаторах для очистки производственных сточных вод, содержащих очень мелкие частицы загрязняющих веществ, поскольку позволяет получать наиболее высокую степень дисперсности газовой фазы.

Получение ДГФ непосредственно в объеме воды основано на выделении газов из пересыщенных водных растворов. Пересыщенный раствор газа в воде может быть получен или предварительным насыщением или в результате протекания химических, электрохимических, микробиологических и других процессов, сопровождающихся образованием газообразных продуктов реакции.

Компрессионная (вакуумная) флотация имеет широкую область применения, поскольку позволяет регулировать степень пересыщения в соответствии с требуемым эффектом очистки сточных вод при начальной концентрации загрязняющих веществ до 4...5 г/л и более. На рисунке 2.60 приведена схема радиального компрессионного флотатора.

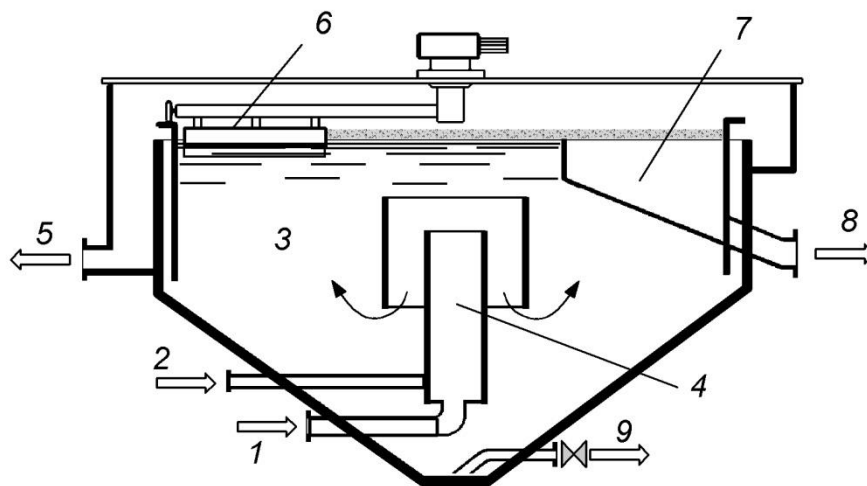


Рис. 2.60. Схема радиального компрессионного флотатора:

1 и 5 – подача сточных вод и отведение очищенной воды; 2 – подача водно-воздушной смеси; 3 – камера флотации; 4 – система распределения водно-воздушной смеси; 6 – пеноуловительное устройство; 7 – пеноуловительный карман; 8 – отведение флотошлама;

9 – выпуск осадка.

Наиболее часто компрессионная флотация применяется для очистки сточных вод от ПАВ, волокнистых веществ, нефти, нефтепродуктов, жиров и масел. Повышение удельной производительности и эффективности извлечения загрязняющих веществ в компрессионных флотаторах, как и в других гравитационных разделителях, может достигаться уменьшением высоты разделения. Применение тонкослойных модулей во флотаторах улучшает отделение как тяжелых примесей, так и всплывающих флотокомплексов.

К недостаткам компрессионных флотаторов, оснащенных традиционными насосами относятся ограниченность удельного расхода воздуха и сложность эксплуатации вспомогательного оборудования для приготовления водно-воздушной смеси.

Электрохимическая флотация основана на электролизе сточных вод с использованием нерастворимых электродов. В межэлектродном пространстве и на поверхностях электродов образуется газовая дисперсия, состоящая из мельчайших пузырьков. В составе электролизных газов большая часть приходится на долю водорода, значительно меньшая - на долю кислорода, хлора, окислов углерода и азота. Скорость газовыделения зависит от силы тока, плотности тока и электрохимического выхода реакции. Схема электрофлотатора приведена на рис. 2.61.

Электрохимический процесс сопровождается многими физико-химическими эффектами, благодаря которым электрофлотация оказывает многофакторное воздействие на систему загрязняющих веществ в обрабатываемой воде, включая ее обеззараживание. Причем происходит оно как вследствие бактерицидного действия окислителей, так и вследствие нарушения внутриклеточного равновесия бактерий при изменении их поверхностного электрического потенциала.

Основными недостатками электрофлотаторов является ограниченность срока службы или высокая стоимость электродов, а также необходимость устройства систем обеспечения взрыво-, пожаро- и химической безопасности при наличии в сточных водах хлоридов.

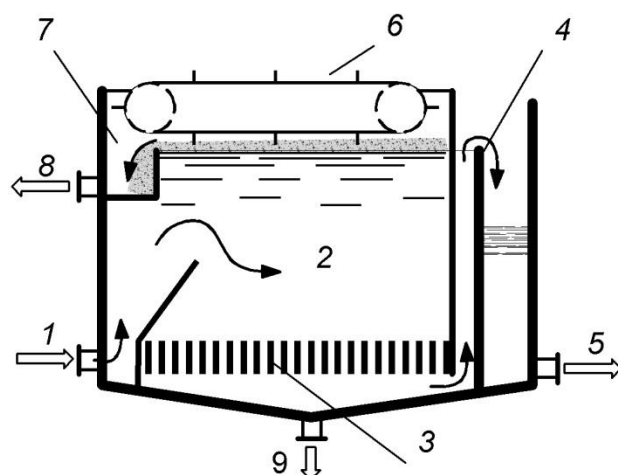


Рис. 2.61. Схема флотатора с электрохимическим получением ДГФ:

1 и 5 – подача сточных вод и отведение очищенной воды; 2 – камера флотации; 3 – блок электродов; 4 – перегородка; 6 – пеноуловительное устройство; 7 – пеносорбный карман; 8 – отведение флотошлама; 9 – выпуск осадка.

Химический способ получения ДГФ во флотаторах основан на химических взаимодействиях (чаще всего в реакциях нейтрализации). Химические флотационные сооружения как самостоятельные не применяются. Это обусловлено тем, что в каждом элементарном объеме воды газовыделение происходит в один акт в ходе химической реакции и, как правило, выделившегося при этом газа недостаточно для полноценного флотационного разделения. По дисперсному составу и гидродинамическим показателям этот вид ДГФ весьма схож с газовой дисперсией, полученной при декомпрессии. В силу этих обстоятельств, камера химической флотации часто встраивается в блок последующих емкостных сооружений и конструктивно мало отличается от одноступенчатой камеры компрессионного флотатора.

Наиболее существенные преимущества процессов с выделением ДГФ из раствора достигаются при сочетании методов коагулирования или сорбции с флотацией, поскольку загрязняющие вещества распределяются между тремя фазами, а вероятность зарождения и роста пузырьков максимальная на дисперсной фазе.

При выборе флотационного аппарата или сооружения необходимо учитывать гидродинамические особенности движения ДГФ, возможность фор-

мирования определенного типа флотокомплекса, глубину и скорость очистки воды.

По сравнению с гравитационными разделительными сооружениями, флотаторы обладают рядом преимуществ. Так, замена отстойника на флотаторы позволяет значительно уменьшить габариты сооружений, сократить капитальные затраты и получить менее влажный осадок.

Наряду с положительным опытом применения флотационных процессов, имеют место проблемы, уменьшающие эффективность и область применения флотации. Опыт эксплуатации современных флотационных сооружений, обрабатывающих сточные воды предприятий, показывает, что они не способны поддерживать эффективную работу при снижении пенообразования сточных вод. Это приводит к нестабильной работе всей системы очистки воды.

В процессах флотационной очистки сточных вод образуется пенный продукт, представляющий высококонцентрированную смесь отделенных загрязняющих веществ. В настоящее время существует ряд направлений для решения проблемы обезвреживания флотошламов путем их утилизации или обезвреживания. Наиболее перспективным представляется утилизация ценных компонентов флотошлама и его обезвреживание на объекте его образования. Это направление предполагает утилизацию органической массы и регенерацию минеральных реагентов или сорбентов.

Очистка сточных вод электрохимическими методами.

Электрохимические явления при электролизе воды

При наложении постоянного электрического поля на воду, содержащую дисперсные и растворенные вещества, возникает ряд физических, физико-химических и химических явлений, которые лежат в основе целого комплекса методов, позволяющего практически решать любые технологические задачи очистки воды. Это обусловлено многофакторностью воздействия постоянного электрического поля и сопровождающих его явлений на все состав-

ляющие аквасистем природных и сточных вод. В системах очистки сточных вод наибольшее распространение получили электрохимические процессы, проходящие на поверхностях электродов и в межэлектродном пространстве.

Прохождение постоянного электрического тока через растворы электролитов, в соответствии с законами Фарадея, обуславливает химические превращения пропорционально количеству электричества. В зависимости от материала электродов, их потенциала и состава сточных вод, результатом электрохимических реакций может быть газовыделение (электрофлотация), образование ионов металлов (электрокоагулирование), образование сильных окислителей (электродеструкция) и ряд других факторов, приводящих к улучшению качества воды (рис. 2.62).



Рис. 2.62. Процессы и методы электрохимической очистки воды.

В основе всех процессов электрохимической очистки воды лежат окислительно-восстановительные реакции с участием молекул воды.

Электрохимическая флотация

Очистка сточных вод электрофлотацией основана на процессах адсорбционно-пузырькового разделения и подчиняется общим закономерностям флотационной очистки воды. Однако, электрохимический способ получения

ДГФ обладает целым рядом особенностей, положительно отличающих его от других, близких по дисперсному составу образующейся газовой фазы. Процесс сопровождается многими физико-химическими эффектами, благодаря которым при электрофлотационной очистке отмечается многофакторность воздействия на систему загрязняющих веществ сточной воды, включая ее обеззараживание. Причем происходит оно как вследствие бактерицидного действия окислителей, так и вследствие нарушения внутриклеточного равновесия бактерий при изменении их поверхностного электрического потенциала.

Химический состав газовой дисперсии при электрохимическом способе ее получения определяют газообразные продукты реакций, происходящих на электродах, в межэлектродном пространстве и в объеме обрабатываемой воды, а также водяной пар. На долю водорода и кислорода приходится большая часть этих продуктов. Доля других продуктов определяется составом сточных вод, материалом электродов и условиями проведения электролиза. С позиций получения ДГФ для процессов адсорбционно-пузырькового разделения наибольший интерес представляет общий выход электролизных газов и дисперсный состав газовой фазы.

Целенаправленный выбор материалов для изготовления электродов и подбор оптимальной величины плотности тока с учетом величины рН позволяют решить, в данном случае, две важные задачи: получить наименьшие затраты энергии на образование газовой фазы и регулировать ее химический состав.

Конструктивно электродные блоки электрофлотаторов выполняются в виде плоско-параллельных вертикальных или наклонных пластин, горизонтальных сеток, разделенных диэлектрической сеткой, а также различных комбинаций сплошных и сетчатых элементов, изготовленных из токопроводящих материалов не подверженных электрохимическому растворению (рис. 2.63).

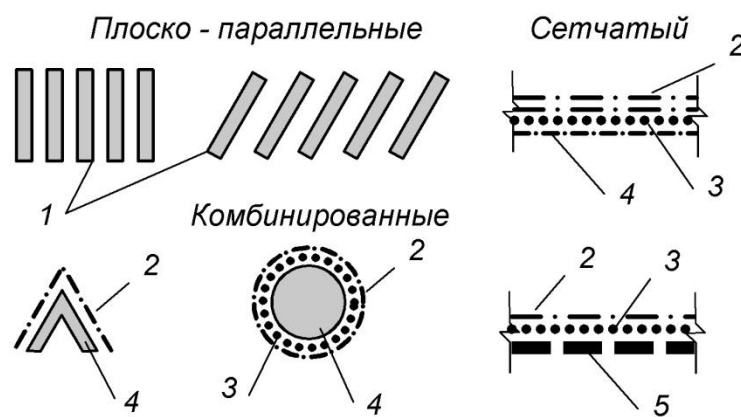


Рис. 2.63. Схемы электродных блоков для электрохимических флотаторов:

1 - сплошной плоскостной электрод; 2 - катодная сетка; 3 - сетка из диэлектрика; 4 - анод; 5 - плоскостной перфорированный анод.

Главными из технологических преимуществ электрофлотаторов состоит в возможности регулирования интенсивности газовыделения в широких пределах, при неизменном объеме обрабатываемой воды, и возможность размещения "генератора" газовой фазы в любой точке флотатора. Среди всех типов флотаторов, в электрохимических формируются наиболее мелкие (от 40 до 200 мкм) фракции пузырьков. При этом по величине удельного расхода газа электрохимический метод приближается к методам диспергирования.

Особенности фракционного и химического составов ДГФ в электрофлотаторах обеспечивают высокую степень извлечения загрязняющих веществ в широком интервале дисперсности от ГДП до ПАВ, нефтепродуктов и гидроксидов металлов.

Электрофлотационные сооружения содержат общие для всех флотаторов узлы, такие как распределенный впуск сточных вод, поступающих на очистку, флотационную камеру, устройство для регулирования уровня воды во флотационной камере, устройство для сбора и отведения пенного продукта с поверхности флотатора (см. рис. 2.61). Особенности конструктивных решений при проектировании электрофлотаторов обуславливаются конкретными технологическими задачами и показателями очищаемых вод. Благодаря

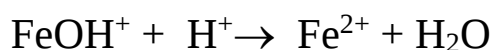
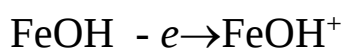
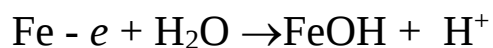
относительной простоте устройства, флотационная камера легко блокируется с другими технологическими ступенями.

Недостатки метода электрофлотации состоят в необходимости постоянного электропитания, относительной сложности изготовления электродного пакета, высокой стоимости электротехнического оборудования. Для размещения электрофлотаторов необходимо сооружение специального помещения во взрывобезопасном исполнении.

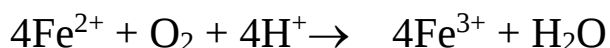
Электрохимическое коагулирование

Метод электрохимического коагулирования, также как и метод реагентного коагулирования, обеспечивает дестабилизацию устойчивых дисперсных систем и подготовку их к последующим стадиям отделения от воды. Существенное отличие метода электрохимического коагулирования от реагентного состоит в том, гидроксиды, образующиеся при обработке воды коагулянтами, могут быть получены электрохимическим растворением металла электродов в процессе электролиза воды. В соответствии с электрохимическим процессом, в основном растворяется металл анода. В практике электрокоагулирования получило распространение использование стальных и алюминиевых анодов.

Процесс анодного растворения металлов многостадийный. Поскольку ионы с минимальным зарядом выделяются при меньших значениях электродного потенциала, то при электрохимическом растворении металла первыми будут образовываться ионы низшей валентности. Поэтому при анодной поляризации стального анода будет образовываться преимущественно ион Fe^{2+} :



Электрохимическое выделение ионов железа по массе значительно больше чем алюминия: $\alpha\text{Fe}^{2+} = 1,04 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$ и $\alpha\text{Al}^{3+} = 0,336 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$, соответственно, что обусловлено значительно большей эквивалентной массой железа. Поскольку окислительно-восстановительный потенциал железа $\varphi^\circ\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}^{3+} = +0,77\text{В}$ отрицательнее кислородного потенциала $\varphi^\circ\text{O}_2|\text{H}_2\text{O} = +1,23\text{В}$, окисление Fe^{2+} в Fe^{3+} можно осуществить кислородом воздуха при барботажном перемешивании воды:



Широкое распространение электрокоагулирования в практике очистки сточных вод самых разных отраслей обусловлено рядом положительных особенностей процесса. В их числе формирование дисперсии гидроксидов непосредственно в обрабатываемой воде в момент их наибольшей активности, невысокая требовательность к корректировке рН, достаточное простое управление процессом, отсутствие больших доз реагентов, возможность блокирования с другими процессами в одной установке. Исследования структурных свойств оксигидратов, получаемых электрохимическим способом, показали большой запас энергии на их поверхности, чем при химическом получении. Поэтому электрохимическая коагуляция органических примесей сточных вод существенно отличается от реагентной коагуляции.

Принципиально, использование электрохимического коагулирования возможно по двум схемам – прямоточной и циркуляционной. Причем, циркуляция воды может быть организована как по внешнему, так и по внутреннему контурам. Характерная особенность электрохимического коагулирования, которую необходимо учитывать в определении его места в технологической схеме очистки воды, состоит в образовании микродиспергированной газовой фазы одновременно с получением коагулирующих агентов. Поэтому эффективность применения схем будет зависеть от правильности оценки системы загрязняющих веществ и свойств обрабатываемой воды. Например, для вод, содержащих ПАВ и обладающих высокой вспениваемостью, более

предпочтительна циркуляционная схема. В то время как для сточных вод с высоким содержанием низкомолекулярных органических примесей – прямоточная.

Типичный состав технологического комплекса для электрохимического коагулирования сточных вод включает оборудование, обеспечивающее подачу воды в заданном режиме, электрокоагулятор, сооружение для отделения дисперсии гидроксидов и загрязняющих веществ, оборудование для обработки осадка (рис. 2.64). Кроме этого, в состав комплекса входит источник постоянного тока и контрольно-измерительная система, следящая за технологическими параметрами работы и содержанием водорода в окружающем воздухе.

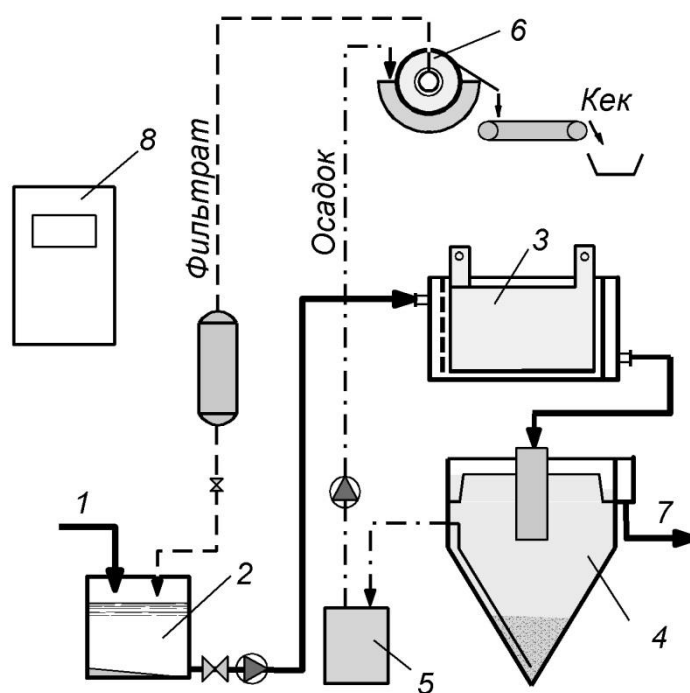


Рис. 2.64. Схема технологического комплекса для электрохимического коагулирования сточных вод:

1, 7 – поступающая и очищенная вода; 2 - резервуар-усреднитель; 3 - электрокоагулятор; 4 - отстойник; 5 - промежуточная емкость осадка; 6 - оборудование для обезвоживания осадка; 8 - выпрямительный агрегат.

Из множества технологических и конструктивных решений по электрокоагулированию, можно выделить наиболее характерные типы аппаратов.

Прежде всего, их допустимо определить по взаимосвязи с устройствами отделения дисперсной фазы как *встроенные* и *вынесенные* (периферийные). По направлению потока обрабатываемой воды различают коагуляторы горизонтальные и вертикальные. По давлению в электродной камере их делят на безнапорные и напорные. Кроме этого существует много разновидностей электрокоагуляторов, отличающихся конструкцией электродных блоков и схемой их поляризации.

Поскольку электрохимическая производительность коагулятора не зависит от продолжительности обработки в нем воды, возможно создание достаточно компактных устройств, встраиваемых в конструкции различных гравитационных разделителей.

В электрокоагулятор вертикального типа, встроенный в горизонтальный отстойник, вода поступает снизу и вместе с гидроксидами и газовой фазой отводится в зону гравитационного разделения (рис. 2.65).

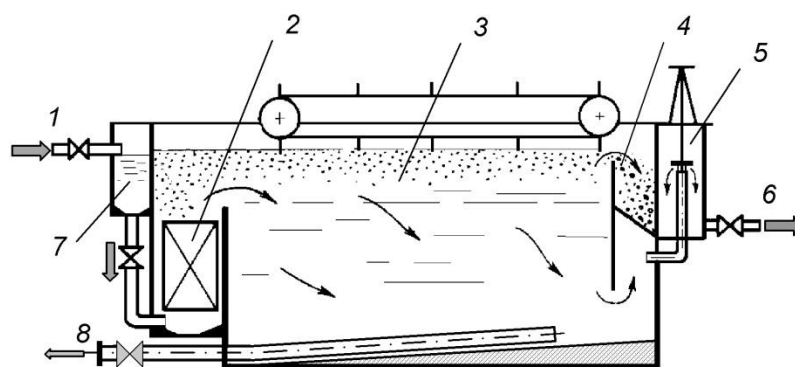


Рис. рис. 2.65. Электрокоагулятор вертикального типа встроенный в отстойник:

1, 6 - поступающая и очищенная вода; 2 - электродный блок коагулятора; 3 - зона флотации и оседания; 4 - пеносборный желоб; 5 - устройство, задающее уровень воды; 7 - впускная камера; 8 - отвод осадка.

Существует большое количество конструкций электрокоагуляционных аппаратов и сооружений, в которых стадии коагулирования воды и отделения гидроксидных шламов осуществляются в специально организованных камерах общего корпуса. Такой подход к конструированию оборудования для

электрохимического коагулирования технологически совершенно правильный, позволяющий наилучшим образом организовать основные стадии процесса.

Электрокоагуляционные установки отличаются компактностью и простотой управления, отсутствием потребности в реагентах, малой чувствительностью к изменениям условий проведения процесса очистки воды (температура, pH среды, присутствие токсичных веществ), получением шлама с хорошими структурно-механическими свойствами. Электрокоагулирование находит применение во многих отраслях промышленности: пищевой, химической, целлюлозно-бумажной, легкой, машиностроительной и многих других.

Применение электрокоагулирования ограничено относительно высокой стоимостью обработки воды этим методом. Однако в ряде случаев оно оправдано специальными требованиями к очищенной воде или к технологическому процессу, а также, когда нежелательно увеличение минерализации обрабатываемой воды.

Основной недостаток метода электрокоагулирования состоит в необходимости регулярной замены износившегося электродного пакета, который относится к нестандартному оборудованию. Поэтому главное направление совершенствования электрокоагуляторов лежит в области разработки конструкций электродных пакетов и систем, оптимизирующих их работу.

Электрохимическая деструкция

Метод электрохимической деструкции применяют при наличии в сточных водах предприятий органических загрязняющих веществ, не способных к биохимическому окислению, токсичных, не представляющих ценность для утилизации, а также при ограниченности места на очистных сооружениях.

Электролиз сточных вод, как метод деструкции органических загрязняющих веществ, включает ряд сопутствующих эффектов. Как известно, окисление веществ происходит в результате потери ими электронов и разрушения

химических связей. В данном случае в роли окислителей, отбирающих электроны, могут выступать положительно поляризуемый электрод (анод) и химические радикалы с незавершенной электронной оболочкой. Обязательным условием электролиза должна быть химическая стойкость анода.

Исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, показано, что непосредственно анодное окисление ряда органических загрязняющих веществ оказывается недостаточно эффективным. На долю непосредственно анодного окисления органических примесей приходится 10...15% от их массы. Существенно большая роль в глубокой деструкции загрязняющих веществ воды принадлежит процессам химического взаимодействия с продуктами электролиза. Оценивая ионный состав сточных вод, объективные факторы доступности сильных электролитов, а также затраты электроэнергии на анодное восстановление анионов, выбор источника создания реакционной среды, прежде всего, приходится на хлориды. Это обусловлено существенно более низким по сравнению с кислородом перенапряжением выделения хлора на аноде. Вследствие этого практически все технологии электрохимической деструкции органических загрязняющих веществ осуществляются при достаточно высоком (от 1 до 100 г/л) содержании хлоридов.

Общая схема электрохимической деструкции органических веществ при электролизе сточных вод, включает две стадии процесса:

- анодное выделение хлора и его соединений с кислородом;
- взаимодействие продуктов электролиза с органическими веществами сточных вод.

Одновременно может происходить выделение газообразного кислорода. Однако его количество в зависимости от материала электродов, состава воды и параметров электролиза, составляет от 0,5 до 4%.

Выделяющийся на аноде хлор частично растворяется в анолите. Растворимость хлора уменьшается при увеличении температуры. Хлор в водном растворе подвергается гидролизу с образованием сильной соляной и слабой хлорноватистой кислот.

При обработке щелочных сточных вод, а также, если в анодное пространство попадает некоторое количество щелочи с катодом, происходит нейтрализация полученных при гидролизе кислот и образование диссоциированного иона гипохлорита.

В этом случае на аноде идет совместный разряд ионов ClO^- и Cl^- с образованием ионов хлорноватой кислоты и выделением кислорода по общему суммарному выражению



Кроме этого, в межэлектродном пространстве также могут протекать реакции окисления хлорноватистой кислотой ионов ClO^- до ClO_3^-

Молекулярно-ионная смесь ($\text{Cl}_2 + \text{HClO} + \text{ClO}^- + \text{ClO}_3^-$) называется свободным *активным хлором*. Долевое соотношение в составе смеси зависит от pH воды. Чем меньше значение pH, тем больше содержание молекулярного хлора.

На рис. 2.66 приведено массовое соотношение основных соединений хлора в зависимости от pH водного раствора.

Процессы деструкции органической части загрязняющих веществ "активным" хлором зависят от структуры и концентрации реагирующих веществ, pH, температуры, наличия катализирующих соединений и происходят по достаточно сложным схемам. В общем виде, наиболее вероятные схемы процессов разложения органических веществ в процессе электролиза следующие.

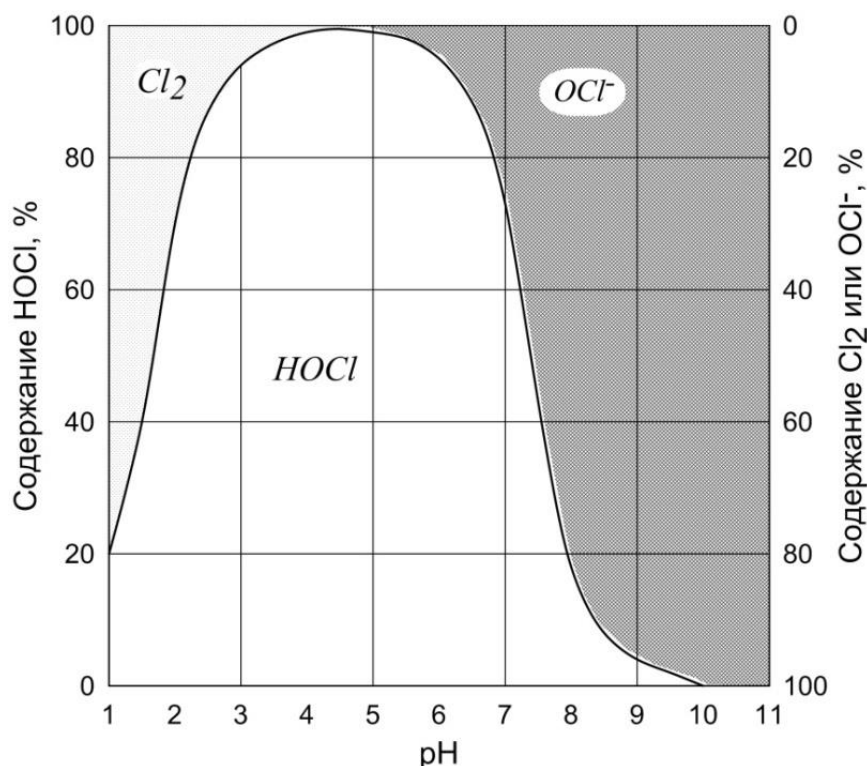
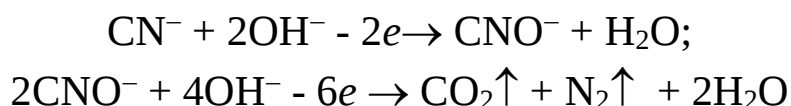
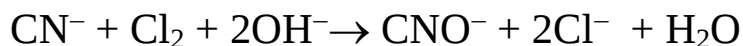


Рис. 2.66. Диаграмма состояния соединений хлора в воде

Деструкция молекул различных органических веществ в процессе электролиза часто сопровождается их полным распадом с образованием углекислого газа, воды, аммиака и некоторых газообразных продуктов. В других случаях происходит частичное окисление органических или неорганических соединений с образованием более простых по составу, а также нетоксичных или малотоксичных продуктов. Например, электрохимическое окисление фенолов идет до малеиновой кислоты, сульфидов - до сульфатов. Анодное окисление цианидов происходит в щелочной среде по двухстадийной схеме:



Введение в сточные воды хлорида натрия для повышения электропроводности и снижения расхода электроэнергии дает дополнительных эффект деструкции цианидов в результате взаимодействия с молекулярным хлором, образующимся при электролизе:



Принципиальная схема процесса очистки сточных вод от цианосодержащих соединений методом электрохимического окисления приведена на рис. 2.67. В этом процессе используют графитовые аноды и стальные катоды.

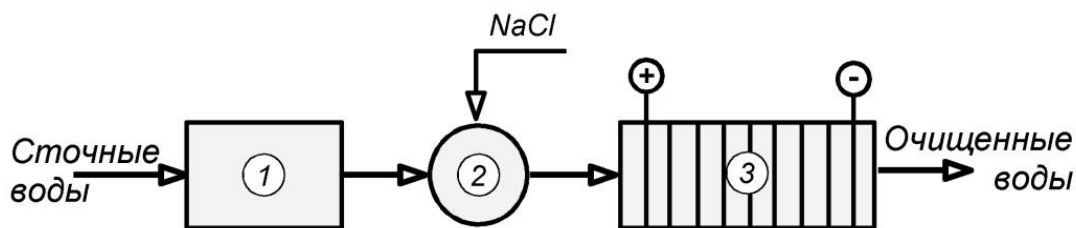


Рис. 2.67. Схема процесса очистки сточных вод от цианидов электролизом:

1 – резервуар-усреднитель; 2 – смеситель; 3 – электролизер.

Наряду с процессами глубокого разрушения органических веществ, вплоть до простых минеральных веществ, также возможно образование продуктов неполной деструкции органических веществ более токсичных, чем исходные загрязняющие вещества. Кислая среда анолита способствует взаимодействию молекулярного хлора с органическими примесями сточных вод вблизи анода с образованием хлорорганических соединений и хлористого водорода.

Такой же процесс протекает с органическими примесями, содержащимися и в графитовых анодах. Возможность образования хлорорганических соединений в обрабатываемой воде относится к основным недостаткам процессов электрохимической деструкции органических загрязняющих веществ.

В электролизерах, предназначенных для электрохимической деструкции органических загрязняющих веществ, в качестве анодов используют различные электролитически нерастворимые материалы: графит, магнетит, диоксиды свинца, марганца и рутения, которые наносят на титановую основу. Катоды изготавливают из молибдена, сплава вольфрама с железом или никелем, из

графита, нержавеющей стали и других металлов, покрытых молибденом, вольфрамом или их сплавами.

В настоящее время распространение получили открытые установки с электродами, погруженными в электролизную ванну (рис. 2.68) и бескорпусные аппараты «фильтр-прессного» типа (рис. 2.69).

Очистку сточных вод с использованием электролизеров применяют для разложения органических веществ при невозможности или нецелесообразности их утилизации и регенерации их растворов.

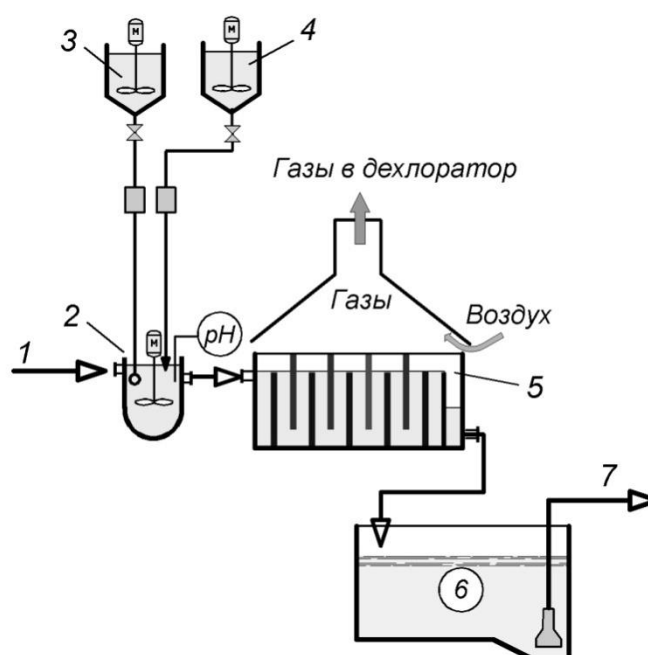


Рис. 2.68. Схема установки очистки воды с открытым электролизером:

1, 7 - поступающая и очищенная вода; 2 - смеситель; 3 - приготовление раствора соли; 4 - раствор для корректирования pH; 5 - электролизер; 6 - контактный резервуар.

На основе процессов электролиза разработаны технологии очистки сточных вод от многих видов загрязняющих веществ, включая стойкие органические соединения. Электрохимическая деструкция веществ применяется в процессах очистки сточных вод предприятий легкой промышленности, машиностроения, приборостроения, химической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной и других отраслей.

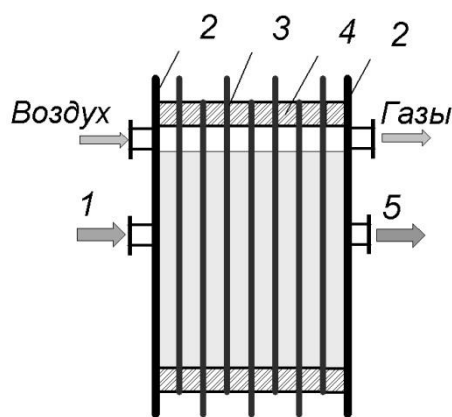


Рис. 2.69. Схема бескорпусного электролизера для очистки сточных вод:

1, 5 - поступающая и очищенная вода; 2 – поджимные плиты; 3 – электроды; 4 – диэлектрический уплотнитель.

Вода, очищенная методами электролиза, часто оказывается существенно минерализованной и не может использоваться в повторном или оборотном водопотреблении. В связи с этим, электрохимическая деструкция применяется для очистки относительно небольших расходов сточных вод.

К недостаткам электрохимической деструкции загрязняющих веществ в процессе электролиза также относят значительное содержание "активного хлора" в очищенной воде.

2.1.5. Особенности биологической очистки производственных сточных вод

Сточные воды предприятий промышленности и сферы услуг, по составу органических загрязняющих веществ условно можно разделить на две группы.

К первой группе относятся сточные воды, содержащие биологически мягкие вещества, близкие по составу к хозяйственно-бытовым сточным водам. При этом, концентрации загрязняющих веществ могут быть существенно выше, а разнообразие их видов - существенно меньше, чем в хозяйственно-бытовых сточных водах.

Ко второй группе относятся стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ), содержащие остатки специальных технологических растворов и сырья. В общем потоке сточных вод предприятий могут одновременно находиться загрязняющие вещества обеих групп. Еще одной особенностью сточных вод предприятий является значительная неравномерность (непостоянство) сброса сточных вод, как по расходу, так и по составу и концентрации органических загрязняющих веществ.

В системах очистки сточных вод предприятий, содержащих загрязняющие вещества первой группы, успешно применяют биологические методы и сооружения, во многом аналогичные очистным сооружением населенных мест. Результаты использования традиционных методов биологической очистки сточных вод второй группы, содержащих СОВ, существенно отличаются.

Принципиально, о возможности и целесообразности биологической очистки производственных сточных вод судят по многим критериям, характеризующим их количество, режим притока, систему загрязнений, условия приема в системы водоотведения, возможность использования и пр.

При общей оценке системы загрязнений учитывают следующие аспекты:

- способность органических загрязнений сточных вод биохимически окисляться, что определяется по соотношению БПК и ХПК;
- концентрацию загрязняющих веществ;

- наличие в сточных водах необходимых для микроорганизмов питательных веществ (азота, фосфора, калия);
- наличие и концентрацию веществ, способных оказывать токсическое действие на микроорганизмы;
- активную реакцию сточных вод.

Многие виды производственных стоков только частично удовлетворяют всем перечисленным условиям биологической очистки и нуждаются в предварительной подготовке к ней.

К основными элементам предварительной очистки сточных вод относятся следующие стадии:

- нейтрализация сточных вод до $pH=6,5 \dots 8,5$;
- отделение грубых нерастворенных и волокнистых примесей;
- удаление жировых и смолоподобных веществ;
- предварительное отделение оседающих и всплывающих загрязнений;
- снижение концентрации ядовитых органических веществ и солей тяжелых металлов до предельно допустимого содержания для биологического процесса.

Важным этапом подготовки производственных сточных вод любого вида к последующей их очистке является наиболее полное извлечение из них ценных примесей. Это позволяет не только собирать ценное сырье, но и понизить общую загрязненность сточных вод.

Многие виды производственных сточных вод содержат недостаточное количество соединений фосфора, азота и калия, представляющих собой *биогенные* вещества, необходимые для нормального развития биоценозов сооружений. Достаточность биогенных элементов (азота и фосфора) в производственных и бытовых сточных вод определяется соотношением: $БПК:N:P = 100:5:1$.

При недостатке биогенных элементов к производственным сточным водам

добавляют бытовые, содержащие их в необходимом количестве. Проводят искусственную подпитку биогенными элементами, добавляя растворы аммиачной селитры, суперфосфата, азотнокислого калия и других соединений. Биогенные растворы готовят и дозируют так же, как на нейтрализационных установках.

Для биологической очистки производственных сточных вод используют те же способы биологической очистки, что и для бытовых сточных вод. Производственные сточные воды по характеру загрязнений весьма разнообразны. Скорости окисления органических загрязнений зависят от состава сточных вод и обычно определяются экспериментально.

Важным этапом подготовки производственных сточных вод любого вида к последующей их очистке является наиболее полное *извлечение из них ценных или утилизируемых примесей*. Это позволяет не только собирать ценное сырье, снизить затраты на производство, но и уменьшить общую загрязненность сточных вод.

Аэробные биологические очистные сооружения предприятий основаны на тех же процессах и типах биореакторов, что и станции очистки коммунальных сточных вод. Отличие технологических процессов и конструкций биореакторов очистных сооружений предприятий обуславливаются низкой способностью загрязняющих веществ к биохимической деструкции или высокой концентрацией. Интенсификация работы аэробных биореакторов возможна путем повышения содержания активной биомассы и путем увеличения концентрации растворенного кислорода.

Повышение содержания в биореакторе активной биомассы достигается созданием конструкций, способствующих развитию «прикрепленных» биоценозов и различных устройств, уменьшающих вынос ила из биореактора. В настоящее время эти направления получили достаточное развитие.

Существенное увеличение растворенного кислорода в воде открытого

биореактора практически невозможно. Это может быть достигнуто при использовании технического кислорода или кислородовоздушной смеси.

Пример использования технического кислорода приведен на схеме окситенка (рис. 2.70.).

Технологические показатели работы окситенка на много превосходят соответствующие значения для аэротенков: концентрация растворенного кислорода – 10...12 мг/л; доза ила – 8...10 г/л; окислительная мощность (по БПК_{полн}) – 1,8 кг/(м³·сут); нагрузка на активный ил (по БПК_{полн}) – 175 кг/(т·сут); прирост активного ила (по БПК_{полн}) – 0,2 кг/кг. Основным недостатком окситенков является трудности обеспечения техническим кислородом.

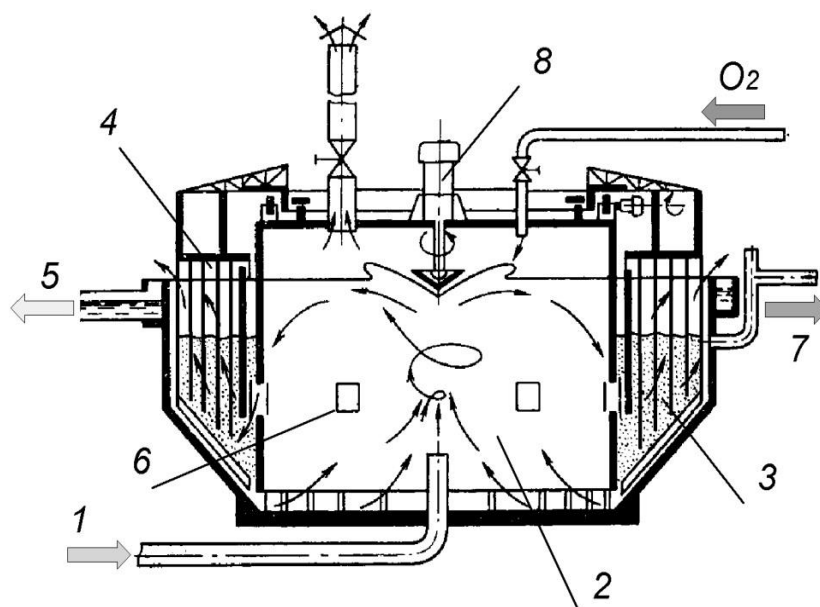


Рис. 2.70. Схема комбинированного окситенка:

1, 5 – поступающая и очищенная вода; 2 – зона аэрации; 3 – зона осаждения ила; 4 – стержневые мешалки; 6 – перепускные окна; 7 – отведение избыточного активного ила; 8 – поверхностный аэратор.

Применение аэробных биореакторов для очистки сточных вод предприятий, содержащих высокие концентрации органических веществ, включая СО₂, как правило, нецелесообразно. Это обусловлено низкими скоростями деструкции многих органических веществ техногенного

происхождения, необходимостью разбавления большим количеством малозагрязненных сточных вод и, соответственно, большими затратами.

Анаэробные биологические реакторы применяют для решения проблемы очистки концентрированных сточных вод, содержащих CO_2 . Наиболее известные анаэробные сооружения – метантенки.

Метантенки, предназначенные для очистки сточных вод, конструктивно мало отличаются от сооружений, применяемых для сбраживания осадков. Учитывая меньшую концентрацию твердой фазы в сточных водах по сравнению с осадками, требуется создание условий для достаточно интенсивного перемешивания. Для этого используют внутренние механические мешалки или внешнее перемешивание через насосную станцию метантенков.

Эффективность процесса анаэробного сбраживания весьма высока, однако существенно зависит от состава органических загрязняющих веществ. Поэтому нагрузка на сооружение по БПК_{полн} колеблется от 0,5 до 3,5 кг/(м³·сутки). Удельный выход газа при сбраживании сточных вод составляет 0,5...0,6 м³ на 1 кг «снятой» части БПК_{полн}.

Анаэробные процессы применяются для очистки концентрированных сточных вод предприятий пищевой промышленности (пивоваренных, дрожжевых, сахарных, винокуренных, консервных заводов и мясокомбинатов), предприятий фармацевтической промышленности, фабрик первичной обработки шерсти, заводов синтетических жирных кислот, производств капролактама, синтетических поверхностно-активных веществ.

В настоящее время существует достаточно много вариантов анаэробных биореакторов усовершенствованных конструкций, отличающиеся особенностями технологических процессов очистки сточных вод и организацией движения реагирующих масс.

UASB – реактор представляет собой резервуар, в котором организован восходящий поток очищаемой воды. В результате этого в сооружении формируется взвешенный слой анаэробного ила (рис. 2.71).

Биореактор не имеет внутри контактной загрузки и перемешивающих устройств. Поддержание слоя активного ила осуществляется газоилоотделительным устройством, расположенным в верхней части сооружения. Организованное таким образом движение воды, газовой и твердой фаз, обеспечивает флокуляцию твердых частиц и формирование гранулированного ила с высокой седиментационной способностью.

Анаэробные реакторы типа UASB обеспечивают хорошие результаты очистки сточных вод с высоким содержанием органических загрязняющих веществ, включая CO_2 .

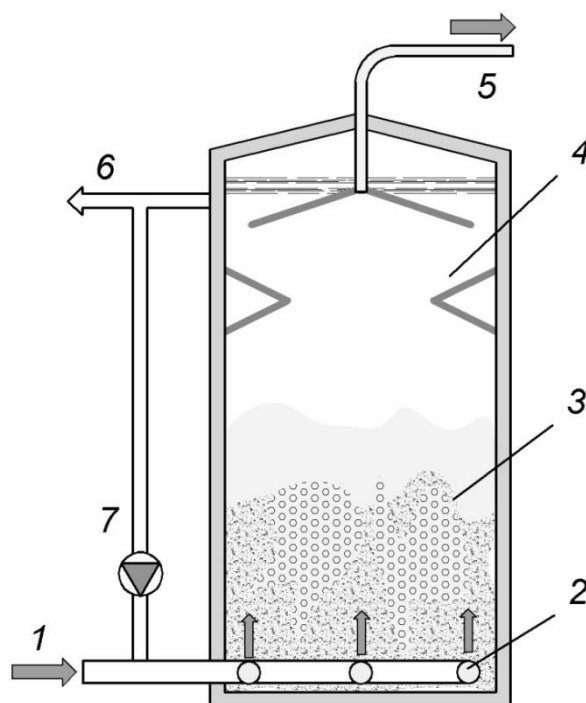


Рис. 2.71. Схема анаэробного биореактора типа UASB:

1, 6 – поступающая и очищенная вода; 2 – распределительная система; 3 – слой биомассы; 4 – газоилоотделительное устройство; 5 – отвод биогаза; 7 – рециркуляция воды.

Они сохраняют работоспособность при непостоянстве подачи и состава сточных вод, устойчивы к недостатку биогенных элементов и присутствию токсикантов в поступающих сточных водах.

Реакторы UASB обладают окислительной мощностью (по ХПК) от 15 до 50 кг/(м³·сут). Продолжительность обработки составляет от 3 до 8 часов. По

сравнению с аэробными процессами, прирост биомассы в реакторе в 5...10 раз меньше, а количество отводимого осадка – меньше в 5...8 раз. При этом в 10...15 раз сокращается расход электроэнергии по сравнению с аэробным процессом.

К недостаткам реакторов UASB относят невысокую скорость протекания процессов, малую эффективность удаления соединения азота и фосфора, недостаточно глубокую степень деструкции органических загрязняющих веществ по БПК (60-90%), взрывоопасность и образование сульфидов в очищенной воде.

Преимущество анаэробных процессов состоит также в относительно незначительном образовании избыточной биомассы.

Процессы с использованием анаэробных биореакторов являются весьма эффективными и успешно применяются в составе промышленных установок по очистке сточных вод предприятий пищевой, фармацевтической, спиртовой, целлюлозно-бумажной, химической и других отраслей промышленности. Однако использование этих технологий целесообразно только для наиболее концентрированных потоков сточных вод, например от отдельных производственных процессов

Несмотря на высокую эффективность разложения органических веществ при обработки концентрированных сточных вод, анаэробные биореакторы не обеспечивают глубокую очистку воды. Это обуславливает применение их в качестве первой ступени очистки концентрированных сточных вод с последующей очисткой в аэробных сооружениях на второй ступени. При этом достигается высокая степень деструкции органических веществ, удаление соединений азота, фосфора и серы (рис. 2.72).

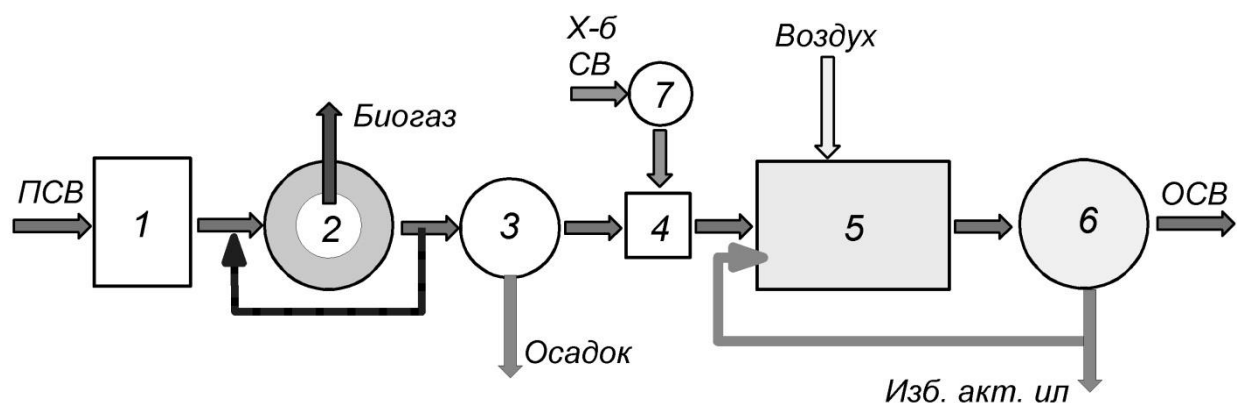


Рис. 2.72. Схема анаэробно - аэробного процесса с использованием UASB реактора:

1 – усреднитель сточных вод; 2 – реактор UASB; 3 – отстойник; 4 – смеситель; 5 – аэротенк-денитрификатор; 6 – отстойник иловой смеси; 7 - накопитель хозяйственно-бытовых сточных вод.

Следует отметить, что применение технологических процессов очистки сточных вод сочетающих анаэробные и аэробные ступени сопряжено с необходимостью строительства дополнительных вторичных отстойников, а также необходимость перекачивания большого количества возвратного активного ила.

Тема 2.2. Направления развития водного хозяйства предприятий различных отраслей промышленности

2.2.1. Комплексный подход к решению задач очистки сточных вод и охраны водных объектов на примерах отраслей промышленности

В современных условиях промышленное предприятие является частью общего экологического пространства населенных мест и территорий. Приоритетным направлением формирования системы водного хозяйства промышленного предприятия является уменьшение его влияния на окружающую среду. Поэтому синтез систем водного хозяйства предприятий должен осуществляться на основе оптимизационного процесса решения комплекса целевых задач.

Проблема негативного влияния предприятий на окружающую водную среду включает ряд аспектов (группу факторов). Все промышленные предприятия в большей или меньшей мере являются потребителями воды. Причем, имеются производства, для которых требования к качеству воды существенно превосходят требования для питьевого водоснабжения. Кроме этого, потребности в воде некоторых предприятий сопоставимы с водопотреблением населенных мест, в которых они расположены, и речным стоком водоёма, который является источником водоснабжения и основным приемником сточных вод.

Исследования состава сточных вод, поступающих на коммунальные очистные сооружения, а также отводимых по системам водостоков, показывают тенденцию постоянного увеличения в них доли загрязняющих веществ техногенного происхождения. Большое разнообразие современных химических материалов используемых в производстве и выпускаемых промышленностью обладают высокой стойкостью к действию природных факторов дезинтеграции, таких, как синтетические поверхностно-активные вещества (ПАВ), галоген- и металлоорганические соединения, продукты органического синтеза и многие другие.

Современные технологии защиты окружающей среды в области предотвращения загрязнения водных объектов сточными водами городов и населенных мест базируются на процессах биохимической деструкции органических компонентов. Сооружения полной биологической очистки, выполняя важную барьерную роль в предотвращении загрязнения водоёмов, во многих случаях не могут обеспечить необходимую степень задержания загрязняющих веществ, по своим свойствам, относящимся к токсическим или биологически стойким веществам.

Усугубляется эта проблема, когда сточные воды предприятия непосредственно сбрасываются в водоём.

Комплексное решение проблемы уменьшения вредного воздействия промышленных предприятий на окружающую водную среду может быть достигнуто уменьшением количества воды, забираемой из источника, уменьшением количества сточных вод, уменьшением масс загрязняющих веществ в очищенной воде и отводимых от очистных сооружений концентратов.

Минимизация потребления воды из природных источников и сброса сточных вод. Это достигается условным уменьшением количества потребляемой воды на единицу выпускаемой продукции за счет рационального водопотребления. Например, в результате применения противоточных промывочных операций, повторного использования воды в процессах с меньшими ограничениями ее качества, а также применения локальной очистки воды для оборотных водных систем. Необходимо отметить, что только уменьшение технологического водопотребления без изменения технологии обращения с химическими препаратами приводит к увеличению концентрации загрязняющих веществ в сточных водах. Уменьшение потребления воды возможно также в результате использования очищенных сточных вод в производстве, при условии соответствия их показателей технологическим требованиям.

Минимизация сброса загрязняющих веществ со сточными водами. Одним из путей решения проблемы по этому направлению является повышения эффективности очистки производственных сточных вод непосредственно на территории предприятия. Однако, это приводит к трансформации проблемы – увеличение эффективности очистки воды создает проблему увеличения количества концентратов извлеченных загрязняющих веществ. Другой путь состоит в уменьшении массы потребляемых технологических реагентов и материалов в производстве и, соответственно, уменьшении их отхода со сточными водами. Это достигается применением процессов селективной очистки технологических растворов и возвратом их в производство. Кроме уменьшения массы загрязняющих веществ поступающих в сточные воды, процессы селективной очистки растворов уменьшают и количество концентратов очистных сооружений.

Выпуск сточных вод, неиспользуемых в системах предприятия, может быть осуществлен только в централизованные системы водоотведения населенных мест или в водный объект.

Отведение сточных вод промышленных предприятий в централизованные системы водоотведения населенных мест

Условия приема сточных вод предприятий в централизованные системы водоотведения регламентируются Федеральным законодательством и региональными правилами. Отведение промышленных сточных в системы канализации населенных мест осуществляется на основании договора водоотведения между предприятием и организацией водопроводно-канализационного хозяйства в соответствии с типовыми договорами, утверждаемыми Правительством Российской Федерации. Поступление производственных сточных вод в систему водоотведения населенных мест не должно нарушать работу сетей, не вызывать разрушение конструкций, не усложнять техническую эксплуатацию системы, не ухудшать санитарно-

химические условия отведения воды и не нарушать технологический режим работы очистных сооружений. На основании этого, в целях предотвращения негативного воздействия на работу централизованных систем водоотведения, установлены общие требования по максимальным допустимым значениям нормативных показателей общих свойств и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, отводимых от предприятий (таблица 2.6). Промышленная структура населенного места, особенности системы водоотведения, состояние водных объектов могут обуславливать различие региональных требований по максимальным допустимым значениям нормативных показателей, что отражается в договоре по приему сточных вод с организацией, осуществляющей водоотведение для каждого конкретного предприятия.

Таблица 2.6

Максимальные допустимые значения нормативных показателей общих свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах для приема в системы водоотведения

№	Наименование вещества (показателя)	Единица измерения	Максимальное допустимое значение показателя и (или) концентрации (по валовому содержанию в натуральной пробе сточных вод)
1	2	3	4
I. Максимальные допустимые значения нормативных показателей общих свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, установленные в целях предотвращения негативного воздействия на работу централизованных общесплавных и бытовых систем водоотведения, а также централизованных комбинированных систем водоотведения (применительно к сбросу в общесплавные и бытовые системы водоотведения)			
1	Взвешенные вещества	мг/дм ³	300
2	БПК ₅	мг/дм ³	300 (500)
3	ХПК	мг/дм ³	500 (700)
4	Азот общий	мг/дм ³	50
5	Фосфор общий	мг/дм ³	12

6	Нефтепродукты	мг/дм ³	10
7	Хлор и хлорамины	мг/дм ³	5
8	Соотношение ХПК:БПК ₅	-	2,5
9	Фенолы (сумма)	мг/дм ³	5
10	Сульфиды (H ₂ S+S ²⁻)	мг/дм ³	1,5
11	Сульфаты	мг/дм ³	1000
12	Хлориды	мг/дм ³	1000
13	Алюминий	мг/дм ³	5
14	Железо	мг/дм ³	5
15	Марганец	мг/дм ³	1
16.	Медь	мг/дм ³	1
17.	Цинк	мг/дм ³	1
18.	Хром общий	мг/дм ³	0,5
19.	Хром шестивалентный	мг/дм ³	0,05 (0,1)
20.	Никель	мг/дм ³	0,25 (0,5)
21.	Кадмий	мг/дм ³	0,015 (0,1)
22.	Свинец	мг/дм ³	0,25
23.	Мышьяк	мг/дм ³	0,05 (0,1)
24.	Ртуть	мг/дм ³	0,005
25.	Водородный показатель (рН)	единиц	6 - 9
26.	Температура	°С	+40
27.	Жиры	мг/дм ³	50

28.	Летучие органические соединения (ЛОС) (в том числе толуол, бензол, ацетон, метанол, бутанол, пропанол, их изомеры и алкилпроизводные по сумме ЛОС)	мг/дм ³	20
29.	СПАВ неионогенные	мг/дм ³	10
30.	СПАВ анионные	мг/дм ³	10
31.	Полихлорированные бифенилы (сумма ПХБ)	мг/дм ³	0,001
II. Максимальные допустимые значения нормативных показателей общих свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, установленные в целях предотвращения негативного воздействия на работу централизованных ливневых систем водоотведения, а также централизованных комбинированных систем водоотведения (применительно к сбросу в ливневые системы водоотведения)			
32.	Взвешенные вещества	мг/л	300
33.	БПК ₅	мг/л	30
34.	Азот аммонийный	мг/л	2
35.	Нефтепродукты	мг/л	8
36.	Сульфиды	мг/л	1,5
37.	Сульфаты	мг/л	500
38.	Хлориды	мг/л	1000
39.	Водородный показатель (рН)	единиц	6-9
40.	Температура	°С	+40

Кроме нормируемых показателей, установлен перечень веществ, материалов, отходов и сточных вод, запрещенных к сбросу в централизованные системы водоотведения населенных мест (таблица 2.7).

Таблица 2.7

Перечень веществ, материалов, отходов и сточных вод, запрещенных к сбросу в централизованные системы водоотведения

Вещества, способные образовывать в централизованной системе водоотведения взрывоопасные, токсичные и (или) горючие газы,
--

органические растворители, горючие и взрывоопасные вещества (нефть, бензин, керосин, ацетон и др.) в количествах, превышающих допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, допущенных к сбросу в централизованную систему водоотведения.
Синтетические и натуральные смолы, масла, лакокрасочные материалы, продукты и отходы нефтепереработки, органического синтеза, смазочно-охлаждающие жидкости, содержимое средств и систем огнетушения.
Растворы кислот с $pH < 4,5$ и щелочей с $pH > 12,0$.
Дурно пахнущие и другие летучие вещества в количестве, приводящем к загрязнению атмосферы рабочей зоны в канализационных насосных станциях, в других производственных помещениях системы коммунальной канализации, на территории очистных сооружений, сверх установленных для атмосферы рабочей зоны ПДК.
Радиоактивные вещества свыше предельно допустимого уровня безопасного содержания в окружающей среде, вещества, которые не могут быть задержаны в технологическом процессе очистки сточных вод очистными сооружениями системы централизованного водоотведения, обладающие повышенной токсичностью, способностью накапливаться в организме человека, обладающие отдаленными биологическими эффектами и (или) образующие опасные вещества при трансформации в воде и в организмах человека и животных, в том числе моно- и полициклические, хлорорганические фосфорорганические, азоторганические и сероорганические вещества, биологически жесткие поверхностно-активные вещества, ядохимикаты, сильнодействующие ядовитые вещества в концентрациях, превышающей более чем в 4 раза ПДК, установленную для этих веществ для водных объектов, медицинские отходы классов Б, В, Г, эпидемиологически опасные бактериальные и вирусные загрязнения.
Концентрированные маточные растворы и кубовые остатки, гальванические растворы (электролиты) как исходные, так и отработанные, осадки (шламы) локальных очистных сооружений, осадки отстойников, ловушек, фильтров, отходы очистки воздуха, осадки станций технической водоподготовки, в том числе котельных, теплоэлектростанций, ионообменные смолы, активированный уголь, концентрированные растворы регенерации систем водоподготовки, химические реактивы и реагенты.
Любые твердые отходы скотобоен и переработки мяса, каныга, цельная кровь, отходы обработки шкур и кож, отходы животноводства, звероводства и птицеводства, включая фекальные.
Строительные материалы, мусор, грунт, золу, шлак, окалину, известь,

цемент и другие вяжущие вещества, стекло, пылевидные частицы обработки металлов, стекла, камня, растительные остатки и отходы (листва, трава, древесные отходы, плодоовощные отходы).
Волокнистые материалы (натуральные, искусственные или синтетические волокна, в том числе волос, шерсть), тара, упаковочные материалы и их элементы, металлическую стружку, опилки, окалину, синтетические материалы (полимерные пленки, гранулы, пылевидные частицы).
Биологическая масса пищевых производств, фармацевтических производств и других биотехнологических процессов, пищевая продукция как годная, так неликвидная, сырье для ее производства, сыворотка творожная и сырная, барда спиртовая и дрожжевая, глютен и замочная вода (на крахмалопаточных производствах), пивная хмелевая дробина.
Минеральные включения гидравлической крупностью оседания более 2 мм/с, вещества (включения) гидравлической крупностью всплывания более 20 мм, любые неизмельченные предметы и материалы крупнее 2 см, любые сточные воды с цветностью более 150 единиц по хром-кобальтовой шкале.
Сточные воды с температурой +80°C и выше.

Сброс сточных вод промышленных предприятий в городскую систему водоотведения должен производиться равномерно в течение суток. Залповые сбросы не допускаются.

Обеспечение охраны водных объектов при выпуске в них сточных вод промышленных предприятий

В соответствии с Водным кодексом РФ и другими нормативными и правовыми актами, к водным объектам относятся участки водотоков, моря или их отдельные части (проливы, заливы, в том числе бухты, лиманы), водоёмы (озера, пруды, обводненные карьеры, водохранилища) либо их части, а также болота. Отведение сточных вод в водный объект, является его загрязнением, независимо от содержания в них веществ относительно фоновых концентраций. Для предприятий, сбрасывающих сточные воды в водные объекты, устанавливаются нормативы предельно допустимых сбросов веществ (ПДС), которые утверждаются специально уполномоченными органами по

охране окружающей природной среды.

На основании Федерального закона «Об охране окружающей среды» за загрязнение вод и прилегающих к предприятию территорий взимается плата. Расчет платежей за негативное воздействие на водные объекты производится исходя из количества сбросов загрязняющих веществ со сточными водами.

Критерии оценки воздействия сточных вод основываются на предельно допустимых нормах воздействия загрязняющих веществ и микроорганизмов на водные объекты, рассчитываемых в *«Проекте нормативно допустимых сбросов»* (НДС) индивидуально для каждого предприятия.

Цель этого документа - предотвращение превышения предельных значений концентраций загрязняющих веществ, как по отдельным выпускам, так и для предприятия в целом. Проект нормативов допустимых сбросов – является обязательным документом для разработки всеми предприятиями, которые в ходе своей деятельности осуществляют сбросы сточных вод в водные объекты.

Если сбросы сточных вод осуществляются в пределах допустимых значений рассчитанных в проекте НДС, то и платежи взимаются по базовым тарифам. Если же сброс осуществляется в соответствии с временно согласованными нормативами, то сумма платежей увеличивается в 5 раз. Отсутствие разработанного и согласованного проекта НДС увеличивает плату за негативное воздействие на окружающую среду в 25 раз.

ГОСТ Р 56828.12-2016 «Наилучшие доступные технологии. Классификация водных объектов для технологического нормирования сбросов сточных вод централизованных систем водоотведения поселений» определил водные объекты, в которые возможен сброс сточных вод, подразделяются на объекты водопользования и объекты рыбохозяйственного значения.

К *первой категории водопользования* относятся водные объекты или их участки, которые используются или могут быть использованы в качестве

источника питьевого и хозяйственно-бытового водопользования, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

Ко второй категории водопользования относятся водные объекты или их участки, которые используются или могут быть использованы для рекреационного водопользования. Требования к качеству воды, установленные для второй категории водопользования, распространяются также на все участки водных объектов, находящихся в черте населенных мест.

Качество воды водных объектов водопользования должно соответствовать требованиям, приведенным в таблице 2.8.

Таблица 2.8

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования

Показатели	Категории водопользования	
	Для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест
Взвешенные вещества*	При сбросе сточных вод, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на	
	0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³
	Для водных объектов, содержащих в межень более 30 мг/дм ³ природных взвешенных веществ, допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5%. Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоёмов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются	
Плавающие примеси	На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей	
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике	

	20 см	10 см
Запахи	Вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемые:	
	непосредственно или при последующем хлорировании или других способах обработки	непосредственно
Температура	Летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более чем на 3°C по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет	
Водородный показатель (рН)	Не должен выходить за пределы 6,5 - 8,5	
Минерализация воды	Не более 1000 мг/дм ³ , в т.ч.:	
	хлоридов – 350 мг/дм ³ ;	
	сульфатов - 500 мг/дм ³	
Растворенный кислород	Не должен быть менее 4 мг/дм ³ в любой период года, в пробе, отобранной до 12 часов дня.	
Биохимическое потребление кислорода (БПК 5)	Не должно превышать при температуре 20°C	
	2 мг O ₂ /дм ³	4 мг O ₂ /дм ³
Химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость), ХПК	Не должно превышать:	
	15 мг мг O ₂ /дм ³	30 мг мг O ₂ /дм ³
Химические вещества	Не должны содержаться в воде водных объектов в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ	
Возбудители кишечных инфекций	Вода не должна содержать возбудителей кишечных инфекций	
Жизнеспособные яйца гельминтов (аскарид, власоглав, токсокар, фасциол), онкосферы тениид и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших	Не должны содержаться в 25 л воды	
Термотолерантные колиформные бактерии**	Не более 100 КОЕ/100 мл**	Не более 100 КОЕ/100 мл
Общие колиформные бактерии**	Не более	
	1000 КОЕ/100 мл**	500КОЕ/100мл

Колифаги**	Не более	
	10 БОЕ/100 мл**	10 БОЕ/100 мл
Суммарная объемная активность радионуклидов при совместном присутствии***	Сумма $(A_i / Y_{Bi}) \leq 1$	

Примечания:

* Содержание в воде взвешенных веществ неприродного происхождения (хлопья гидроксидов металлов, образующихся при обработке сточных вод, частички асбеста, стекловолокна, базальта, капрона, лавсана и т.д.) не допускается.

** Для централизованного водоснабжения; при нецентрализованном питьевом водоснабжении вода подлежит обеззараживанию.

*** В случае превышения указанных уровней радиоактивного загрязнения контролируемой воды проводится дополнительный контроль радионуклидного загрязнения в соответствии с действующими нормами радиационной безопасности;

A_i - удельная активность i -го радионуклида в воде;

Y_{Bi} - соответствующий уровень вмешательства для i -го радионуклида (приложение П-2 НРБ-99).

Содержание химических веществ в воде этих водных объектов не должно превышать предельно допустимые концентрации веществ.

К категории *рыбохозяйственного значения* относятся водные объекты, которые используются или могут быть использованы для добычи (вылова) водных биоресурсов. Водные объекты рыбохозяйственного значения, в свою очередь, подразделяются на категории: «высшая», «первая» и «вторая».

Высшая категория устанавливается на основании данных государственного мониторинга водных биоресурсов для водных объектов рыбохозяйственного значения, которые используются или могут быть использованы для добычи (вылова) особо ценных и ценных видов водных биоресурсов или являются местами их размножения, зимовки, массового нагула, путями миграций, искусственного воспроизводства.

Первая категория устанавливается на основании данных государственного мониторинга водных биоресурсов для водных объектов рыбохозяйственного значения, которые используются для добычи (вылова) водных биоресурсов, не относящихся к особо ценным и ценным видам, и являются местами их размножения, зимовки, массового нагула, искусственного воспроизводства, путями миграций.

Вторая категория устанавливается для водных объектов рыбохозяйственного значения, которые могут быть использованы для добычи (вылова) водных биоресурсов, не относящихся к особо ценным и ценным видам.

В соответствии с категорией водного объекта рыбохозяйственного значения установлены нормативы качества воды, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде. Основные показатели нормативов качества воды для категорий водных объектов рыбохозяйственного значения приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9

Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения

Показатели качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения	Категории водного объекта рыбохозяйственного значения	
	высшая и первая	вторая
Взвешенные вещества	При сбросе возвратных (сточных) вод конкретным водопользователем, при производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на:	
	0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³
	В водных объектах рыбохозяйственного значения при содержании в межень более 30 мг/дм ³ природных взвешенных веществ допускается увеличение содержания их в воде в пределах 5%. Возвратные (сточные) воды, содержащие взвешенные вещества со скоростью осаждения более 0,4 мм/с, запрещается сбрасывать в водотоки, при скорости осаждения более 0,2 мм/с - в водоёмы	
Плавающие примеси (вещества)	На поверхности воды водных объектов рыбохозяйственного значения в зоне антропогенного воздействия не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопления других примесей	

Температура	Температура воды не должна повышаться под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) по сравнению с естественной температурой водного объекта более чем на 5°C, с общим повышением температуры не более чем до 20°C летом и 5°C зимой для водных объектов, где обитают холодолюбивые рыбы (лососевые и сиговые) и не более чем до 28°C летом и 8°C зимой в остальных случаях. В местах нерестилищ налима запрещается повышать температуру воды зимой более чем на 2°C	
Водородный показатель (pH)	Должен соответствовать фоновому значению показателя для воды водного объекта рыбохозяйственного значения	
Растворенный кислород	Содержание растворенного кислорода не должно опускаться ниже 6,0 мг/дм ³ под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) Содержание растворенного кислорода в зимний (подледный) период не должно опускаться ниже (в зимний период подледный)	
	6,0 мг/дм ³	4,0 мг/дм ³
	В летний (открытый) период во всех водных объектах должен быть не менее 6 мг/дм ³	
Биохимическое потребление кислорода за 5 суток БПК ₅	При температуре 20°C под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) не должно превышать	
	2,1 мг/дм ³	2,1 мг/дм ³
	При температуре 20°C под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) не должно превышать	
Биохимическое потребление кислорода БПК _{полн}	3,0 мг/дм ³	3,0 мг/дм ³
	Если в зимний период содержание растворенного кислорода в водных объектах высшей и первой категории снижается до 6,0 мг/дм ³ , а в водных объектах второй категории до 4 мг/дм ³ , то можно допустить сброс в них только тех сточных вод, которые не изменяют БПК воды водного объекта	
Токсичность воды	Вода водных объектов рыбохозяйственного значения в местах сброса сточных вод не должна оказывать острого токсического действия на тест-объекты. Вода водного объекта в контрольном	

	створе не должна оказывать хронического токсического действия на тест-объекты
--	---

В основе расчета нормативов допустимых сбросов веществ (НДС) лежит уравнение баланса нормативного состояния водного объекта, составленное с учетом его категории, фонового состояния и влияния сброса сточных вод на изменение в нём качества воды:

$$aQC_{\phi} + qC_{\text{ндс}} \leq (aQ + q)C_{\text{пдк}}$$

где a – показатель смешения, определяемый по формуле В.А.Фролова и И.Д.Родзиллера;

Q – расход воды в водном объекте, м³/с;

C_{ϕ} – фоновая величина показателя (вещества) в воде водного объекта, г/м³;

$C_{\text{пдк}}$ – норматив предельно-допустимой величина показателя в контрольном створе водного объекта, г/м³;

q – расход сточных вод, сбрасываемых в водный объект, м³/с;

$C_{\text{ндс}}$ – норматив допустимого сброса показателя в очищенных сточных водах, г/м³;

Фоновая величина лимитирующих показателей в воде водного объекта определяется в точке контроля выше по течению створа сброса сточных вод (рисунок 2.73).

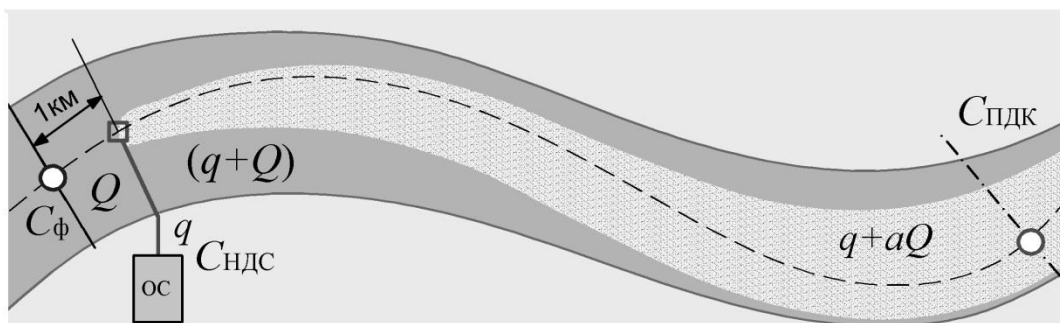


Рис. 2.73. Схема нормативного состояния водоёма при выпуске в него очищенных сточных вод

Контрольный створ, в котором должны быть обеспечены величины лимитирующих показателей не более соответствующих ПДК устанавливается на расстоянии не более 500 м от створа сброса сточных вод.

Величины нормативно-допустимых сбросов загрязняющих веществ без учета ассимилирующей способности водного объекта (по консервативным показателям) находят из УМБ нормативного состояния водного объекта:

$$C_{\text{ндс}} \leq C_{\text{пдк}} (aQ + q)/q - aQC_{\text{ф}}/q$$

Откуда

$$C_{\text{ндс}} \leq \frac{C_{\text{пдк}}(aQ + q) - C_{\text{ф}}aQ}{q}$$

При наличии в сточных водах загрязняющих веществ, содержащихся в воде водного объекта на уровне ПДК, процессы разбавления в расчетах НДС не должны учитываться.

В случае присутствия в воде водного объекта двух и более веществ 1 и 2 классов опасности, характеризующихся однонаправленным механизмом токсического действия, сумма отношений концентраций каждого из них к соответствующим ПДК не должна превышать единицу:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{\text{пдк}}^i} \leq 1$$

где C_i - концентрация i -го вещества, из числа n , обнаруживаемых в воде водного объекта;

$C_{\text{пдк}}^i$ - величины ПДК этих же веществ.

Откуда нормативы допустимого сброса для этой группы загрязняющих веществ устанавливаются по лимитирующему признаку вредного воздействия (ЛПВ):

$$C_{\text{ндс}} \leq C_{\text{пдк}}^{\text{lim}} \left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{\text{пдк}}^i} \right)$$

где $C_{\text{пдк}}^{\text{lim}}$ - величина ПДК по ЛПВ.

Сброс сточных вод в водный объект не должен вызывать повышение в нём температуры на величину не более установленной для соответствующей категории водоёма:

$$T_{\text{ндс}} = (aQ/q + 1)\Delta T + T_{\text{ф}}$$

где ΔT - нормативно допустимое увеличение температуры воды в водном объекте, °С;

$T_{\text{ф}}$ – фоновая температуры воды в водном объекте, °С.

Создание новых конструкционных материалов, синтез синтетических веществ, обладающих повышенной стойкостью к воздействию факторов внешней среды обуславливает присутствие в сточных водах промышленных предприятий значительное количество трудноокисляемых и стойких органических веществ (СОВ), значительно усложняющих технологические процессы их очистки.

Решение проблемы сокращения массы СОВ, поступающих в окружающую среду со сточными водами предприятий, возможно при комплексном подходе, основанном на развитии двух направлений.

1. Сокращение массы СОВ, поступающих в природные водоемы с очищенными сточными водами.

2. Создание систем рационального использования воды и обращения с химическими материалами в производственных процессах.

Первое направление предполагает применение высокоэффективных процессов и оборудования для извлечения трудноокисляемых и стойких органических соединений из сточных вод предприятий.

Состав технологических процессов в зависимости от особенностей формирования и показателей сточных вод разных отраслей производства, может включать различные сочетания разделительных и деструктирующих и методов обработки воды (рисунок 2.74).

Схема 1: Предварительное отделение COB

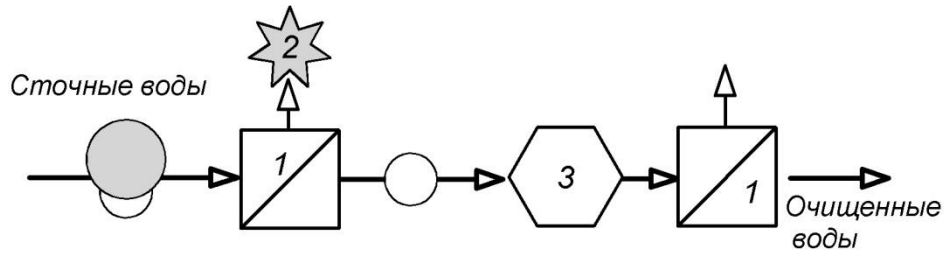


Схема 2: Нарушение агрегативной устойчивости COB

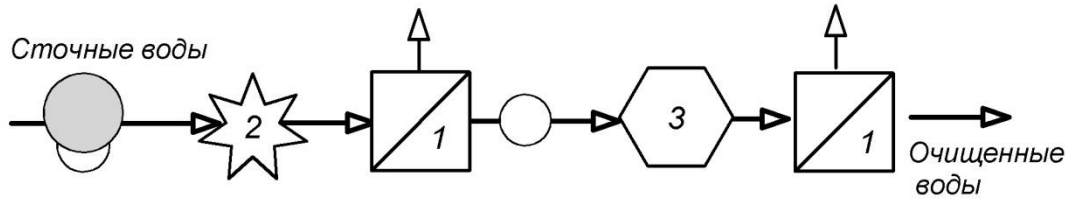


Схема 3: Частичное расщепление COB на биоокисляемые вещества

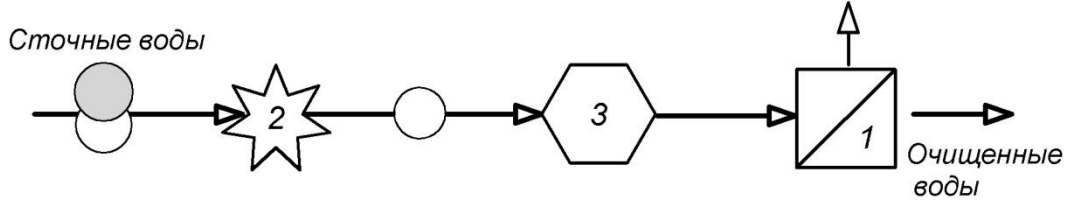


Схема 4: Деструкция и извлечение остаточных COB

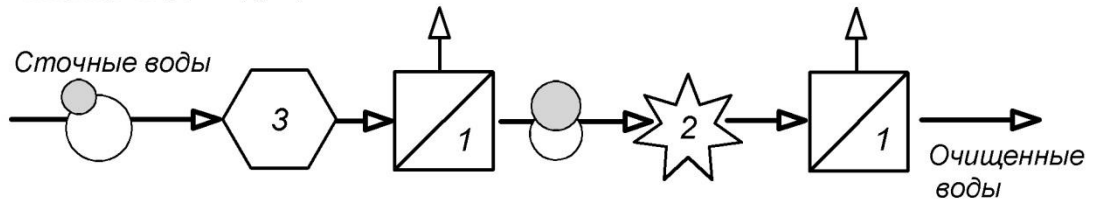
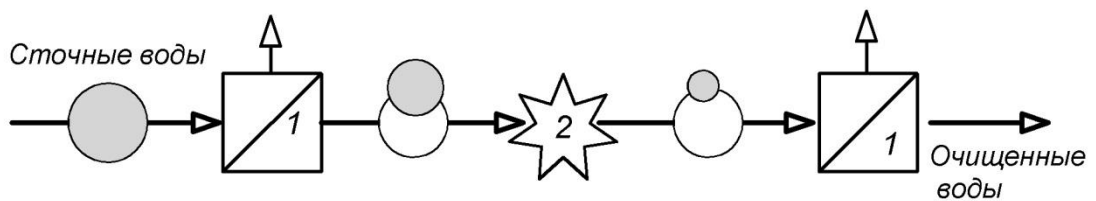


Схема 5: Селективный разделятельно-деструктивный процесс удаления COB



● - трудноокисляемые и стойкие органические вещества

Рис. 2.74 Принципиальные схемы сочетания разделятельных и деструктирующих методов в составе комбинированных процессов очистки производственных сточных вод, содержащих трудноокисляемые и стойкие органические вещества:

1 – процессы извлечения грубодисперсных загрязняющих веществ или биомассы; 2 – процессы, приводящие к глубокому расщеплению COB; 3 – процессы биологической деструкции загрязняющих веществ.

Высокое содержание в сточных водах трудноокисляемых и СОВ, селективное отделение которых нецелесообразно в силу неподходящего для утилизации состава, в сочетании с биологически расщепляемыми веществами создает предпосылки применения технологических процессов по схемам 1 и 2.

Первые ступени в них предназначены для глубокого извлечения СОВ (схема 1) или разрушения агрегативной устойчивости (схема 2), после чего сточные воды могут быть эффективно очищены с использованием биологических реакторов в сочетании с отделителями биомассы. Эти схемы могут быть эффективно использованы в системе очистки производственных сильно загрязненных сточных вод предприятий легкой промышленности, использующих СОВ в виде технологических растворов в основном производстве.

В схеме 3 принято последовательное использование "жесткого" деструктирующего процесса для предварительной обработки и более "мягкого" процесса биологической деструкции на последующей. Это необходимо для расщепления нестабильных органических веществ с последующим отделением дисперсной фазы на заключительной стадии очистки сточных вод.

Процесс очистки воды, осуществленный по данной схеме, позволяет эффективно удалять СОВ, например, ПАВ, синтетические красители и т.п., продукты частичной деструкции которых являются биологически расщепляемыми соединениями. Эта схема предпочтительна для очистки сточных вод, содержащих примерно равные доли биоокисляемых и стойких органических веществ. Например, для сточных вод предприятий, использующих СОВ для вспомогательных целей. Это характерно для отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) предприятий металлообработки.

Технологически процесс очистки воды по схеме 4 целесообразно формировать, когда в систему водоотведения населенных мест поступает большое количество сточных вод, в которых основная масса загрязняющих

веществ относится к биологически расщепляемым, но при этом возможно накопление в обрабатываемой воде СОВ. В этом случае деструктирующая ступень должна осуществлять практически полную минерализацию СОВ. По данной схеме целесообразно осуществлять очистку сточных вод, приближающихся по составу к городским.

По схеме 5 может быть организован технологический процесс очистки сточных вод, в которых загрязняющие вещества представляют остатки технологических растворов разнообразных реагентов в разном массовом соотношении. Первая разделительная ступень в этой схеме может обеспечить условия их вторичного использования или утилизации. Этот процесс эффективно используется в системе рекуперативной очистки концентрированных моющих растворов, широко применяемых во многих производственных процессах различных отраслей промышленности.

Сочетания разделительных и деструктирующих процессов очистки сточных вод, приведенные на схемах, не исчерпывают всех возможных вариантов, но отражают подход к разработке технологических последовательностей, обеспечивающих минимизацию абсолютной массы СОВ, поступающих в водоемы со сточными водами.

Принципиальные положения выбора технологического процесса очистки сточных вод, содержащих СОВ, состоят в следующем:

- наиболее полная очистка сточных вод, содержащих значительные количества биорезистентных соединений, может быть достигнута путем функционального сочетания разделительных и деструктирующих процессов воздействия на загрязняющие вещества;
- распределение функциональных нагрузок в пределах технологической последовательности обработки воды должно определяться физико-химическими и биохимическими свойствами системы загрязняющих веществ;
- приоритет в технологии очистки воды принадлежит разделительным процессам, обеспечивающим реальное уменьшение в ней массы загрязняющих

веществ. Деструктирующие методы очистки сточных вод целесообразно применять на стадии предварительной подготовки воды для нарушения агрегативной устойчивости, преодоления химической или биологической стабильности загрязняющих веществ, на завершающих стадиях ее обработки и обеззараживания, когда общая масса СОВ достаточно мала. Кроме этого, при обработке концентрированных сточных вод и отходов очистки воды для предотвращения образования больших объемов осадков и шламов.

Второе направление предполагает минимизацию массы сбрасываемых СОВ со сточными водами путем возврата их в производство. Достигается это применением систем повторного, многократного и противоточного использования технологических растворов и промывных вод в процессах производства, вследствие более полного использования реагентов и воды и большей эффективности очистки концентрированных сточных вод.

Существенный эффект обеспечивает применение в этих системах принципа селективной очистки сточных вод (рисунок 2.75).

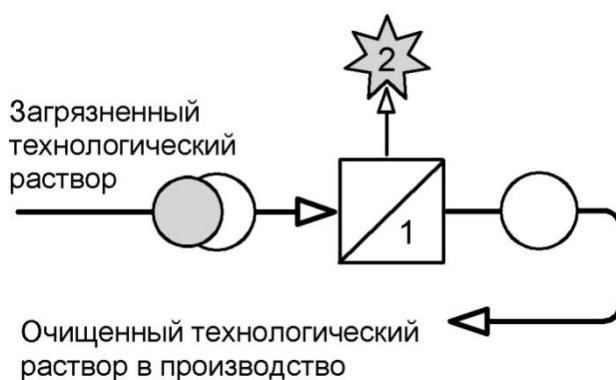


Рис.2.75 Принципиальная схема селективной очистки сточных вод (технологических растворов, содержащих СОВ):

1 – процессы отделения "мешающих" загрязняющих веществ;

2 - процессы регенерации, утилизации или обезвреживания загрязняющих веществ.

В отличие от обычных очистных комплексов, оборудование селективной очистки предназначена для извлечения из технологических растворов и сточных вод накапливающихся загрязняющих веществ, препятствующих их

многократному или повторному использованию. При этом основная масса технологических реагентов остается в воде, возвращаемой в производство.

Селективной очисткой может быть обеспечено значительное сокращение сброса специальных химических препаратов, значительная доля которых представляют собой СОВ, в систему водоотведения, а также экономия этих реагентов в основном производстве. В наибольшей мере это проявляется в случае применения установок селективной очистки для обеспечения многократного использования отработанных технологических растворов. Применительно к высокомолекулярным СОВ, в качестве разделительных процессов для селективной очистки целесообразно применение флотационных технологий.

Научное и технологическое обоснование сочетания процессов "жесткой" деструкции и селективного разделения в дополнение к действующим биологическим очистным сооружениям позволяет значительно повысить эффективность очистки сточных вод перед выпуском их в водоем. Поскольку биологически стойкие органические примеси являются одним из видов загрязняющих веществ, наиболее трудно поддающихся удалению из воды, процессы и оборудование, предназначенные для этих целей, могут быть успешно применены для практического решения значительно более широкого круга технологических задач очистки сточных вод и защиты окружающей среды.

2.2.2. Оценка коррупционных рисков в производственной деятельности при проектировании систем водоотведения

Основные понятия и определения

Коррупционное правонарушение – злоупотребление служебным положением, дача взятки, получение взятки, злоупотребление полномочиями, коммерческий подкуп либо иное незаконное использование физическим лицом своего должностного положения вопреки законным интересам общества и государства в целях получения выгоды в виде денег, ценностей, иного имущества или услуг имущественного характера, иных имущественных прав для себя или для третьих лиц либо незаконное предоставление такой выгоды указанному лицу другими физическими лицами, а также совершение указанных деяний от имени или в интересах юридического лица.

Коррупционная схема – способ совершения коррупционного правонарушения; коррупционный риск – возможность совершения коррупционного правонарушения, возникающая в условиях наличия коррупциогенных факторов.

Коррупциогенные факторы – явление или совокупность явлений, объективные и субъективные предпосылки, порождающие коррупционные правонарушения или способствующие их распространению, а также положения нормативных правовых актов (проектов нормативных правовых актов), устанавливающие для правоприменителя необоснованно широкие пределы усмотрения или возможность необоснованного применения исключений из общих правил, а также положения, содержащие неопределенные, трудновыполнимые и (или) обременительные требования к гражданам и организациям и тем самым создающие условия для проявления коррупции.

Оценка коррупционного риска – процесс идентификации, анализа и оценивания коррупционного риска.

Анализ коррупционного риска – процесс определения происхождения коррупционного риска, в том числе наиболее вероятных способов совершения коррупционного правонарушения при реализации функции организации, а также определения уровня риска (комбинации возможности возникновения коррупционных правонарушений и их последствий).

Задачи и принципы оценки коррупционных рисков

Оценка коррупционных рисков относится к числу основных инструментов предупреждения коррупционных правонарушений в организациях и позволяет решить задачи по обеспечению соответствия реализуемых мер по противодействию коррупции реальным или вероятным способам совершения коррупционных правонарушений, тем самым увеличивая действенность антикоррупционных мероприятий, повышая эффективность использования выделяемых на них кадровых, финансовых и иных ресурсов; формирования обоснованного перечня должностей, замещение которых связано с коррупционными рисками.

Оценку коррупционных рисков в целях подготовки карт коррупционных рисков рекомендуется проводить в соответствии со следующими основными принципами.

Полнота. Коррупционные риски могут возникать при реализации любой административной процедуры (действия). В связи с этим необходимо учитывать, что применение подхода, при котором из общего числа процедур (действий) в организации заранее выделяется перечень коррупционно-опасных функций, имеет существенные недостатки. Соблюдение принципа полноты позволяет значительно сократить вероятность того, что отдельные административные процедуры (действия), при реализации которых возможно возникновение коррупционного риска, будут проигнорированы, поскольку изначально они не признаны коррупционно-опасными.

Рациональное распределение ресурсов. Оценку коррупционных рисков следует проводить, учитывая возможности кадровых, финансовых и иных ресурсов организации для ее реализации.

Всесторонность определения коррупционных рисков. Определение состава потенциальных коррупционных правонарушений и анализ вероятных способов их совершения (коррупционных схем), позволяет разработать наиболее эффективные меры предупреждения коррупции в организации.

Взаимосвязь результатов оценки коррупционных рисков с проводимыми антикоррупционными мероприятиями. Результаты оценки коррупционных рисков являются основой для определения перечня должностей замещение, которых связано с коррупционными рисками.

Своевременность и регулярность оценки коррупционных рисков. Проводить оценку коррупционных рисков целесообразно на системной основе. Углубленную оценку коррупционных рисков рекомендуется проводить раз в 2-3 года и (или) при любом существенном изменении регулирующего законодательства, организационно-штатной структуры, выявлении коррупционных правонарушений и иных факторов, свидетельствующих о возможности возникновения коррупционных рисков.

Раз в год целесообразно проводить текущую оценку коррупционных рисков, предполагающую анализ функций организации, связанных с коррупционными рисками, на предмет необходимости принятия дополнительных мер, направленных на минимизацию выявленных рисков.

Законность. Оценка коррупционных рисков основывается на принципе законности на всех этапах оценки.

Гласность. Организация размещает информацию о результатах оценки коррупционных рисков на своем официальном сайте в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в разделе «Противодействие коррупции» с учетом требований законодательства Российской Федерации. Для

информации о проведении оценки коррупционных рисков целесообразно выделить отдельный подраздел в разделе «Противодействие коррупции».

Привлечение заинтересованных сторон. Процесс оценки коррупционных рисков предполагает участие и учет мнения всех заинтересованных сторон (институты гражданского общества, эксперты и др.).

Порядок и этапы оценки коррупционных рисков

Процедура оценки коррупционных рисков состоит из нескольких последовательных этапов. Схема проведения оценки коррупционных рисков приведена на рис. 2.76.

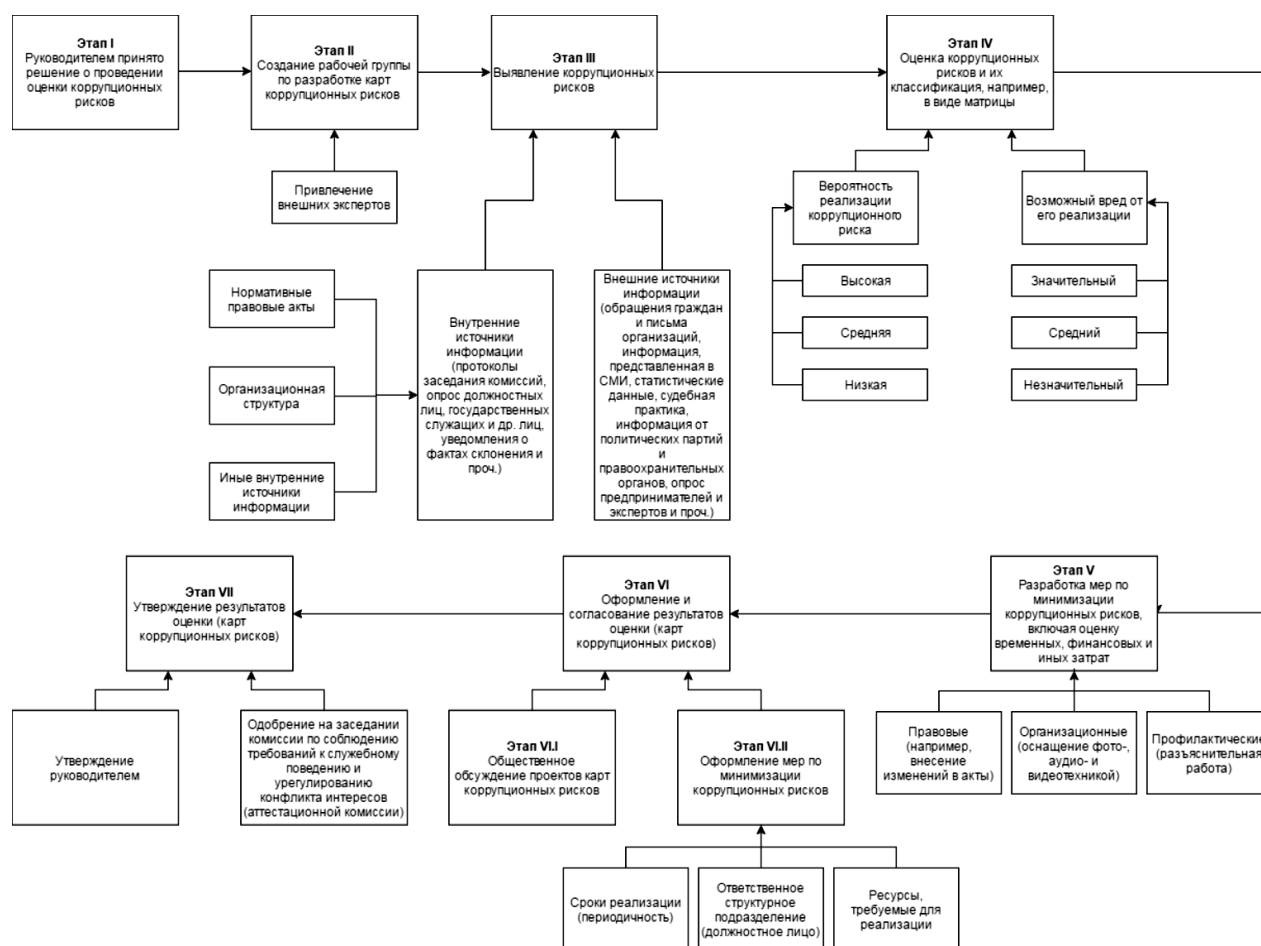


Рис. 4.76. Схема проведения оценки коррупционных рисков.

Выявление коррупционных рисков

Наличие коррупциогенного фактора является признаком коррупционного риска. К числу коррупциогенных факторов, например, относятся:

- возможность получения служащим (работником) в результате совершения коррупционного правонарушения значительной, по сравнению с его доходом, материальной выгоды или возможность получения регулярного незаконного дохода при неоднократной реализации одной и той же коррупционной схемы;

- возможность реализации потенциальной коррупционной схемы без значительных усилий, в том числе:

- узкий круг служащих (работников), участие которых необходимо для реализации коррупционной схемы;

- многочисленные зафиксированные факты реализации коррупционной схемы;

- отсутствие или неэффективность механизмов внутреннего контроля, в том числе:

- наличие «слепых зон» – отсутствие контроля за отдельными административными процедурами (действиями) либо их этапами, важными для реализации потенциальной коррупционной схемы;

- отсутствие *регулярного* контроля за деятельностью служащих (работников), осуществление контроля только в форме эпизодических проверок, ревизий и т.п.;

- объективные трудности осуществления контроля, например, необходимость обработки в рамках контроля больших объемов быстро меняющейся информации;

- объем дискреционных полномочий служащего (работника), принимающего решение, и недостаточная регламентация процесса, в том числе:

- отсутствие четких критериев выбора одного из альтернативных решений;

- отсутствие сроков совершения действия;
- открытый перечень документов, которые могут быть истребованы для совершения действия;
- отсутствие эффективных каналов подачи и механизмов рассмотрения жалоб на действия служащего (работника).

Выявлению коррупциогенных факторов способствует анализ различного рода информации, поступающей как из внутренних источников, так и из внешних источников.

К *внутренним источникам* информации относятся следующие:

- нормативные правовые акты (при анализе нормативных правовых актов необходимо, в частности, оценить положения, касающиеся функций органа (организации), связанные с коррупционными рисками);
- локальные нормативные акты (анализ организационной структуры организации, в том числе должностных (служебных) обязанностей при осуществлении административных процедур (действий));
- иные внутренние источники, к которым можно отнести, например, протоколы заседания комиссии по соблюдению требований к служебному поведению и урегулированию конфликта интересов (аттестационной комиссии), материалы служебных проверок, результаты опроса уполномоченных должностных лиц, служащих (работников), уведомления представителя нанимателя о фактах обращения в целях склонения служащего (работника) к совершению коррупционных правонарушений и др.

Для получения информации, необходимой для проведения оценки коррупционных рисков, рекомендуется сформировать перечень локальных нормативных актов и иных документов организации.

К таким документам относятся документы, содержащие информацию о направлениях деятельности (функциях) и структуре организации, полномочиях его подразделений и должностных (служебных) обязанностях служащих (работников), например:

- положение об органе (организации); организационно-штатная структура и штатное расписание;
- положения о подразделениях организации;
- должностные регламенты;
- результаты внутреннего и (или) внешнего анализа структуры, функционала и иные значимые документы.

К *внешним источникам* информации можно отнести следующие:

- результаты опроса подконтрольных субъектов, получателей услуг, экспертов, представителей институтов гражданского общества и иных заинтересованных лиц;
- социологические исследования, проводимые органом (организацией) или сторонними исследовательскими организациями;
- статистические данные о правонарушениях в сфере деятельности организации;
- обращения граждан и организаций, содержащие информацию о коррупционных правонарушениях, в том числе обращения, поступившие на «горячую линию», «электронную приемную» и т.д.;
- сообщения в СМИ о коррупционных правонарушениях или фактах несоблюдения служащими (работниками) требований к служебному поведению;
- материалы, представленные правоохранительными органами, иными органами (организациями) и их должностными лицами, включая акты прокурорского реагирования, материалы уголовных дел, материалы, представляемые органами следствия и др.;
- материалы, представленные постоянно действующими руководящими органами политических партий и зарегистрированных в соответствии с законом иных общероссийских общественных объединений, не являющихся политическими партиями, Общественной палатой Российской Федерации, институтами гражданского общества и из других источников.

Опрос целесообразно проводить по мере необходимости, но не реже одного раза в год.

Целью проведения опроса является выявление коррупционных рисков.

Задачами опроса являются следующие:

- определение сфер деятельности организации с высокими коррупционными рисками;
- выявление причин и условий, способствующих коррупционным проявлениям; оценка влияния реализации антикоррупционных мер;
- выявление ключевых направлений повышений эффективности деятельности органов (организаций) по противодействию коррупции, упреждению возможностей возникновения и действия коррупциогенных факторов и формирования антикоррупционного общественного мнения;
- прогнозирование возможного развития коррупционной обстановки.

Рабочей группой:

- разрабатывается анкета для проведения опроса;
- проводится оценка результатов опроса;
- осуществляется подготовка сводного отчета о результатах проведения опроса;
- осуществляется выработка на основе результатов опроса предложений по повышению эффективности деятельности в сфере противодействия коррупции.

Анкету целесообразно разместить на официальном сайте организации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в подразделе, посвященном вопросам противодействия коррупции. На главной странице целесообразно разместить отдельную гиперссылку на данный подраздел.

На основании проведенного анализа внутренних и внешних источников информации, а также выявленных коррупциогенных факторов составляется перечень коррупционных рисков.

Результаты работы по проведению опроса представляются руководителю (уполномоченному должностному лицу) организации и размещаются на официальном сайте организации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в разделе «Противодействие коррупции».

Оценка и классификация коррупционных рисков

В целях рационального расходования ресурсов возможно выделение отдельных наиболее коррупционноремких административных процедур (действий), в отношении которых меры по минимизации коррупционных рисков будут реализованы в первую очередь. Для этого следует оценить коррупционные риски с точки зрения их значимости для организации, государства и общества.

Значимость коррупционных рисков определяется сочетанием рассчитанных параметров: вероятности реализации коррупционного риска (вероятность) и возможного вреда от его реализации (вред).

Вероятность реализации коррупционного риска определяется, в первую очередь, характеристикой и количеством коррупциогенных факторов, т.е. обстоятельств, увеличивающих вероятность совершения коррупционных правонарушений.

В зависимости от вероятности возникновения риск может быть:

незначительной вероятности возникновения (низкая вероятность) – риск может возникнуть в чрезвычайных обстоятельствах или маловероятен; средней вероятности возникновения (средняя вероятность) – риск может возникнуть при определенном стечении обстоятельств; повышенной вероятности возникновения (высокая вероятность) – риск ожидается при нормальном развитии событий.

Необходимо оценить возможный вред от реализации коррупционного риска. При этом приоритетное внимание рекомендуется уделить следующим видам вреда (ущерба):

- вред жизни и здоровью граждан; вред национальной безопасности и обороноспособности государства;
- вред окружающей среде; материальный ущерб;
- репутационный ущерб органу (организации), резонансные судебные разбирательства, многочисленные жалобы и претензии со стороны граждан и организаций.

В зависимости от эффекта риски могут быть следующими:

- незначительный – риск незначительно влияет на охраняемые законом ценности; умеренный – риск, который, если не будет пресечен, может значительно повлиять на охраняемые законом ценности;
- значительный – риск, последствия которого могут повлечь значительные финансовые убытки, помешать успеху деятельности или эффективному функционированию организации, государства и общества.

В случае если реализация коррупционного риска может повлечь вред жизни и здоровью граждан, нанести ущерб национальной безопасности и обороноспособности государства и (или) окружающей среде, такой потенциальный вред следует оценивать как значительный.

Одним из возможных способов оценки значимости коррупционного риска является использование матрицы оценки значимости рисков. При этом все риски по степени своей значимости разделяются на критические, существенные и незначительные. Базовый вариант такой матрицы представлен в таблице 2.10.

Таблица 2.10

Матрица оценки значимости коррупционных рисков

Потенциальный вред	Вероятность реализации коррупционного риска		
	Высокая	Средняя	Низкая
Значительный	Критический риск	Существенный риск	Существенный риск
Умеренный	Существенный	Существенный	Незначительный

	риск	риск	риск
Незначительный	Существенный риск	Незначительный риск	Незначительный риск

Результаты работы по оценке и классификации коррупционных рисков представляются руководителю (уполномоченному должностному лицу) организации.

Разработка мер по минимизации выявленных коррупционных рисков

Этап разработки мер по минимизации коррупционных рисков – подготовка предложений по минимизации всех или наиболее существенных идентифицированных коррупционных рисков.

Минимизация коррупционных рисков либо их устранение достигается различными методами, которые можно подразделить на следующие виды: правовые; организационные; профилактические.

При подготовке предложений по минимизации коррупционных рисков в федеральных государственных органах, осуществляющих контрольно-надзорные полномочия, целесообразно учесть мероприятия, предусмотренные паспортом приоритетной программы «Реформа контрольной и надзорной деятельности», утвержденном президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам (протокол от 21 декабря 2016 года № 12), а также паспортами приоритетных проектов Минэкономразвития России, Минкомсвязи России, Минтруда России и Минюста России.

К таким мероприятиям можно отнести следующие:

- использование проверочных листов;
- актуализация и оптимизация обязательных требований; установление исчерпывающих перечней нормативных правовых актов, содержащих обязательные требования;

- обеспечение доступности и понятности информации о подконтрольных объектах;
- формирование системы сбора объективных данных для определения категории риска (класса опасности);
- использование механизма профилактики нарушений обязательных требований;
- использование информационно-коммуникационных технологий и другие мероприятия, снижающие усмотрение должностных лиц при принятии управленческих решений, а также повышающие эффективность контроля за их деятельностью.

В качестве установления препятствий (ограничений), затрудняющих реализацию коррупционных схем, предлагается применять следующие меры:

- проверка наличия возможной аффилированности между подконтрольным субъектом и служащими (работниками), проводимая уполномоченным подразделением организации (в частности, с использованием информационно-коммуникационных технологий);
- перераспределение функций между подразделениями внутри организации;
- введение или расширение процессуальных форм взаимодействия граждан (юридических лиц) и должностных лиц, например, использование информационных технологий в качестве приоритетного направления для осуществления служебной деятельности («одно окно», система электронного обмена информацией);
- исключение необходимости личного взаимодействия (общения) должностных лиц с гражданами и юридическими лицами;
- совершенствование механизма отбора должностных лиц для включения в состав комиссий, рабочих групп, принимающих управленческие решения;
- оптимизация перечня документов (материалов, информации), которые граждане (юридические лица) обязаны предоставить для реализации права;

- сокращение сроков принятия управленческих решений;
- установление регламентации способа и сроков совершения действий должностным лицом при осуществлении коррупционно-опасной функции;
- установление дополнительных форм отчетности должностных лиц о результатах принятых решений. использование средств видеонаблюдения и аудиозаписи в местах приема граждан и представителей юридических лиц;
- сокращение ситуаций единоличного принятия решений;
- проведения разъяснительной и иной профилактической работы для существенного снижения возможностей коррупционного поведения при исполнении коррупционно-опасных функций;
- обеспечение повседневного контроля за соблюдением служащими (работниками) этических норм поведения.

Для каждого выявленного коррупционного риска должны быть определены возможные меры по минимизации соответствующих коррупционных рисков. При этом необходимо оценить объем финансовых затрат на реализацию этих мер, а также потребность в кадровых и иных ресурсах, необходимых для проведения соответствующих мероприятий.

В случае невозможности или экономической нецелесообразности одновременной реализации мер по минимизации всех выявленных коррупционных рисков необходимо, в первую очередь, реализовать меры по минимизации существенных коррупционных рисков.

При определении мер по минимизации коррупционных рисков целесообразно руководствоваться следующим:

- каждую меру необходимо сформулировать конкретно, служащие (работники), вовлеченные в процесс ее реализации, должны понимать ее цели и содержание, конечный результат и его связь с минимизацией конкретного коррупционного риска;
- для каждой меры должен быть установлен срок или периодичность ее реализации;

- для каждой меры должен быть определен ответственный за ее реализацию;

- на стадии планирования мер по минимизации коррупционных рисков должны быть проработаны механизмы мониторинга реализации этих мер и оценки их эффективности;

- реализация каждой меры должна быть подтверждена документально.

Меры по минимизации выявленных коррупционных рисков после их утверждения или одобрения целесообразно включить в ведомственный план противодействия коррупции.

Результаты работы по разработке мер по минимизации выявленных коррупционных рисков представляются руководителю (уполномоченному должностному лицу) организации.

Мониторинг реализации мер по минимизации выявленных коррупционных рисков

Мониторинг реализации мер по минимизации выявленных коррупционных рисков проводится рабочей группой в целях оценки эффективности реализуемых мер по минимизации выявленных коррупционных рисков.

Мониторинг целесообразно проводить не реже одного раз в полгода, а также по мере необходимости.

Доклад о результатах мониторинга целесообразно представлять руководителю (уполномоченному должностному лицу) организации.

Результаты проведенного мониторинга могут являться основанием для повторного проведения оценки коррупционных рисков или для внесения изменения в карту коррупционных рисков.