

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ КАДРОВ
КАФЕДРА ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ И ХИМИИ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине

«ТЕХНОЛОГИЯ ОХРАНЫ ГИДРОСФЕРЫ»
для студентов специальностей
1-33 01 07 «Природоохранная деятельность»
1-57 01 71 «Промышленная экология и рациональное
использование природных ресурсов»

Брест 2013

УДК 574 (075)

Конспект лекций по дисциплине «Технология охраны гидросферы» включает основные вопросы учебного курса одноименной учебной дисциплины. Предназначен для самостоятельного изучения студентами теоретических основ очистки сточных вод от различных загрязнений органического и минерального происхождения, а также организации водного хозяйства в различных отраслях промышленности.

Предназначен для студентов специальностей 1-33 01 07 «Природоохранная деятельность» и 1-57 01 71 «Промышленная экология и рациональное использование природных ресурсов».

Составители: А.П. Головач, доцент
Э.А. Тур, к.т.н., доцент

Рецензент: директор ИПКиПК УО «Брестский государственный технический университет» Яловая Н.П.

Учреждение образования
© «Брестский государственный технический университет» 2013

БИБЛИОТЕКА
Брестского государственного
технического университета

1. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

1.1. Удаление из воды растворенных газов. Дегазация и дезодорация сточных вод

Сточные воды многих производств загрязнены летучими неорганическими и органическим примесями, такими как сероводород H_2S , сероуглерод CS_2 , диоксид серы SO_2 , аммиак NH_3 , диоксид углерода CO_2 , метан CH_4 , а также меркаптанами, аминами, углеводородами, альдегидами и др. Содержание их в сточных водах составляет обычно 0,1-1,0 г/л, многие из них являются ценными химическим продуктами. Эти соединения относятся к агрессивным, они обуславливают либо усиливают коррозию металлов. Комплекс мероприятий, связанных с удалением из воды растворенных в ней газов, называют дегазацией, а очистку от дурнопахнущих веществ – дезодорацией.

Дегазацию сточных вод осуществляют химическими (с применением реагентов), физико-химическими (десорбция, дистилляция, экстракция, адсорбция) и термическими (жидкофазное окисление, парофазное окисление) методами.

Наиболее распространенным физико-химическим методом удаления растворенных газов является десорбция, осуществляемая аэрацией, в токе инертного газа, нагреванием воды, понижением давления.

Процесс десорбции – выделение растворенного газа из раствора – обусловлен более высоким парциальным давлением газа над сточной водой, чем в окружающей среде.

При пропускании инертного газа через сточную воду летучий компонент диффундирует в газовую фазу. Этот процесс на практике осуществляется путем естественной или искусственной дегазации (десорбции). Первая происходит через открытую водную поверхность, вторая – в специальных дегазаторах.

Естественная десорбция осуществляется обычно в открытых отстойниках или прудах при длительном пребывании в них сточных вод. Эффективность такой десорбции составляет от 50 % до 60 %, она зависит от температуры и влажности воздуха, скорости ветра, площади зеркала воды, глубины. Летом при повышении температуры воздуха эффективность возрастает, зимой, при низкой температуре, падает. Метод не нашел широкого применения из-за загрязнения воздуха, потери ценных веществ, низкой эффективности.

Десорбция летучих веществ в искусственных условиях проводится в токе инертного газа, выпариванием раствора или десорбцией под вакуумом. Часто эти методы комбинируют. Процесс проводят в пленочных, насадочных, барботажных и вакуумных дегазаторах. Дегазаторы представляют собой колонные аппараты, как правило, насадочного типа, работающие в условиях противотока дегазируемой воды и воздуха, подаваемого вентилятором, а также под вакуумом при одновременном подогреве воды. Могут использоваться градирни струйно-пленочного типа или барботажные пенные аппараты.

Десорбцию в токе инертного газа (азот, диоксид углерода, топочные дымовые газы и др.) широко применяют для удаления летучих примесей из сточных вод химических производств. Чаще всего десорбцию проводят в токе воздуха (аэрация) в колоннах насадочного, распылительного, барботажного типа с различными тарелками – колпачковыми, ситчатыми, каскадными, клапанными. Наиболее интенсивно процесс протекает на тарельчатых колоннах в пенном режиме, на насадочных – в режиме эмульгирования. Степень десорбции зависит от конструкции аппарата, условий проведения процесса и колеблется от 80 % до 99 %. Степень удаления примесей из сточных вод увеличивается с ростом температуры газожидкостной смеси и поверхности контакта фаз.

При десорбции нагреванием раствора в нижнюю часть десорбера (кипятильник) подается «глухой» пар. Вода при этом частично испаряется, пары движутся снизу вверх навстречу жидкости. Достоинством метода является получение летучих компонентов в концентрированном виде.

Для удаления растворенных газов из сточных вод может быть использована установка мгновенного вскипания, которая состоит из подогревателя воды и испарительной камеры. В закрытом подогревателе сточные воды нагреваются до 120°C , а затем через редукционный клапан подаются в испарительную камеру, в которой происходит и мгновенное вскипание и дегазация. Образующаяся парогазовая смесь выводится из камеры. Десорбируемое из воды вещество можно регенерировать, направив его на адсорбцию.

В случае невозможности утилизации летучих компонентов, извлеченных из сточных вод, из-за малого количества продукта, наличия трудно отделяемых примесей, отсутствия надежного метода удаления из газовой фазы, целесообразно отработанный газ после скруббера отправить на установку каталитического окисления. Процесс происходит при температуре от 280°C до 350°C с использованием в качестве катализатора пирролюзита, оксида хрома и др. Большинство органических соединений в этом случае окисляется до CO_2 и H_2O .

Для очистки от дурнопахнущих веществ, в том числе и некоторых газов (меркаптаны, амины, аммиак, сероводород, альдегиды, углеводороды) используют различные способы их дезодорации: аэрацию, хлорирование, ректификацию, дистилляцию, обработку дымовыми газами, окисление кислородом воздуха под давлением, продувку острым водяным паром, озонирование, экстракцию, адсорбцию, микробиологическое окисление.

Наиболее простым и эффективным методом удаления дурнопахнущих веществ считается десорбция (аэрация) при пропускании воздуха через сточную воду. Процесс, как и при обычной десорбции в токе инертного газа, происходит в колонных аппаратах различного типа. Удельный расход воздуха $12\text{-}15 \text{ м}^3/\text{м}^3$ сточной воды позволяет достичь эффекта очистки от 85 % до 90 %, при этом одновременно может происходить окисление загрязнений. Однако не все примеси удаляются методом аэрации и остаются в сточной воде.

Очистку от дурнопахнущих веществ можно осуществлять продувкой острым водяным паром, например, в целлюлозно-бумажной промышленности для удаления серосодержащих соединений, а также метанола и скипидара. Процесс проводят в колонных аппаратах, эффект очистки от 90 % до 100 %.

Таким же способом удаляют аммиак из сточных вод, сначала повышая pH воды до 10,8-11,5, а затем подавая в десорбер на отдувку при температуре 100°C .

Для разрушения дурнопахнущих веществ используют химические методы, которые применяют, как правило, при низкой концентрации газов в воде, невозможности или нецелесообразности их утилизации. Если растворенные газы являются окислителями, в качестве реагентов используют известковое молоко, соду, едкие щелочи, аммиак, а также различные кислоты. В тех случаях, когда растворенные газы являются восстановителями (H_2S , NH_3), дегазацию осуществляют сильными окислителями (хлор, озон) или электрохимическими методами. Дегазацию жидкими реагентами проводят в емкостных аппаратах с мешалками, а газообразные реагенты продувают через сточные воды под избыточным давлением в колоннах с насадками.

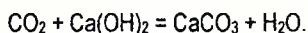
Промышленное применение имеет хлорирование дурнопахнущих веществ сточных вод. Хлором окисляются серосодержащие соединения (сероводород, метилмеркаптан).

Очистку от сероводорода можно проводить окислением кислородом воздуха при атмосферном давлении в присутствии катализатора в аэрационном бассейне, куда подают сжатый воздух. Большая часть сероводорода при этом окисляется до элементарной серы, а другая часть отдувается воздухом и поступает на очистку в адсорбер с активированным углем. Степень очистки от 95 % до 97 %. Уголь регенерируется сульфатом аммония.

Высокая степень очистки (до 90 %) может быть достигнута жидкофазным окислением сернистых веществ кислородом воздуха под давлением в щелочной среде. Окисление сероводорода идет до тиосульфата и сульфата натрия.

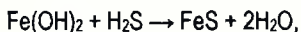
Наиболее эффективно удаление запахов из воды происходит при озонировании (или хлорировании) с дальнейшим пропусканием воды через слой активированного угля. Степень дезодорации изменяется от 80 % до 100 % и зависит от вида примесей и их концентрации. Доза озона при этом снижается по сравнению с просто озонированием.

Растворенные газы можно связать химически с последующим выделением образующегося осадка:

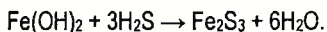


Для удаления кислорода из воды ее фильтруют через легкоокисляющиеся стальные стружки, образующиеся оксиды железа удаляют обратной промывкой.

Сероводород из воды можно удалить гидроксидом железа:
в нейтральной среде:



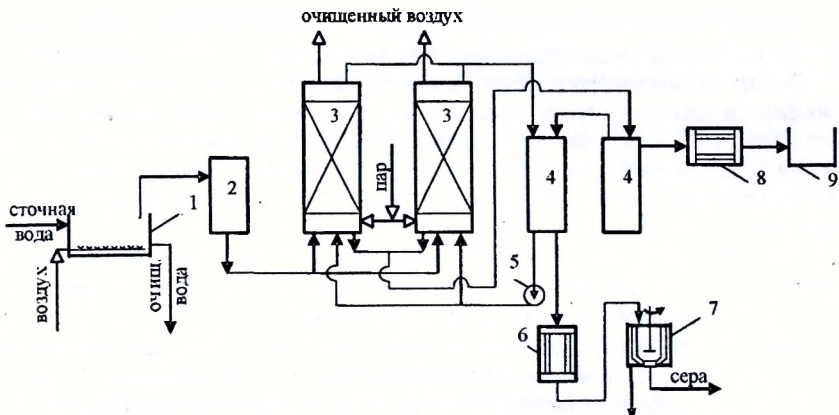
в щелочной среде:



После отстаивания можно провести регенерацию образующихся сульфидов железа до гидроксидов и вновь использовать их для очистки воды от сероводорода.

На рисунке 1 приведена схема очистки сточных вод от сероводорода на примере обработки сернистых щелоков.

Сернистые щелока обрабатывают в аэрационном бассейне 1 продувкой сжатым воздухом в присутствии катализаторов (железные стружки, графитовые материалы и др.). При этом большая часть серосодержащих соединений окисляется до элементарной серы, остающейся в воде, а часть сероводорода отдувается воздухом. Обработанную сточную воду отводят на дополнительную очистку от серы (фильтрование, флотация), а отработавший воздух с сероводородом направляется на дальнейшую очистку через брызгоуловитель 2 на адсорберы 3, загруженные активным углем. Сероуглерод поглощается сорбентом, а очищенный воздух сбрасывается в атмосферу. Для регенерации угля используют раствор сульфата аммония, подаваемый насосом 5 из емкостей 4. После окончания регенерации адсорбер продувают острым паром. Отработанный раствор сульфата аммония подают в кипятильник 6 на разделение (регенерацию), откуда суспензия серы поступает на центрифугу 7 для выделения серы. Парогазовую смесь (H_2O , NH_3 , H_2S) охлаждают и конденсируют в холодильнике 8 и направляют сборный бак 9.



1 – аэрационный бассейн, 2 – брызгоуловитель, 3 – адсорберы, 4 – емкости регенерационного раствора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 5 – насос; 6 – кипятильник, 7 – центрифуга; 8 – холодильник; 9 – бак регенерата

Рисунок 1 – Схема установки очистки сточных вод от сероводорода окислением в присутствии катализатора

1.2. Очистка сточных вод от ПАВ

Поверхностно-активные вещества (ПАВ), или детергенты, находят широкое применение в промышленности и в быту в качестве моющих средств, являясь полноценными аналогами естественных жировых мыл. Попадая со сточными водами в водоемы, они вызывают вспенивание, ухудшают органолептические свойства воды, нарушают процессы обмена кислорода, токсически действуя на фауну.

Моющие средства имеют вид порошков, жидкостей или паст. На две трети детергенты состоят из ПАВ, которые в подавляющем большинстве случаев представляют собой органические высокомолекулярные соединения, синтезируемые на основе сульфожирных спиртов. Молекулы их состоят из гидрофильной и гидрофобной частей. Гидрофобная часть молекулы всегда неполярна, обычно она является алкильной углеводородной группой. Гидрофильная часть молекулы полярна и представляет собой карбоксильную ($-\text{COOH}$), сульфатную ($-\text{SO}_4$), сульфонатную (RSO_3H) группы, а также группы ($-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-$) или содержащие азот, фосфор и др.

В зависимости от природы и структуры гидрофильной части молекул ПАВ делятся на классы: анионоактивные, катионоактивные, амфотерные и неионогенные. Принадлежность ПАВ к одному из перечисленных классов определяется зарядом ионизированной части молекул.

Анионоактивные ПАВ представляют собой карбоновые кислоты $-\text{COOH}$ и их соли, которые образуются алкильными $(\text{R})-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$ или арильными $-\text{C}_6\text{H}_5$, $-\text{CH}_3(\text{C}_6\text{H}_4)$ группами; а также алкилсульфонаты RSO_3Na , алкиларилсульфонаты $\text{RC}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{Na}$, алкилсульфаты RSO_4Na и др. Являясь сильными органическими электролитами, практически полностью диссоциирующими в водных растворах, они мало чувствительны к действию электролитов – солей жесткости воды и к влиянию pH.

К катионоактивным веществам относятся диссоциирующие в водных растворах соли длинноцепочечных алифатических первичных, вторичных и третичных аминов (например, $\text{RNH}_2\text{H}^+\text{Cl}^-$), четвертичные аммониевые основания (NH_2^+ , NH_3^+ , NH_4^+).

В группе неионогенных ПАВ наибольшее значение имеют продукты оксизтирования (эфиры) длинноцепочечных жирных кислот, спиртов, аминов, алкилфенолов. К этим же веществам относятся простые и сложные эфиры многоатомных спиртов и длинноцепочечных жирных кислот. Они не диссоциируют в растворах, их молекулы содержат несколько полярных групп.

Амфотерные ПАВ способны проявлять, в зависимости от условий, как кислотные, так и основные свойства.

Детергенты широко применяются в текстильной промышленности при обработке хлопчатобумажных и шерстяных тканей, в производстве искусственного волокна. Их используют при обработке мехов, в процессе обезжиривания металлов перед нанесением покрытий (эмалей), для изготовления искусственного каучука, красок и т.д.

ПАВ обладают резко выраженными поверхностными свойствами на границе раздела с другими фазами, что определяет их технологические свойства и прежде всего способность изменять смачиваемость водой твердых тел и устойчивость дисперсных систем – эмульсий, пен и суспензий и, как следствие, способностью отмыывать загрязнения, т.е. моющим действием.

В присутствии солей молекулы детергентов способны образовывать мицеллы. Механические загрязнения, масла и другие примеси, имеющиеся в растворе, вовлекаются внутрь мицеллы, что и определяет моющий эффект ПАВ. Практически все моющие растворы обладают способностью в определенных условиях создавать пену. Практика работы существующих очистных сооружений свидетельствует о неблагоприятном влиянии ПАВ, особенно синтетических, на качество очистки сточных вод. Большинство их практически не окисляются биохимическим путем, снижают окисляемость биологических очистных сооружений, тормозят развитие активного ила, замедляют процессы нитрификации. Пенообразование отрицательно сказывается и на других процессах очистки сточных вод: выпаривании, ионном обмене, электродиализе, коагуляции и др. При осаждении эффект очистки уменьшается от 7% до 10%.

Попадая в водоемы, ПАВ нарушает их санитарный режим: истощается запас растворенного в воде кислорода, повышается концентрация нефтепродуктов за счет эмульгирования последних в поверхностных пленках мицелл. ПАВ оказывает токсическое действие на животных и обитателей водоемов. В основу ПДК для детергентов положен не токсический эффект, а пенообразующая способность, изменяющая санитарный режим водоема. Величины ПДК колеблются в очень широком диапазоне от тысячных долей мг/л до нескольких мг/л в зависимости от вида ПАВ и категории водопользования: ПДК_{мин} = 0,001 мг/л, ПДК анионоактивных ПАВ менее 0,5 мг/л, неионогенных – 0,05-0,1 мг/л.

Удаление ПАВ из сточных вод можно производить различными методами: механическими, физико-химическими, химическими, тепловыми, электрохимическими и биохимическими.

Механические методы предусматривают ликвидацию пены, образовавшейся из ПАВ и пузырьков воздуха, с помощью брызгальных устройств (душирование), лопастных колес, вращающихся перпендикулярно к течению потока и как бы вминающих, вдавливающих пену в жидкость; специальных масел, покрывающих поверхность воды и препятствующих образованию пены. Но механические методы, подавляя или ликвидируя образовавшуюся пену, не удаляют ПАВ из воды.

Для извлечения ПАВ из воды наиболее подходящими являются физико-химические методы. Среди них сорбция активированными углями, различными неорганическими осадками (гидроксидами алюминия и железа), ионообменными смолами; пенное фрак-

ционирование (флотация воздухом или другими газами). Для извлечения ПАВ из воды изучались обратный осмос и экстракция. Из физико-химических методов наиболее известны различные виды флотации.

Для катионо- и анионоактивных ПАВ можно использовать ионный обмен с предварительной очисткой коагуляцией и фильтрованием. Рекомендуемая технологическая схема глубокой очистки от ПАВ включает коагулирование сернистым алюминием, отстаивание, фильтрование на песчаных фильтрах, сорбцию на угольных фильтрах.

Весьма перспективно использование обратного осмоса в сочетании с механическими (отстаивание, центрифугирование, фильтрование), физико-химическими (коагуляция и флокуляция) методами и выпариванием.

Из термических методов для извлечения ПАВ применяют упаривание, вымораживание, мокрое сжигание.

Из электрохимических методов известна флотация-коагуляция с растворимыми электродами.

Полного разрушения ПАВ можно добиться химическими методами – озонированием и радиационно-химическим окислением.

Уменьшение загрязненности водоемов ПАВ может быть достигнуто также за счет производства таких моющих средств, которые легко поддаются биохимическому окислению (биологически мягкие ПАВ). Для биохимической очистки применяют азотенки промежуточного типа с механической аэрацией и высокой рабочей дозой активного ила.

Выбору метода очистки должно предшествовать определение природы ПАВ и их состояние в водной фазе (ионное, молекулярное, мицеллярное), возможность взаимодействия с компонентами сточных вод.

Наиболее эффективными способами очистки от ПАВ из всех рассмотренных являются физико-химические. Для них значительно меньше капитальные затраты по сравнению с биохимическими методами, и к тому же последние пригодны для очистки далеко не всех видов ПАВ, некоторые из них практически не подвергаются биохимическому окислению.

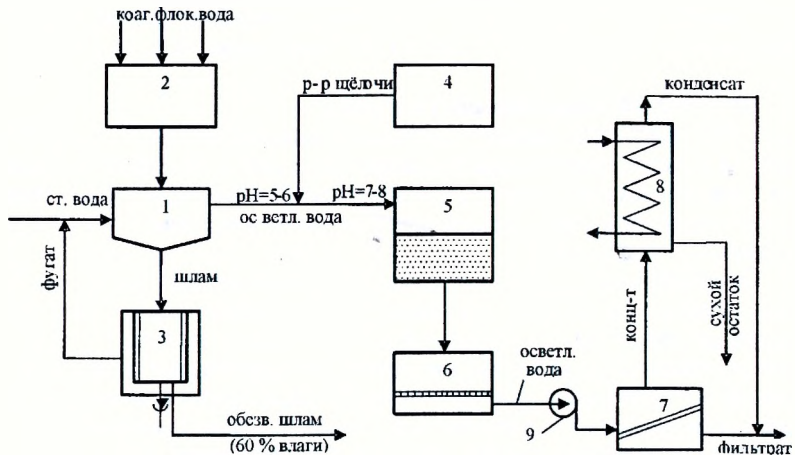
Сточные воды с ПАВ нельзя очистить каким-нибудь одним способом (за исключением выпаривания или полного окисления подходящим окислителем); обычно используется комбинированная обработка группой методов, чередующихся в определенном порядке.

Для очистки сточных вод металлургических производств, содержащих ПАВ, используется механическая флотация с добавлением в качестве флотационных реагентов серной кислоты, отработанных травильных растворов, известкового молока. Степень очистки составляет от 98,4 % до 99,0 %. Весьма эффективен метод коагуляции с применением в качестве коагулянта солей цинка. Совместное применение коагуляции и сорбции на активном угле обеспечивает почти полное изъятие ПАВ из воды.

Сточные воды производств легкой промышленности рекомендуют очищать электрохимическим методом флотации – коагуляции. По сравнению с существующими методами химического коагулирования он имеет ряд преимуществ: более высокая степень очистки, отсутствие реагентов, меньший объем и площадь сооружений (в 2–3 раза по сравнению с реагентным), возможность полной автоматизации, меньший объем и влажность шлама. Смесь ПАВ и красителей может быть удалена флотосорбционным методом. Напорная флотация осуществляется с добавлением коагулянта (FeSO_4) и катионного флокулянта. Флотоконденсат обрабатывается в реакторе с пылевидным активным углем, а затем осветляется в отстойнике и фильтре. Очищенная во флотаторе вода нейтрализуется известковым молоком и отстаивается.

Схема станции очистки сточных вод предприятий легкой и химической промышленности от красителей и ПАВ приведена на рисунке 2.

В технологической схеме очистки используется сочетание обратного осмоса, механических методов (отстаивание, центрифугирование, фильтрование), коагуляции с флокуляцией, а также выпаривание. Процесс очистки включает стадии предочистки, обратноосмотического разделения, обработки шлама и концентрата.



- 1 – узел разделения суспензии (отстаивание); 2 – реагентная установка (для приготовления растворов коагулянта и флокулянта); 3 – узел уплотнения осадка (центрифугирование); 4 – узел приготовления щелочного раствора; 5 – зернистые фильтры; 6 – микрофильтры; 7 – обратноосмотическая установка; 8 – выпарная установка; 9 – насос высокого давления

Рисунок 2 – Станция комплексной очистки сточных вод от красителей и ПАВ

Сточная вода поступает в отстойник 1 куда для повышения эффективности отстаивания добавляется раствор коагулянта и флокулянта из реагентной установки 2. В отстойнике происходит удаление крупных взвешенных частиц, основной части красителя и частично ПАВ. Осадок из отстойника направляется в центрифугу 3, откуда обезвоженный шлам с влажностью 60 % идёт на утилизацию или захоронение, а фугат возвращается в отстойник 1.

Осветлённая вода с pH=5-6 после отстойника подщелачивается из узла приготовления щелочного раствора 4 до pH=7-8 и поступает на зернистые фильтры 5 для задержания взвесей размером до 10 мкм. Затем, пройдя микрофильтры 6, где удаляются взвешенные частицы с размером до 5 мкм, вода насосом высокого давления 9 направляется в обратноосмотическую установку 7 для задержания растворённых красителей, ПАВ и минеральных веществ.

Концентрат с мембранной установки поступает на выпарной аппарат 8, из которого отводится сухой остаток на утилизацию или захоронение. Конденсат, образовавшийся в процессе выпаривания, смешивается с фильтратом обратноосмотической установки и используется в производственных процессах.

Регенерация мембран проводится мойкой химическими растворами, приготовленными на основе фильтрата. Отработанный моющий раствор поступает на очистку вместе с исходной водой.

1.3. Удаление из воды биогенных элементов

К биогенным элементам, находящимся в воде, относятся соединения азота и фосфора. Проблемы удаления азот- и фосфорсодержащих соединений возникают в связи с ухудшением качества воды в естественных водоемах, вызванного эвтрофикацией из-за избыточного количества питательных элементов в поверхностных слоях воды. Это в свою очередь вызывает усиленный рост водорослей и макрофитов. Водная растительность мешает прохождению света вглубь водоема, потребляет растворенный кислород и приводит к ухудшению самоочищающей способности водоема.

Очистка от азотсодержащих веществ

Соединения азота находятся в сточных водах предприятий азотной, химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, резиновой и др. отраслей промышленности. Содержание азота в сточных водах может колебаться в значительных пределах. Он может находиться в воде в виде нитритов, нитратов, солей аммония, азотсодержащих органических соединений.

Для очистки сточных вод от азота могут быть использованы физико-химические (отдувка аммиака, ионный обмен, адсорбция активным углем с предварительным хлорированием, деминерализация – обратный осмос, дистилляция, экстракция), электрохимические (электролиз, электродиализ), химические (озонирование, восстановление) и биологические (нитрификация и денитрификация) методы. Отдувка аммиака, ионный обмен, нитри- и денитрификация применяются в практике локальной очистки и доочистки сточных вод, остальные методы используются в широком диапазоне концентраций азота.

Для правильного выбора метода очистки необходимо знать формы соединений азота (аммонийный, общий, нитратный, нитритный) и их количество.

Азот в виде аммиака и солей аммония присутствует в сточных водах производства аммиака, карбамида, аммиачной селитры. ПДК на соединения аммония колеблются от 5 мг/л для хлорнокислого аммония до 0,1 мг/л для роданистого аммония. Имеются сведения о влиянии аммиака на рыб при концентрации его в водоеме 0,006-0,008 мг/л.

Аммиак можно извлечь из воды отдувкой воздухом при $pH=10-11,5$. Эффективность удаления зависит от температуры воды; растворимость аммиака увеличивается при понижении температуры, поэтому зимой удаляется от 30 % до 50 %, летом до 98 %. Для отдувки воду подщелачивают, например, известью и подают ее на сооружения типа градирен, которые могут быть заполнены насадкой. Воздух с аммиаком пропускается через раствор серной кислоты с целью получения 10 %-го раствора сульфата аммония или поглощают водой для получения аммиачной воды, используемой в качестве удобрений. При этом аммиак не загрязняет атмосферы.

Для удаления аммиака используют процесс адсорбции–хлорирования. Сначала сточную воду с аммиаком хлорируют, при этом образуется хлорамины. Так как все соединения хлора с аммиаком токсичны, необходимо провести сорбцию хлора и хлораминов активным углем, фильтруя воду через слой угля. Дихлорамин реагирует с углем с образованием азота.

При низких концентрациях ионов аммония и нитратов в сточных водах их трудно извлечь с помощью ионного обмена. Единственным материалом, обладающим чрезвычайно высокой избирательной способностью по отношению к ионам аммония, является природный ионообменный материал – клиноптилолит, относящийся к классу цеолитов. Перед

подачей воды на клиноптилолитовые фильтры из нее удаляют взвешенные вещества путем коагуляции и фильтрования. Эффект очистки от 90 % до 97 % при концентрации аммиака в сточных водах не более 100-150 мг/л. Для регенерации используют (5-10) %-й раствор хлористого натрия или известкового молока, после чего загрузку отмывают водой. Выделяющийся из раствора аммиак (при проведении процесса в щелочной среде) поглощают серной кислотой; образующийся при этом сульфат аммония может быть использован в качестве удобрения.

Для удаления азотсодержащих органических соединений применяют различные виды перегонки, экстракцию, адсорбцию.

Дистилляцию используют для выделения анилина из анилиновой воды.

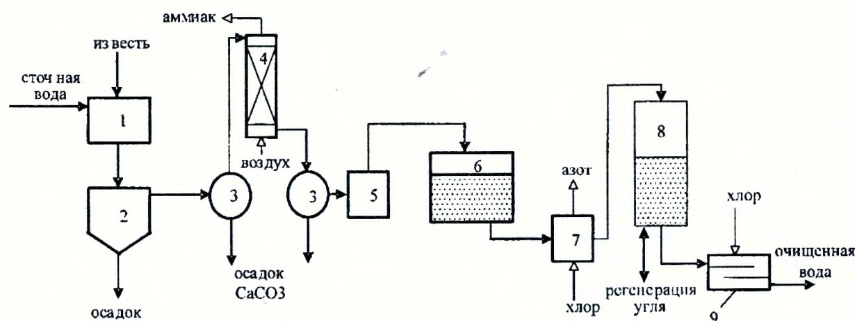
Один из широко применяющихся методов очистки азотсодержащих органических соединений – экстракция. При правильном выборе экстрагентов с высоким коэффициентом распределения можно извлечь до (99-99,5) % целевых продуктов. Бутилацетатом удаляют из сточных вод капролактан, бензолом – нитробензол; нитробензол, в свою очередь, применяют для экстракции анилина.

В значительных масштабах для извлечения органических азотсодержащих веществ из сточных вод используют адсорбцию на активированном угле. Адсорбент подвергают термической деструктивной регенерации при температуре от 800°C до 1000°C. Такая очистка эффективна практически для всех азотсодержащих органических соединений.

Электрохимический метод используется для удаления аммонийного азота при совместном присутствии с ортофосфатами. Процесс проводят в электролизере при наличии в воде гидроксида магния, который с ионами фосфора и аммиака образует нерастворимую комплексную соль. В качестве электродов применяют пластинчатый графит (анод) и нержавеющую сталь (катод).

Применение озонирования целесообразно лишь в случаях перехода аммонийного азота в нитратную форму. Аммиак полностью окисляется в нитрат, в результате уменьшается расход кислорода на окисление. Эффективного удаления аммиака при этом можно достичь только при поддержании щелочной среды.

Схема удаления аммиака из воды представлена на рисунке 3.



- 1 – емкость для смешения и коагуляции; 2 – первичный отстойник; 3 – рециркуляторы;
 4 – башни для воздушной отдувки аммиака; 5 – усреднитель; 6 – микрофильтеры;
 7 – окислительная емкость; 8 – угольные адсорберы; 9 – смеситель с хлором

Рисунок 3 – Схема удаления аммиака из воды

Способ удаления аммиака основан на отдувке из раствора воздухом при $pH=11$, с дальнейшей доочисткой воды фильтрованием, окислением и адсорбцией. Сточная вода поступает в ёмкость 1, куда подаётся известь для осаждения фосфатов в процессе коагуляции. Фосфаты в виде осадка удаляются в отстойнике 2, вода из него насосами перекачивается в рекарбонизатор 3 для удаления карбоната кальция, затем в верхнюю часть колонны 4 для воздушной отдувки аммиака. Нагнетаемый воздух пропускают через загрузку для извлечения аммиака из капель воды, которая равномерно распределяется по ее загрузке. В зимнее время растворимость аммиака возрастает, что снижает эффективность его удаления и может привести к необходимости подогрева башен.

Простота этого процесса делает его наиболее дешевым методом удаления аммиака в тех случаях, когда предварительно извлекают фосфор путем обработки сточной воды известью. Таким образом, с помощью воздушной отдувки можно добиться 95 %-го удаления аммиачного азота, расходуя 3000 л воздуха на 1 л сточной воды.

Далее вода, пройдя второй рекарбонизатор, усредняется в усреднителе 5 и подаётся на фильтр 6 для извлечения мелкодиспергированных взвесей. Нитратный азот, образующийся в процессе биологической очистки, не поддается воздушной отдувке, его удаляют окислением хлором в ёмкости 7, откуда образовавшийся молекулярный азот поступает в атмосферу. Далее вода направляется на угольные адсорберы 8 для уменьшения содержания в ней растворённых органических веществ. Очищенная вода подвергается обеззараживанию хлором в смесителе 9.

Нитрификация и денитрификация

Нитрификация и денитрификация представляют собой биологический метод очистки сточных вод от соединений азота. Процесс нитрификации является совокупностью реакций биологического окисления нитрифицирующими бактериями аммонийного азота до нитритов, а потом до нитратов. Он протекает в две стадии, на первой – аммоний окисляется до нитритов, на второй – нитриты окисляются до нитратов. Оптимальная величина pH нитрификации 6-9.

Денитрификация – процесс восстановления нитритов и нитратов под действием денитрифицирующих бактерий до свободного азота, который выделяется в атмосферу. При этом связанный кислород отщепляется от нитритов и нитратов и вновь расходуется на окисление органических веществ до CO_2 и H_2O .

При денитрификации обеспечивается очистка сточных вод одновременно от биологически окисляемых органических соединений и от соединений азота (NO_2^- и NO_3^-) оптимальная реакция среды нейтральная или слабощелочная. Денитрификация – процесс многостадийный и может протекать с образованием аммиака, молекулярного азота, либо оксидов азота.

В качестве органического субстрата могут быть использованы любые биологически окисляемые органические соединения (углеводы, спирты, органические кислоты, продукты распада белков и т.д.). Необходимое соотношение величины БПК в сточных водах к нитратному азоту примерно равно 4:1.

Процесс денитрификации может быть осуществлен и без органического субстрата путем автотрофной денитрификации восстановленных форм соединений серы. Автотрофная денитрификация обусловлена присутствием специфических серных (тионовых) бактерий, которые могут окислять различные соединения, содержащие восстановленные формы серы, и одновременно восстанавливают нитраты до газообразного азота. Для образования клеточного вещества в этом случае используется неорганический углерод.

Тионовые бактерии разлагают сероводород, серу, тиосульфат и другие серосодержащие соединения до конечного продукта окисления (серная кислота или сульфаты).

Для процессов нитрификации и денитрификации могут применяться традиционные сооружения биохимической очистки – аэротенки различного типа с регенераторами и без них и биофильтры.

При этом процессы можно осуществить двумя способами: комбинированные и отдельные системы очистки. В комбинированных системах в одном сооружении предусматривается проведение нитрификации и денитрификации, а в отдельных – только нитрификация или денитрификация.

В отдельных системах процессы осуществляется специфическими илами; после каждой ступени имеется свой вторичный отстойник. Последовательность отдельных стадий может быть самая разнообразная. Процесс очистки характеризуется высокими скоростями, легкостью управления и устойчивостью. Недостаток – наличие дополнительных вторичных отстойников, требующих насосов для перекачивания циркулирующего ила.

Для повышения биологической дефосфотации создают условия для развития в составе активного ила фосфорных бактерий. Для этого в системе выделяют анаэробные и аэробные зоны, которые поочередно проходит активный ил. В аэробных условиях фосфорные бактерии поглощают из сточной воды много фосфатов в виде полифосфатов и ортофосфатов. Фосфор откладывается в клетках в виде гранул полифосфатов, которые служат источником энергии для размножения и роста фосфорных бактерий.

Другой способ интенсификации заключается в размещении в бескислородных зонах аэротенка плоскостной загрузки, на которой вырастает биопленка специфического микробного ценоза, устойчивая к неблагоприятным воздействиям, при этом увеличивается стабильность процесса кислотного сбраживания и уменьшается риск срыва биологической дефосфотации. Присутствие плоскостной загрузки в аноксидной зоне интенсифицирует и стабилизирует процесс денитрификации.

В комбинированных системах нитри- и денитрификация осуществляется в одном сооружении смешанной коагуляцией микроорганизмов. Активный ил отделяется в отдельно стоящем или совмещенном илоотделителе. В зависимости от концентрации примесей сточных вод используют две или три ступени очистки применяя двухилую или одноилую систему с рециркуляцией ила или без нее.

Процессы нитри- и денитрификации могут проходить в естественных условиях в биологических прудах. Наиболее эффективно они работают в летнее время.

Очистка от фосфорных соединений

Соединения фосфора попадают в сточные воды при производстве суперфосфата, экстракционной фосфорной кислоты, термической фосфорной кислоты, фосфора и др. Основным источником фосфора в производственных сточных водах являются синтетические ПАВ. В сточных водах фосфор встречается в виде ортофосфатов, полифосфатов, фторсодержащих органических соединений и элементарного фосфора в основном в виде взвешенных частиц. ПДК для соединений фосфора колеблется в очень широких пределах, для фосфорорганических соединений (инсектицидов) она составляет от 0,001 до 0,4 мг/л.

Часто в сточных водах химических производств одновременно присутствуют соединения азота и фосфора. Являясь биогенными элементами, в случае превышения ПДК, они могут вызвать эвтрофикацию (бурное развитие водорослей) водоемов или биологическое обрастание в системах оборотного водоснабжения.

Стоимость очистки от соединений азота значительно выше, чем от соединений фосфора. Поэтому при сбросе воды в водные объекты целесообразно удалять из нее соединения фосфора, вследствие чего нарушается естественный баланс между углеродом, азотом и фосфором, что предотвращает эвтрофикацию. При концентрации фосфора в воде водоема менее 0,001 мг/л эвтрофикация не наблюдается.

Для извлечения из воды фосфора могут быть использованы механические, физико-химические, электрохимические, химические и биологические методы, а также их комбинации.

Методом механической очистки можно удалить фосфор, находящийся в воде в виде суспендированных частиц. Фосфорсодержащие частицы шлама отделяются от сточной воды в отстойниках различных конструкций, а также гидроциклонах. Для очистки сточных вод от фосфора можно использовать методы, основанные на окислении взвешенных и растворенных частиц фосфора кислородом воздуха, хлором или другими окислителями. Далее вода нейтрализуется известковым молоком с осаждением взвешенных веществ. Эффективность процесса отстаивания невелика: от 60 % до 80 % за 2 ч, 90 % за 4 ч.

Для очистки от фторфосфатов наибольшее распространение получил реагентный метод – путем выделения их в виде нерастворимых солей кальция, железа, алюминия, представляющих собой мелкодиспергированный коллоидный осадок фосфата.

Для очистки от ортофосфатов используется схема очистки от фосфорного шлама, включающая отстойник (отстаивание 1 ч) и два последовательно установленных напорных гидроциклона, которая обеспечивает (80-85) %-е осветление. Для интенсификации процесса осаждения частиц фосфора используют коагулянты ($Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_2$) и флокулянты (полиакриламид). Применение коагулянтов позволяет повысить эффект очистки до 98 %, а флокулянтов увеличить производительность примерно в 2 раза.

Образующийся фосфорный шлам, содержащий от 10 % до 30 % фосфора, направляется на сжигание или установку дистилляции (упаривания).

В то же время химический реагент взаимодействует со щелочами, содержащимися в воде, образуя осадок из крупных хлопьев. Этот осадок вызывает коагуляцию мелкодисперсного коллоидного фосфата и взвешенных веществ, а также адсорбирует некоторую часть органических соединений, содержащих фосфор. В качестве реагентов чаще всего используют соли алюминия и железа, реже - известь.

В качестве реагентов можно применять отработанные травильные растворы, при этом необходимо добавлять известь или едкий натр для создания оптимального значения pH среды. Процесс очистки улучшает добавление флокулянтов, например, ПАА в дозе 0,5-1,0 мг/л.

Из физико-химических методов очистки от растворенных соединений фосфора можно использовать адсорбцию на доломите или волокнистом материале, с нанесенным на него гранулированным оксидом магния.

Методом кристаллизации можно вырастить кристаллы фосфатов в сточных водах на центрах кристаллизации с последующим удалением из системы. Кристаллизация осуществляется на фильтрах или во взвешенном слое с затравочным материалом из минералов, содержащих фосфат кальция, костяной уголь, шлак доменных печей и др.

При осуществлении электрокоагуляционно-флотационного метода очистки от фосфатов используют алюминиевые и железные электроды.

Однако удаление фосфора химическими и физико-химическими способами в настоящее время ограничено из-за их недостатков: высокая стоимость реагентов, вторичные загрязнения после применения коагулянтов.

Сточная вода, содержащая биогенные элементы, поступает в отстойник 1, где из неё осаждаются взвеси, отводимые в накопитель осадка 6, куда также подаются твёрдые органические отходы для дальнейшей совместной обработки.

Осветлённая вода в смесителе 2 смешивается со сливом (жидкостью отделённой от кристаллов) и поступает в другой смеситель 3 для перемешивания с циркулирующим активным илом. Иловая смесь направляется в аэротенк 4 на процесс аэробной биохимической очистки. Во вторичном отстойнике 5 очищенная вода отделяется от активного ила и может быть повторно использована в производстве. Активный ил разделяется на два потока – циркулирующий через смеситель 3 возвращается на процесс биохимической очистки в аэротенк 4, избыточный активный ил идёт для анаэробного сбраживания в метантенк 8. Удаление фосфора происходит с избыточным илом и иловой водой, образующейся в сооружении для анаэробной обработки ила. Осадок из отстойника 1 вместе с твёрдыми органическими отходами также поступает в метантенк 8, пройдя предварительно ферментер 7 (биологический реактор). Сброженный в метантенке осадок подвергается обезвоживанию механическим способом в центрифуге или фильтр-прессе 9. Обезвоженный осадок (кек) выводится на утилизацию, а раствор идёт в кристаллизатор 10 для выделения кристаллов фосфатов с последующим их удалением из системы. Слив смешивается с исходной водой и проходит с ней совместную очистку в аэротенке.

Очищенную от фосфорных соединений воду можно повторно использовать в производстве фосфора и фосфорной кислоты, что позволяет создать принципиальную схему "бессточного" производства фосфора. Свежая вода при этом расходуется только на подпитку системы оборотного водоснабжения, а также для водоснабжения котельной, лаборатории и на бытовые нужды.

1.4. Очистка сточных вод от минеральных масел

Минеральные или нефтяные масла представляют собой жидкие смеси высококипящих углеводородов (от 300°С до 600°С), получаемых переработкой нефти.

По областям применения эти же масла подразделяются на смазочные, электроизоляционные и консервационные. Для придания необходимых свойств в нефтяные масла часто входят присадки. На основе нефтяных масел получают пластичные и технологические смазки, специальные жидкости, например, смазочно-охлаждающие, гидравлические, индустриальные, моторные.

Минеральные масла попадают в сточные воды предприятий машиностроительной промышленности в механосборочном производстве при механической обработке деталей с применением смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), а также при обезжиривании и мойке поверхностей деталей и узлов в окрасочном, гальваническом и механосборочном производствах, где используются моющие и обезжиривающие растворы. СОЖ, охлаждая и смазывая оборудование, находятся в технологическом замкнутом цикле. Постепенно СОЖ загрязняются взвешенными веществами, минеральными солями и приобретают неприятный запах вследствие развития в них сульфатредуцирующих анаэробных бактерий. СОЖ заменяют свежими по истечении срока их службы, который изменяется от 3-7 до 30 дней и более.

Маслосодержащие сточные воды машиностроительных предприятий можно разделить на две группы:

1) отработанные моющие и обезжиривающие растворы, содержащие до 7 г/л эмульгированных масел;

2) отработанные СОЖ с концентрацией эмульгированных масел 10-16 г/л.

Оба потока сточных вод представляют собой эмульсию типа масло-вода, но отличаются по химическому составу, степени дисперсности примесей. Наиболее тонко диспергированы частицы масла в сточных водах, содержащих СОЖ, в то время как моющие и обезжиривающие растворы содержат более крупные частицы.

При перекачивании сточных вод насосами происходит дополнительное диспергирование частиц масла и образование более тонкой и устойчивой эмульсии. Поэтому целесообразно оба потока подвергать очистке отдельно, так как отработанные СОЖ требуют более сложной очистки, а очистка моечных растворов должна обеспечивать удаление из них только масла без изменения ионного состава воды, что позволяет вернуть их в процесс мойки и обезжиривания. В последнем случае могут быть использованы широко применяемые для очистки маслосодержащих сточных вод реагентные методы.

Существующие в настоящее время технологии регенерации отработанных масел с использованием кислот, щелочей, отбеливающих глин, как правило, сложны, многозатратны и экологически небезопасны. Вместе с загрязнениями при этом удаляются и присадки, что не позволяет повторно использовать масла по прямому назначению.

Для моющих и обезжиривающих растворов применяют трехступенчатую очистку:

на I ступени сточные воды проходят отстойник – нефтеловушку, где очищаются от неэмульгированных масел и взвешенных веществ;

на II – электрокоагулятор-электрофлотатор, в котором происходит разрушение эмульсий и выделение масел. Концентрация масел снижается до 50 мг/л, взвешенных веществ – до 20 мг/л;

на III ступени очистки сточные воды используются сепараторы или фильтры, после чего содержание масел не превышает 20 мг/л и вода может быть возвращена в производство. В качестве фильтрующего материала можно использовать древесную стружку, которая по мере загрязнения сжигается, гранулированный полиэтилен высокого давления, очищенный кварцевый песок, волокнистые материалы

Однако такая очистка имеет и свои недостатки: образуется большое количество плохо обезвоживаемого осадка и возникает проблема его утилизации, исключается возможность регенерации масел. Поэтому продолжается поиск более простых и эффективных сооружений. Разработан маслоотделитель, обеспечивающий постепенное поэтапное удаление частиц различной степени дисперсности. Моющие и обезжиривающие растворы с содержанием масла до 20 мг/л после корректировки состава возвращаются на повторное использование, а отделенные масла частично регенерируют, а частично подвергают термической утилизации.

Разработаны сепараторы с жидкими коагисцентными фильтрами, контактная масса вещества которого представляет собой одну из жидкостей или обе жидкости, входящие в состав эмульсии (минеральные масла, нефть). Эти сепараторы разделяют на 99 % неустойчивые эмульсии любого состава с разными концентрациями и могут применяться для очистки моющих растворов ремонтных предприятий, разделения смазочных масел от охлаждающей оборотной жидкости в машиностроении, строительной индустрии и т.д.

Применяется процесс очистки и восстановления отработанных масел различных групп путем подогрева в реакторах в «щадящем» режиме с добавлением коагулянта, осаждением загрязнений масла (механических примесей), грубая и тонкая очистка масла центрифугированием.

Отработавшие смазочно-охлаждающие жидкости подвергаются локальной очистке с помощью реагентно-флотационного, реагентно-сепарационного, электрокоагуляционного и гиперфильтрационного (обратный осмос) методов.

Для разрушения отработанных СОЖ обычно применяют реагентные методы, что значительно увеличивает минерализацию осветленной воды.

При проектировании замкнутых систем водоснабжения необходимы как разработка эффективных методов стабилизационной обработки эмульсий, увеличивающих срок их годности, так и разработка способов регенерации или переработки отработанных СОЖ. Для разрушения отработанных СОЖ наиболее целесообразно применение методов электрокоагуляции или комбинированного реагентно-электрокоагуляционного, обеспечивающих возможность повторного использования осветленной воды. Деструктивную очистку отработанных СОЖ следует рассматривать как временную меру, применяемую до разработки рациональных способов их регенерации или переработки.

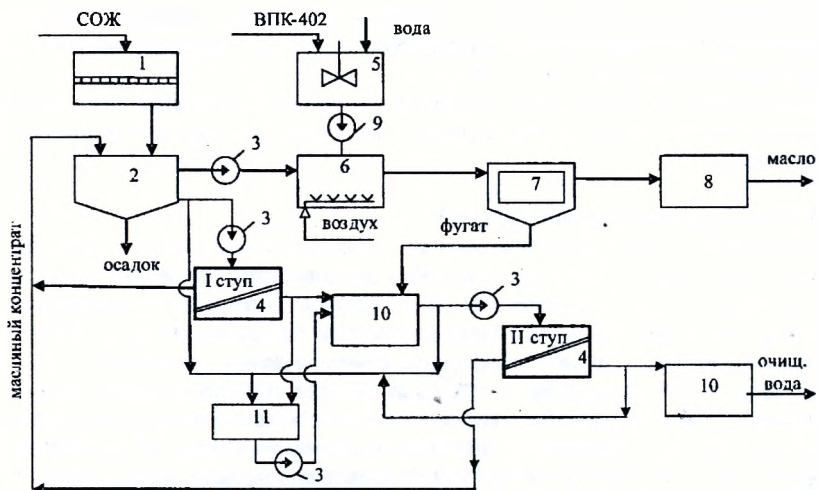
Реагентно-флотационный метод используется с добавлением в количестве 1-3 г/л сернокислого алюминия. Отработавшие эмульсии после предварительного отстаивания, удаления осадка и свободных масел подают во флотационные камеры флотатора, где происходит разрушение и выделение эмульгированных масел в пену, которую удаляют. Содержание масел в стоках после такой очистки обычно составляет до 100 мг/л. Снижение их концентрации до 20-25 мг/л может быть достигнуто многократной напорной флоатацией.

В процессе реагентно-сепарационного метода (центрифугирования) разрушение эмульсии происходит в результате центробежного разделения частиц различной плотности. Перед сепарацией в эмульсию следует добавлять серную кислоту. Концентрация масел в очищенном стоке составляет 25-50 мг/л.

Электрокоагуляционный метод применим для разрушения как отработанных эмульсий, содержащих эмульсолы, так и более стойких эмульсий. Такую очистку целесообразно производить в электролизерах с применением алюминиевых электродов по следующей схеме: предварительное отстаивание и усреднение стока – удаление осадка и свободных масел – подкисление до $\text{pH}=5-6$ – обработка в электролизере с удалением пены – отстаивание – фильтрование. При очистке по такой схеме остаточное содержание масел в стоке составляет 15-20 мг/л.

При использовании обратного осмоса эмульсия предварительно подвергается отстаиванию и фильтрованию; остаточное содержание масел в очищенной воде 15-20 мг/л, а в полученных концентратах – 150-500 г/л. Этим методом можно разрушать стойкие эмульсии.

При ультрафильтрационно-флокуляционном способе рекуперации СОЖ используются динамические мембраны, образуемые на пористых керамических подложках. Для разделения выделенного в процессе ультрафильтрации отработанных СОЖ масляного концентрата целесообразно применение метода флокуляции с использованием флокулянта (ВПК-402, ПАА). Технологическая схема разделения отработанных СОЖ приведена на рисунке 5.



1 – сетчатый фильтр; 2 – ёмкость-отстойник; 3 – насос; 4 – трубчатый ультрафильтр;
 5 – бак рабочего раствора; 6 – смеситель; 7 – сепаратор; 8 – маслобсорник;
 9 – дозатор; 10 – ёмкость воды; 11 – бак промывных вод
Рисунок 5 – Схема разделения отработанных СОЖ

Схема предназначена для очистки сточных вод механосборочного производства и включает двухступенчатую ультрафильтрационную установку, обработку флокулянтном и отделение образующегося масляного концентрата центрифугированием (сепарацией). Отработанные смазочно-охлаждающие жидкости, содержащие от 1 % до 2 % масла, поступают на сетчатый фильтр 1 для удаления крупных механических примесей, например, стружки, а затем в ёмкости-отстойнике 2 смешиваются с масляным концентратом, выделенным на I и II ступенях ультрафильтрационной установки 4. Ёмкость-отстойник 2 служит для предварительного разделения отработанного раствора на масляный концентрат и воду.

Масляный концентрат насосом 3 перекачивается в смеситель 6, где перемешивается с раствором флокулянта, приготовленным в баке рабочего раствора 5, откуда он дозируется дозатором 9. Из смесителя масляный концентрат поступает в сепаратор 7, где под действием центробежного поля разделяется на масло и фугат. Масло собирается в маслобсорнике 8 и возвращается в производство для приготовления СОЖ. Фугат смешивается с фильтратом I ступени ультрафильтрационной установки и вместе с ним направляется на II ступень ультрафильтрации.

Вода из ёмкости 2 насосом 3 перекачивается на двухступенчатую ультрафильтрационную установку 4 с динамическими мембранами, образующимися на пористых керамических подложках. На установке происходит разделение на масляный концентрат, возвращаемый на смешение с исходной СОЖ в ёмкости-отстойник 2, и воду, направляемую насосом 3 на II ступень ультрафильтрационной установки 4.

Масляный концентрат, как и после I ступени, возвращается в отстойник 2, очищенная вода собирается в ёмкости 10 и возвращается в производство. В баке промывных вод 11 находится вода для промывки ультрафильтрационных установок, в качестве ко-

торой используются смесь фильтратов I и II ступени мембранной установки и фугат сепаратора. В бак 11 также собирается раствор после промывки, направляемый для очистки на вторую ступень установки.

Рассматриваемая безотходная технология разделения отработанных СОЖ может быть использована на машиностроительных, металлообрабатывающих и смежных предприятиях.

1.5. Обесфеноливание сточных вод

Фенольные сточные воды образуются при производстве самого фенола, в лакокрасочной промышленности, где фенол является растворителем, при производстве синтетических смол, в коксохимическом и др. производствах. Указанные сточные воды содержат собственно фенол C_6H_5OH , а также его гомологи: одноатомные - крезол C_7H_7OH , ксиленол C_8H_9OH , двухатомные - $C_6H_4(OH)_2$ (гидрохинон, резорцин, пирокатехин).

Глубокая очистка промышленных стоков от фенолов является наиболее трудоемкой задачей, так как ни одним из известных методов обезвреживания от фенолов не удается достичь, при сравнительно приемлемых технико-экономических показателях, требуемой степени очистки. В зависимости от категории водоема и вида фенолов их ПДК колеблется от сотых до тысячных долей мг/л. Поэтому самым эффективным средством предотвращения попадания фенолов в естественные водоемы является их выделение на локальных установках очистки и возврат очищенной воды в оборотную систему водоснабжения предприятия. Так, например, фенольные сточные воды применяются в качестве хладагента в закрытой теплообменной аппаратуре.

Для очистки фенольных сточных вод применяют механические, физико-химические, химические, электрохимические, биологические методы.

Саму очистку от фенолов можно разделить на несколько стадий: предварительная (механическими методами), локальная очистка от основной массы фенолов (физико-химическими методами), конечный этап удаления фенолов – биологическая очистка по одно- или двухступенчатой схеме или доочистка физико-химическими и химическими методами.

Предварительно из воды удаляют смолы, концентрация которых перед поступлением воды на биологические очистные сооружения не должна превышать 25-35 мг/л. Очистку от смол производят методами отстаивания, флотации и фильтрования; на фильтрах с кварцевым песком осуществляется наиболее глубокая очистка.

Для локальной очистки от фенолов используются физико-химические регенерационные методы – эвапорация и экстракция. Утилизация получаемых при этом фенолов (для производства смол, дубителей и др. продуктов) позволяет не только покрыть расходы на их извлечение, но при концентрации в сточной воде более 3-4 г/л обеспечивает рентабельность очистки.

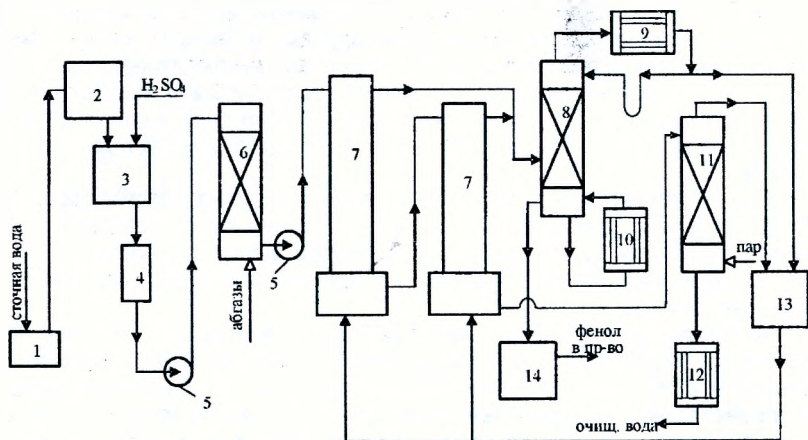
Пароциркуляционный метод (эвапорация) основан на извлечении фенолов из сточной воды с помощью острого водяного пара, циркулирующего в системе. Одновременно с фенолом при этом могут быть удалены крезолы, нафтолы, карбоновые кислоты и др. Отогнанные с паром вещества извлекают из него с помощью щелочи, если эти вещества являются слабыми кислотами, как, например, фенол, или раствором кислоты, если они являются слабыми основаниями. Метод эвапорации был впервые применен в США и Германии (метод Копперса).

Перед очисткой сточных вод от фенола эвапорацией требуется предварительное удаление из воды NH_3 , H_2S и CO_2 . Они либо повышают pH воды (NH_3), что способствует диссоциации фенолов и прекращению их отгонки в таком состоянии, либо понижают pH (H_2S , CO_2), отгоняясь вместе с фенолом, нейтрализуя раствор щелочи, который перестает поглощать фенол.

Рассмотренным методом можно снизить содержание летучих с водяным паром фенолов до 150-200 мг/л, степень обесфеноливания составляет от 80 % до 90 %. В качестве его достоинств следует отметить: компактность установки, простоту эксплуатации, полную автоматизацию, отсутствие контакта сточной воды с реагентами. Недостатки: низкая эффективность обесфеноливания воды, значительный расход щелочи и водяного пара, потери фенола в процессе отгонки летучего аммиака.

Экстракционный метод извлечения фенолов заключается в регенерации их с помощью различных органических растворителей: бутилацетата, диизопропилового эфира, бензола, бутилового спирта, диэтилового эфира, фенолсульвана (смеси бутилацетата с другими ацетатами или спиртами). Чаще применяется бензол (коэффициент распределения $K_p=2,2$), диизопропиловый эфир ($K_p=45$), фенолсульван ($K_p=49$). В состав установок экстракции входят отстойники, экстракторы, ректификационные колонны (для регенерации экстрагента), теплообменники и др. аппаратура. Достоинства метода: высокая, до 98 %, эффективность очистки, возможность извлечения нелетучих фенолов. Недостатки: высокая стоимость, громоздкое аппаратное оформление. Доля расходов на экстрагент достигает 30 % в себестоимости очистки.

На рисунке 6 приведена схема очистки фенольных сточных вод, образующихся в совместном производстве фенола и ацетона.



- 1 – сборник сточных вод; 2 – напорный бак; 3 – резервуар для подкисления сточных вод;
 4 – усреднитель; 5 – насосы; 6 – абсорбер; 7 – экстракционные колонны; 8 – ректификационная колонна; 9 – конденсатор; 10 – кипяильник; 11 – отпарная колонна; 12 – холодильник;
 13 – емкость для экстрагента (эфира); 14 – емкость для фенола

Рисунок 6 – Принципиальная схема обесфеноливания сточных вод производства фенола и ацетона

Сточные воды, содержащие до 30 г/л фенола, подаются на локальную очистку, которая заключается в экстракции фенола диизопропиловым эфиром или ацетофеноном.

Предварительно сточные воды из сборника 1 через напорный бак 2 поступают в резервуар 3, где подкисляются серной кислотой до $\text{pH}=1$, а затем направляются через усреднитель 4 насосом 5 на орошение абсорбционной колонны 6 для извлечения летучих веществ из абгазов.

Экстракция фенола производится в двух последовательно работающих пульсационных экстракционных колоннах 7 с прерывистой подачей экстрагента. Соотношение эфира и сточной воды составляет 1:3, степень извлечения фенола из сточных вод при использовании диизопропилового эфира достигает 99,3 %, ацетофенона – 99,6 %.

Экстракт из двух экстракционных колонн, насыщенный фенолом, поступает в насадочную ректификационную колонну 8 для регенерации экстрагента. Пары эфира из колонны направляются в конденсатор 9, а затем в емкость эфира 13, откуда вновь возвращаются на экстракцию. Часть сконденсированных паров возвращается в виде орошения в колонну 8. Регенерированный фенол собирается в ёмкость 14 и направляется в производство.

Обесфеноленная вода подвергается отпарке от эфира в отпарной колонне 11 и после охлаждения в холодильнике 12 сбрасывается в канализацию для дальнейшей биологической очистки. Выделившийся в дистиллате экстрагент собирается в емкости 13 и возвращается на процесс экстрагирования в колонны 7.

Конечным этапом удаления фенолов является биологическая очистка. ПДК фенолов на биологическую очистку в аэротенках составляет 1000 мг/л, в биофильтрах – 100 мг/л. Процесс проводят по одно- или двухступенчатым схемам. Если в сточных водах присутствуют наряду с фенолами роданиды и цианиды, что имеет место в коксохимических производствах, то биологическую очистку надо применять в несколько ступеней. При этом на I ступени очищать от фенолов с помощью фенолразрушающих бактерий, на II – от роданидов и цианидов с помощью роданразрушающих бактерий, на III – происходит окончательная доочистка сточных вод. Преимуществом многоступенчатых схем является возможность использования на I и II ступенях предварительно адаптированных фенол- и роданразрушающих культур, так называемый “микробный” метод очистки, позволяющий очищать сточные воды, содержащие до 2000 мг/л фенолов и до 1000 мг/л роданидов.

При двухступенчатой схеме очистки степень извлечения фенолов составляет от 99,1% до 99,8%. Для доочистки фенольных сточных вод, прошедших физико-химическую очистку, кроме биологического метода можно использовать адсорбцию, ионный обмен, озонирование, хлорирование. Известны работы по электрохимическому окислению фенолов.

Адсорбция является эффективным регенеративным методом обесфеноливания сточных вод. Сорбентами могут служить активные угли, кокс, зола, шлаки и др. После насыщения уголь регенерируют при 70°C бензолом, фенольно-бензольный раствор обрабатывают щелочью и очищенный бензол вновь используют в процессе. Из регенерированного угля бензол отгоняют с водяным паром и уголь вновь используют для очистки воды. После 15 циклов адсорбции-десорбции уголь подвергают термической регенерации при 800°C.

Метод адсорбции успешно используют для извлечения фенола из воды после установок экстракционного обесфеноливания.

Для доочистки сточных вод коксохимических заводов применяют органические ионообменники – пермутит и вофатит. Иониты могут извлекать мешающие примеси, в ча-

стности, роданиды, тиосульфаты, цианиды. С помощью катионита КУ-2 в Н-форме из сточных вод удаляют фенолы, анионитом АН-2Ф в ОН-форме – роданиды, тиосульфаты, цианиды и др. соли.

Перспективным методом доочистки фенольных сточных вод является озонирование. Процесс идет при pH=12, температуре от 50°C до 55°C, при этом концентрация фенолов снижается с 200–300 мг/л до 0,1–0,2 мг/л.

1.6. Удаление из воды солей тяжелых металлов

Сточные воды, содержащие ионы тяжелых металлов (хрома, цинка, меди, никеля, свинца, ртути и др.), образуются на предприятиях машиностроительной, металлургической, металлообрабатывающей, полиграфической, химической промышленности в цехах нанесения металлических покрытий и окраски. При этом при промывке изделий образуются малоконцентрированные сточные воды, а концентрированные стоки представляют собой отработавшие растворы.

Сточные воды гальванических производств являются одними из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Природоохранные технологии в гальванике в последние годы развиваются в следующих направлениях: регенерация отработанных электролитов и технологических растворов, извлечение из них ценных компонентов, снижение водопотребления, очистка сточных вод гальванических производств, использование осадков, образующихся при этой очистке.

Наиболее важным и перспективным направлением в области снижения экологической опасности гальванических производств является совершенствование действующих технологий очистки сточных вод и внедрение новых, которые обеспечивают выполнение современных стандартов, возврат воды в оборотный цикл, формирование утилизируемых осадков.

Для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов применяют химические, физико-химические (ионный обмен, адсорбция, коагуляция, обратный осмос, ультрафильтрация, магнитная обработка), термические, биохимические, электро-химические (электрокоагуляция, электродиализ, электрохимическое восстановление) методы.

Ввиду многообразия гальванических технологических процессов на предприятиях в настоящее время чаще всего сточные воды подвергают очистке объединенным потоком, что значительно усложняет регенерацию металлов из смешанных шламов.

Для обеспечения эффективной очистки сточные воды необходимо разделять по видам загрязнений и производить очистку каждого из потоков в отдельности. Причем способы обработки таких потоков могут существенно различаться.

До настоящего времени наибольшее распространение получили методы очистки с использованием химических реагентов, позволяющих перевести токсичные соединения в менее токсичные или практически полностью выделить их из сточной воды в виде гидроксидов, карбонатов, сульфидов и других малорастворимых соединений. Выбор того или иного реагента для обработки сточных вод зависит от состава и концентрации примесей, расхода сточных вод, значения pH и др.

Осаждение металлов производится, как правило, одновременно с нейтрализацией. В качестве реагентов применяют едкий натр, известь, соду, сульфид натрия, феррохромовый шлак. Процесс осаждения можно разделить на два этапа:

- перевод ионов металлов в нерастворимые и труднорастворимые соединения, т.е. образование твердой фазы;
- седиментация - отделение твердой фазы от жидкой под действием силы тяжести.

Первый этап происходит в реакторах, второй в отстойниках, осветлителях, фильтрах. Процессу седimentации предшествует, как правило, флокуляция или коагуляция, т.е. обработка раствора реагентами, способствующими образованию крупных хлопьев и быстрой их осадке.

Для обезвреживания хромсодержащих сточных вод используют серную кислоту, биосульфит или сульфит натрия, железосодержащие реагенты (железный купорос, отработавшие травильные растворы, железная стружка). При этом происходит восстановление шестивалентного хрома. Для обезвреживания хроматов путем перевода их в труднорастворимые соединения чаще всего используют соединения бария - твердый карбонат бария, гидроксид бария или раствор хлорида бария. Получающийся в результате реакции хромат бария BaCrO_4 легко осаждается в нейтральной или слабокислой среде и хорошо отдает воду при обезвоживании. Однако стоимость очистки соединениями бария очень высока из-за дороговизны реагентов.

В производственных стоках может присутствовать металлическая ртуть, неорганические и органические ее соединения. Металлическую ртуть удаляют отстаиванием и фильтрованием. Ртутьсодержащие соединения осаждают сульфидом натрия с последующим коагулированием образующегося сульфида ртути хлоридом железа. Очистка может быть осуществлена смешанной солью - сульфидом железа и сульфатом бария. Для выделения из сточных вод ртути можно использовать восстановление сульфидом железа, гидросульфидом натрия, гидразином, железным порошком, газообразным сероводородом и др.

Для очистки от соединений цинка, меди, никеля, свинца, кадмия, кобальта кислые воды обрабатывают оксидом кальция и гидроксидом натрия, которые связывают ионы этих металлов в труднорастворимые соединения. Более глубокая очистка достигается обработкой сульфидом натрия.

Схема реагентной очистки от ионов тяжелых металлов приведена на рисунке 7.

Кислые и щелочные сточные воды усредняются, а затем подвергаются нейтрализации известью, едким натром или содой. При этом образуются гидроксиды тяжелых металлов, для лучшего осаждения которых добавляется полиакриламид, в результате флокуляции интенсифицируется последующий процесс отстаивания. Выделенный шлам подвергается уплотнению и обезвоживанию фильтрованием. Фильтрат возвращается на стадию уплотнения. Шлам идет в отвал или на переработку.

Вода после отстаивания обрабатывается сульфидом натрия, образующиеся сульфиды имеют меньшую растворимость по сравнению с другими солями и легче отделяются от воды. Для интенсификации процесса отстаивания осуществляют коагуляцию, добавляя сульфаты алюминия и железа, а также известь. Крупные скоагулированные хлопья взвесей подвергаются отстаиванию либо фильтрованию.

Кислые и щелочные сточные воды усредняются, а затем подвергаются нейтрализации известью, едким натром или содой. При этом образуются гидроксиды тяжелых металлов, для лучшего осаждения которых добавляется полиакриламид, в результате флокуляции интенсифицируется последующий процесс отстаивания. Выделенный шлам подвергается уплотнению и обезвоживанию фильтрованием. Фильтрат возвращается на стадию уплотнения. Шлам идет в отвал или на переработку.

Вода после отстаивания обрабатывается сульфидом натрия, образующиеся сульфиды имеют меньшую растворимость по сравнению с другими солями и легче отделяются от воды. Для интенсификации процесса отстаивания осуществляют коагуляцию, добавляя сульфаты алюминия и железа, а также известь. Крупные скоагулированные хлопья взвесей подвергаются отстаиванию либо фильтрованию.

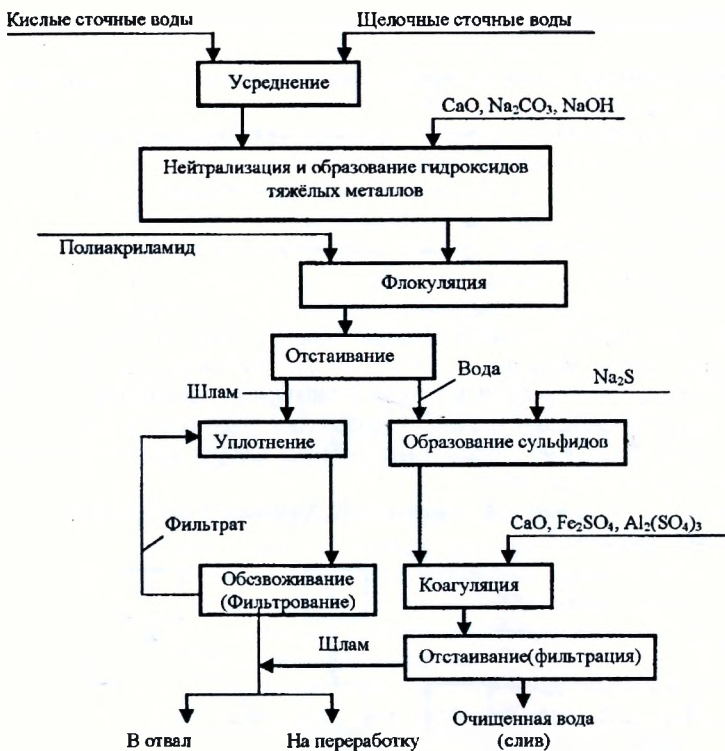


Рисунок 7 – Схема реagentной очистки сточных вод от ионов тяжёлых металлов

Недостатком такой очистки является образование большого количества трудно-обезвоживаемого шлама, кроме того, очищенная вода содержит большое количество солей кальция, поэтому её трудно использовать в оборотном водоснабжении. Исходя из этого, предложено обрабатывать слив после отстаивания (фильтрования) последовательно хлоридом кальция и содой. При этом происходит осаждение карбонатов металлов с карбонатом кальция. Образующиеся кристаллические осадки карбонатов металлов имеют незначительный объём и легко обезвоживаются. Одновременно происходит умягчение воды слива, что создаёт возможность использования её в системе оборотного водоснабжения.

Однако реagentный метод, хотя и даёт высокую степень очистки по многим компонентам, не свободен от недостатков. Не выделяются из воды соли щелочных и щелочноземельных металлов, обширно реagentное хозяйство, не происходит регенерации ценных компонентов, образуется большое количество шламов, трудно поддающихся утилизации.

Поэтому в последнее время все большее применение начинают находить физико-химические методы очистки и среди них, прежде всего, ионный обмен. Он используется для извлечения металлов из разбавленных растворов и позволяет регенерировать их, а

сточные воды использовать в оборотном цикле, так как достигается высокая степень очистки.

Ионным обменом, например, регенерируют растворы из ванн хромирования, а также от процессов хроматирования.

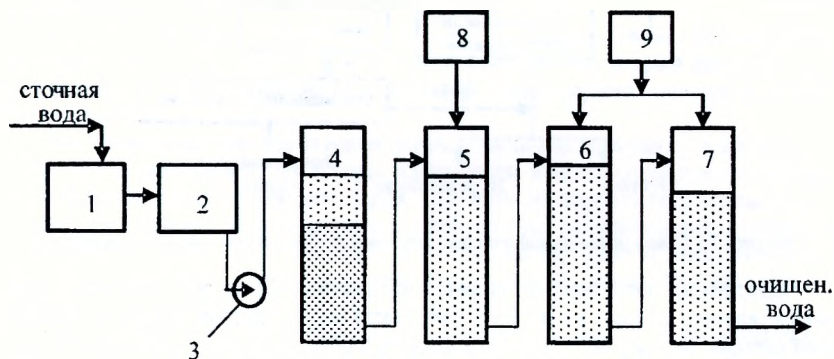
Катионы трехвалентного хрома Cr^{3+} извлекают на катионитах, а хромат ионы CrO_4^{2-} и бихроматионы $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ удаляют на анионитах.

Ионы меди и никеля извлекают из сточных вод катионитом КУ-2-8, регенерация осуществляется 20 %-м раствором серной кислоты.

Из природных ионитов для удаления ионов тяжелых металлов можно использовать глинистые материалы, например, бентонитовые глины, которые наносятся на волокнистую матрицу из природного минерального материала – базальтового волокна. Синтезированный таким образом материал обладает большой обменной емкостью по отношению к ионам тяжелых металлов (Cr^{6+} , Pb^{2+} , Bi^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} и др.). Он гораздо дешевле ионообменных смол, отличается простотой аппаратного оформления и может конкурировать с другими методами удаления из воды солей тяжелых металлов.

Однако традиционные методы ионного обмена требуют организации реagenтного хозяйства для регенерации ионитов.

Схема очистки сточных вод гальванических производств на ионообменной установке приведена на рисунке 8.



- 1 – отстойник для удаления механических примесей; 2 – усреднитель; 3 – насос; 4 – двухслойный фильтр; 5 – H-катионитовый фильтр; 6, 7 – соответственно слабоосновной и сильноосновной анионитовый фильтры; 8 – емкость регенерационного раствора соляной кислоты; 9 – емкость регенерационного раствора щелочи

Рисунок 8 – Схема очистки сточных вод гальванического производства на ионообменной установке

Очистка осуществляется ионным обменом на одной ступени катионитового и двух ступенях анионитовых фильтров.

Сточная вода подается в отстойник 1 для удаления маслопродуктов и механических примесей, а затем в усреднитель 2. Тонкая очистка от механических и растворенных органических примесей осуществляется в двухслойном фильтре 4 с верхним слоем высотой 600 мм из сервоцита и гравия, а нижним – 1200 мм из активированного угля. Вода, подаваемая на ионообменную установку, не должна превышать содержание

взвешенных веществ и ХПК 8 мг/л каждого. На Н-катионитовом фильтре 5 с высотой загрузки 1700 мм задерживаются катионы тяжелых металлов.

Первая ступень анионитовых фильтров 6 загружена слабоосновным анионом и предназначена для улавливания анионов сильных кислот (серной, соляной, азотной). Анионы слабых кислот (синильной, угольной, кремниевой, борной) задерживаются на второй ступени 7 сильноосновным анионом. Катионитовый фильтр регенерируют 10%-м раствором соляной кислоты из емкости 8, анионитовый – 5%-м раствором едкого натра из емкости 9. Очищенная вода может быть возвращена в производство.

Для очистки стоков гальванических производств применяются обратный осмос и ультрафильтрация.

Мембранные методы обработки сточных вод являются универсальными, отпадает необходимость в реагентах, вводимых в воду, существенно уменьшается количество отходов, облегчается их утилизация.

На предприятиях нередко используются традиционные очистные сооружения, которые позволяют осуществить слив воды в канализацию, но не возврат на повторное использование. Для доочистки и глубокого обессоливания возможна дополнительная комплектация установки очистки узлом обратного осмоса и переход к замкнутому водообороту.

Технологический процесс очистки промывных вод гальваники включает в себя корректировку pH, электрокоагуляцию для перевода растворимых тяжелых металлов в нерастворимую форму, очистку от взвешенных коллоидных примесей на тонкослойных модулях и системе фильтров, глубокую очистку и обессоливание осуществляют методом обратного осмоса, позволяющего получить очищенную воду, которую можно повторно использовать в гальваническом производстве.

Из других физико-химических методов очистки от ионов тяжелых металлов могут быть упомянуты жидкостная экстракция (для извлечения меди с последующей кристаллизацией в присутствии H_2SO_4), выпаривание (для регенерации соединений хрома после хромирования), кристаллизация, сорбция на доломитовых фильтрах (от катионов меди и свинца).

Выпаривание можно эффективно использовать при создании локальных замкнутых систем водопользования на основе термодистилляционных (выпарных) установок. При этом промывные воды упариваются до необходимых концентраций, позволяющих вернуть концентрат в гальваническую ванну, а дистиллят – для промывки деталей и приготовления технологических растворов.

Магнитная обработка воды применяется с целью интенсификации процессов очистки, для борьбы с накипеобразованием и инкрустацией. Магнитное поле влияет на ионы солей, присутствующих в воде, с образованием центров кристаллизации. Образующиеся при этом рыхлые осадки (шлам) можно удалять при продувке. По сравнению с другими методами магнитная обработка воды проста, дешева, безопасна, у нее малы эксплуатационные расходы.

Электродиализом можно опреснять соленые воды и очищать промышленные сточные воды от катионов металлов, которые в виде щелочей выделяются в катодной камере электролизера.

Технико-экономическое сравнение различных вариантов очистки промывных вод цехов электролитических покрытий показывает, что локальная очистка оказывается более целесообразной, чем совместная по экономическим показателям, а также с учетом меньшего воздействия на окружающую среду.

1.7. Обработка осадков сточных вод

В процессах механической, химической, биологической и физико-химической очистки сточных вод на очистных сооружениях образуются различного вида осадки, содержащие органические и минеральные компоненты.

В зависимости от условий формирования и особенностей отделения различают осадки первичные и вторичные.

К первичным осадкам относятся грубодисперсные примеси, которые находятся в твердой фазе и выделены из воды такими методами механической очистки, как процеживание, седиментация, фильтрация, флотация, осаждение в центробежном поле.

Вторичные осадки составляют примеси, первоначально находящиеся в воде в виде коллоидов, молекул и ионов, но в процессах химической, биологической или физико-химической очистки воды, а также при обработке первичных осадков образуют твердую фазу.

Составы осадков по размеру частиц отличаются большой неоднородностью. Их размеры колеблются от 10 мм и более до частиц коллоидной и молекулярной дисперсности.

Первичные осадки подразделяются на:

- грубые (отбросы), задерживаемые решетками;
- тяжелые, состоящие из песка, обломков минералов, стекла, кирпича и т.п., оседающие в песколовках;
- плавающие, задерживаются жироловками, нефтеловушками, отстойниками;
- сырые (от 75 % до 80 % органических веществ), выделяющиеся в первичных отстойниках.

Ко вторичным осадкам относятся:

- активный ил из вторичных отстойников, представляющий собой тонкую суспензию, состоящую в основном из частиц менее 1 мм, с влажностью от 99,2 % до 99,7 %;
- шламы, выделяемые в результате локальной очистки или доочистки промышленных сточных вод физико-химическими методами и задерживаемые отстойниками;
- сброженные в анаэробных условиях осадки мелкой и однородной структуры;
- осадки из аэробных стабилизаторов, которые уплотняются в отстойниках за 5-15 ч до влажности от 96 % до 98 %, нуждающиеся в обеззараживании.

В общем случае обработка осадков производственных сточных вод состоит из следующих стадий: уплотнение или сгущение, стабилизация, кондиционирование, обезвоживание, термическая сушка, обеззараживание, ликвидация, утилизация. Типовые процессы, применяемые для обработки осадков сточных вод, приведены на рисунке 1.

В общем случае обработка осадков производственных сточных вод состоит из следующих стадий: уплотнение или сгущение, стабилизация, кондиционирование, обезвоживание, термическая сушка, обеззараживание, ликвидация, утилизация. Типовые процессы, применяемые для обработки осадков сточных вод, приведены на рисунке 9.

Осадки можно подразделить на три группы: в основном минерального состава, в основном органического состава и смешанные.

Осадки характеризуются: содержанием сухого вещества (г/л или %); содержанием беззольного вещества (% от массы сухого вещества); элементарным составом; гранулометрическим составом; кажущейся вязкостью и текучестью.

Как правило, осадки сточных вод представляют собой труднофильтруемые суспензии. Во вторичных отстойниках в осадке находится в основном избыточный активный ил, объем которого в 1,5-2 раза больше, чем объем осадка из первичных отстойников.

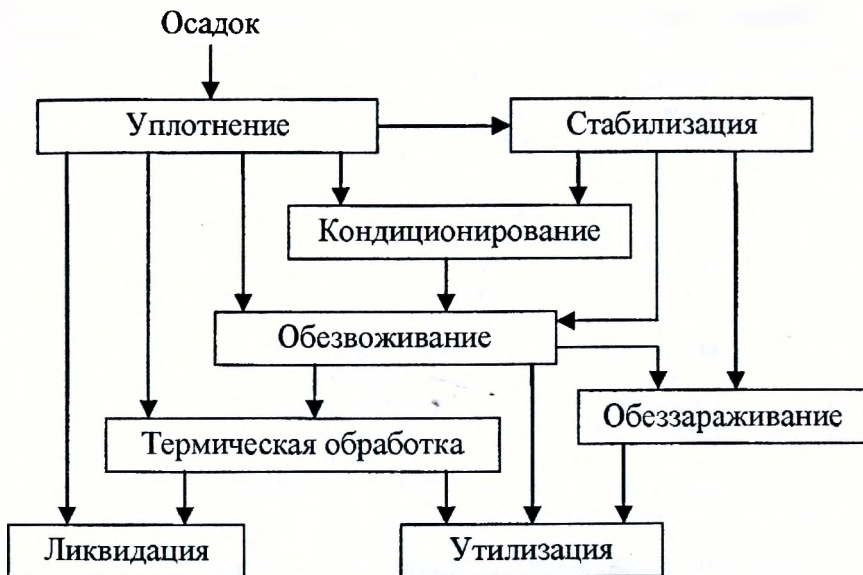


Рисунок 9 – Схема процессов обработки осадков сточных вод

В осадках содержатся свободная (от 60% до 65%) и связанная (от 35% до 40%) влага.

Свободная влага имеет наименьшую энергию связи со структурой осадка и удаляется из него легко.

Связанная влага может быть физико-механической, физико-химической и химической. Физико-механически связанная влага – это капиллярная вода, вода смачивания и структурная влага (коллоидно-связанная и гигроскопическая). Физико-химической связью удерживается адсорбционная и осмотическая влага. Химическая влага входит в состав веществ и не выделяется даже при термической сушке осадков.

Коллоидно-связанная влага обволакивает твердые частицы гидратной оболочкой и препятствует их соединению в крупные агрегаты. Некоторое количество этой влаги удаляется после коагуляции в процессе фильтрования. Коагулянты положительно заряженными ионами нейтрализуют отрицательный заряд частицы осадка. После этого отдельные твердые частицы освобождаются от гидратной оболочки и соединяются вместе в хлопья. Вода при этом легче фильтруется.

Разрушить гидратную оболочку можно кратковременной термической обработкой. Полное удаление влаги достигается в процессе высокотемпературной сушки.

Области эффективного применения методов обезвоживания осадков приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Области эффективного применения методов обезвоживания осадков

Методы выделения влаги из осадков	Формы влаги в осадках			
	свободная	связанная		
		физико-механически	физико-химически	химически
Гравитационное уплотнение	■			
Естественная сушка	■			
Вакуум-фильтрование		■		
Фильтр-прессование		■		
Центрифугирование		■		
Термосушка			■	
Сжигание				■

Переработка осадка начинается со стадии уплотнения (сгущения), которая связана с удалением свободной влаги и является необходимой стадией всех технологических схем обработки осадков. При уплотнении в среднем удаляется 60 % свободной влаги, и масса осадка сокращается в 2,5 раза. Для уплотнения осадка используют гравитационный, флотационный, центробежный и вибрационный методы, а также фильтрование или комбинации перечисленных методов.

Гравитационное уплотнение является наиболее распространенным методом и применяется для избыточного активного ила и сброженных осадков, оно отличается простотой и экономичностью. В качестве илоуплотнителей используют вертикальные или радиальные отстойники. Последние получили большее распространение из-за меньшей длительности процесса. Продолжительность уплотнения зависит от свойств осадка и составляет от 4 до 24 ч. Уплотненные осадки имеют влажность от 85% до 97%. Для интенсификации процесса используют коагулирование с хлорным железом, перемешивание стержневыми мешалками, совместное уплотнение различных видов осадков, нагревание до температуры от 80°C до 90°C (термогравитация).

Флотационный метод основан на прилипании частиц активного ила к пузырькам воздуха и всплывании вместе с ними на поверхность. Продолжительность процесса меньше, чем при гравитационном уплотнении, возможно регулировать процесс, изменяя подачу воздуха. Наибольшее распространение для уплотнения получила напорная флотация. Продолжительность процесса 3-4 ч, влажность уплотненного ила от 94,5% до 95%. Остальные методы уплотнения применяются значительно реже.

Стабилизация осадков проводится для разрушения биологически разрушаемой части органического вещества на диоксид углерода, метан и воду. Процесс ведут при помощи микроорганизмов в аэробных или анаэробных условиях. В анаэробных условиях сбраживание проводится в септиках, двухъярусных отстойниках, осветлителях-перегнвателях и метантенках. Септики и отстойники применяются только при небольших производительностях. Наиболее широкое распространение получили метантенки.

При анаэробном сбраживании высокая влажность и большое содержание белка в активном иле приводят к низкому выходу газа, поэтому в метантенках лучше сбраживать один сырой осадок из первичных отстойников, а активный ил подвергать аэробной стабилизации

Аэробная стабилизация заключается в продолжительном аэрировании ила в аэрационных сооружениях типа аэротенков-стабилизаторов. Этот процесс проще анаэробного сбраживания, отличается устойчивостью, взрывобезопасностью, малыми капитальными затратами. Недостаток – высокие энергетические затраты на аэрирование. В результате аэробной стабилизации происходит распад (окисление) основной части биоразлагаемых органических веществ до CO_2 , H_2O и NH_3 . Оставшиеся органические вещества теряют склонность к загниванию, т.е. стабилизируются.

Аэробную стабилизацию проводят как для избыточного активного ила, так и для смеси его с осадком из первичных отстойников. Процесс длится от 7-10 суток (для уплотненного ила) до 10-12 суток (смесь сырого осадка).

Кондиционирование осадков заключается в изменении структуры и формы связи воды, благодаря чему осадок лучше обезвоживается или утилизируется. Кондиционирование проводят реагентными и безреагентными методами.

При реагентной обработке осадков в качестве коагулянтов используют соли железа и алюминия, известь в виде 10%-х водных растворов, а также отходы производства, содержащие эти соединения. Наиболее эффективно применение FeCl_3 с известью.

Вместо коагулянтов применяют и флокулянты, на практике широко используют полиакриламид. Для осадков с высоким содержанием органических веществ (от 25% до 50%) целесообразно использовать только катионные флокулянты; для осадков с зольностью от 55% до 65% следует комбинировать катионные и анионные; при зольности осадка от 65% до 70% рекомендуются анионные флокулянты.

Недостатком реагентной обработки является высокая стоимость, коррозия материалов, сложность транспортирования и применение реагентов.

К безреагентным методам относится тепловая обработка, замораживание с последующим оттаиванием, жидкофазное окисление, электрокоагуляция и радиационное облучение. Более широко применяется тепловая обработка, проводимая в герметическом резервуаре типа автоклава. Процесс ведут при температуре от 170°C до 200°C в течение 1 ч, при этом разрушается коллоидная структура осадка, часть его переходит в раствор. Осадок после тепловой обработки быстро уплотняется, приобретает хорошие водоотдающие свойства, легче обезвоживается на вакуум-фильтрах.

Обезвоживание осадков осуществляется на иловых площадках и механическим способом. Механическое обезвоживание осадков производится на вакуумфильтрах (барабаных, дисковых, ленточных), фильтр-прессах, центрифугах, виброфильтрах. Чаще всего применяют фильтры различных конструкций и центрифуги.

Из фильтров наибольшее распространение нашли вакуум-фильтры, на них можно обрабатывать практически любые виды осадков, при этом удаляется от 80 % до 98 % общего количества механически связанной воды. Для эффективного обезвоживания осадков их предварительно обрабатывают реагентами (CaO , FeCl_3). Достоинством центрифугирования является простота, экономичность и управляемость процессом.

Термическая обработка осадков заключается в их сушке. Процесс предназначен для обеззараживания и уменьшения массы осадков сточных вод, предварительно обезвоженных на вакуум-фильтрах, центрифугах или фильтр-прессах. Этот прием упрощает задачу удаления осадков с территорий очистных станций и их дальнейшей утилизации.

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

Известны различные способы термической сушки: конвективный, радиационно-конвективный, кондуктивный, сублимационный в электромагнитном поле. Наиболее распространен конвективный способ сушки, при котором необходимая для испарения влаги тепловая энергия непосредственно передается высушиваемому материалу теплоносителем – сушильным агентом. В качестве сушильного агента могут использоваться топочные газы, перегретый пар или горячий воздух.

Применение топочных газов предпочтительно, так как процесс сушки осадков производится при относительно высоких температурах (от 500°C до 800°C) и это позволяет уменьшить габариты сушильных установок и расход энергии на транспортирование отходящих газов.

Используют сушилки различных конструкций: барабанные, многоподовые, ленточные, с кипящим слоем, распылительные и др. Влажность осадка при сушке снижается с 80% до 35%.

Первичные и сброженные в мезофильных условиях осадки могут содержать большое количество гельминтов и патогенных микроорганизмов. Попадая в благоприятные условия, они способны заражать людей и животных.

Обеззараживание осадков сточных вод достигается разными методами: термическими (прогревание, сушка, сжигание); химическими (обработка химическими реагентами); биотермическими (компостирование); биологическими (уничтожение микроорганизмов простейшими, грибами и растениями почвы); физическими воздействиями (токи высокой частоты, ультразвуковые колебания, ультрафиолетовое излучение и т.п.).

Во многих случаях задача обеззараживания осадков решается в основных процессах их обработки, например при термофильной стабилизации, тепловой обработке, термосушке и сжигании. Как самостоятельная, она становится в случае дальнейшего их использования в сельском хозяйстве в качестве органического удобрения. Широкое применение для этих целей получили термические и химические методы обеззараживания осадков.

Термические методы обеззараживания заключаются в нагревании осадков до температуры от 52°C до 100°C в различных режимах.

Химическое обеззараживание осуществляют с использованием реагентов (известь, аммиак, формальдегид и др.)

Ликвидация: сжигание (объем осадка уменьшается в 80-100 раз). Стадии: нагревание, сушка, отгонка летучих веществ, сжигание органической части, прокаливание для выгорания остатков углерода.

Утилизация (рекуперация). Из активного ила получают белково-витаминные препараты (на корм), кормовые дрожжи, белок (экстракционным способом), технический витамин В₁₂ для комбикормовой промышленности (уплотнение, подкисление, нагрев в реакторе, центрифугирование), активный уголь (пиролиз без доступа воздуха при температуре от 700°C до 800°C).

Технологическая схема переработки осадков состоит из комбинации различных методов переработки. Выбор технологической схемы является сложной инженерно-экономической и экологической задачей.

2. ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

2.1. Очистка сточных вод машиностроительных предприятий

В машиностроительную отрасль промышленности входят предприятия различного профиля автомобилестроения, машиностроения, приборостроения. К ним относятся автомобильные, тракторные, комбайностроения, сельскохозяйственных машин, автотракторной электроаппаратуры, подшипниковые, инструментальные, станкостроительные и др. Технологические процессы большинства из них во многом аналогичны, т.к. основными цехами являются сборочные, механические, инструментальные, кузнечные, прессовые, литейные, термические, защитных покрытий, окраски и др. Эти предприятия расходуют до 10 % свежей воды, потребляемой всеми отраслями промышленности, основное количество ее идет для промывки изделий после травления, обезжиривания и гальванических покрытий, на охлаждение оборудования.

Количество производственных сточных вод на машиностроительных заводах колеблется в значительных пределах и определяются характером производства и его мощностью. В зависимости от вида загрязнений выделяют следующие основные категории стоков:

I – чистые, от охлаждения основного технологического оборудования; их количество от 50 % до 80 % от суммарного водопотребления предприятия; это воды компрессорной, котельной, электрических, литейных печей;

II – загрязненные механическими примесями и маслами, в количестве от 10 % до 15 % от суммарного водоиспользования; содержат до 300 мг/л механических примесей, 50-400 мг/л масел; это стоки от промывки изделий в механосборочном, кузнечно-прессовом, сварочном и других производствах;

III – химически загрязненные (кислотами, щелочами, солями, соединениями хрома, циана и др.) сточные воды гальванических производств в количестве от 5 % до 10 % общего водопотребления делятся на слабо- и сильноконцентрированные, образуются в процессе химической и электрохимической обработки изделий, от промывки после травления и нанесения гальванического покрытия, от химической водоподготовки;

IV – отработавшие смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) или эмульсии, они составляют около 1 % от общего потребления воды и представляют собой концентрированные маслосодержащие сточные воды, образующиеся в механосборочном и гальванических производствах, на участках металлопокрытий и окраски;

V – шламосодержащие сточные воды вентиляционных систем от 10 % до 20 % от общего водопотребления; образуются при мокрой очистке вентиляционных систем, от грануляции шлака в литейном производстве;

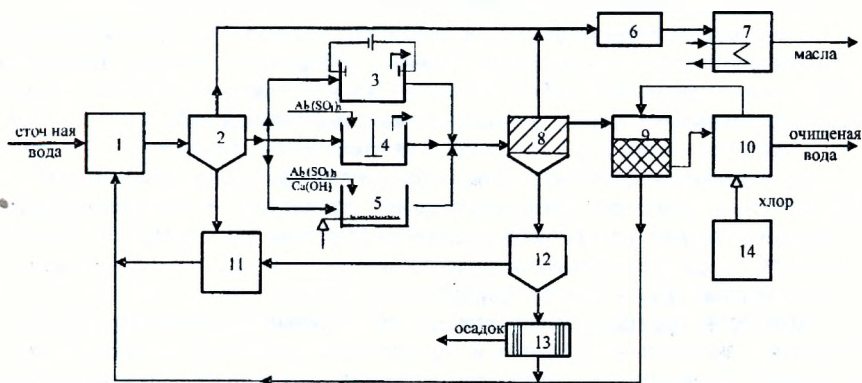
VI – поверхностно-дождевые стоки с территории предприятия.

Каждый из указанных потоков целесообразно очищать отдельно.

В системе оборотного водоснабжения используются воды I категории от охлаждения оборудования. Они подвергаются охлаждению в градирнях, брызгальных бассейнах, в закрытых теплообменных аппаратах.

Стоки, загрязненные механическими примесями и маслами (II категория), после очистки от механических примесей до концентрации 10-30 мг/л и масел 5-20 мг/л целесообразно возвращать на технологические нужды в те производства, откуда они получены, а

также использовать для подпитки систем оборотного водоснабжения. Очистку таких сточных вод можно осуществлять по схеме, приведенной на рисунке 10, выбирая вариант использования электрокоагуляции, напорной флотации или реагентной коагуляции.



- 1 – усреднитель; 2 – песколовка; 3 – электрокоагуляторы; 4 – флотаторы; 5 – коагуляторы; 6 – маслоборник; 7 – установка обезживания масел; 8 – отстойники; 9 – фильтры доочистки; 10 – резервуары очищенной воды; 11 – песковые площадки; 12 – уплотнители осадка; 13 – установка обезживания осадка; 14 – установка стабилизационной обработки воды

Рисунок 10 – Схема очистки сточных вод предприятий машиностроительной промышленности от механических примесей и масел

Стоки, загрязнённые механическими примесями и маслами, поступают в усреднитель 1, а затем в песколовку 2. Осадок из песколовки направляется на песковые площадки 11. Дальнейшая очистка воды может осуществляться по нескольким вариантам с использованием электрокоагуляции (электрокоагулятор 3), напорной флотации (флотатор 4), реагентной коагуляции (коагулятор 5).

Дальнейшее отстаивание происходит в горизонтальных и вертикальных полочных отстойниках или нефтеловушках 8 не менее 2 часов. Осадок после отстаивания уплотняется в уплотнителе 12 и обезживается на установке для обезживания 13 (фильтр-пресс). Отстоенная вода идёт на песковые площадки 11, откуда выделявшаяся вода возвращается на смешение с потоком исходной воды в усреднитель 1. Туда же поступает вода после обезживания осадка на фильтр-прессе 13.

Доочистку воды проводят в фильтрах 9 с синтетическим или другими волокнистым материалом, фильтры могут быть встроены в отстойники или нефтеловушки. Очищенная вода накапливается в резервуаре 10 и возвращается в производство.

Стабилизационная очистка воды заключается в её хлорировании из установки 14. Часть очищенной воды идёт на промывку фильтров 9, промывные воды подвергаются очистке совместно с исходной водой.

Масла, выделенные в песколовке и отстойнике-нефтеловушке, собираются в маслоборнике 6, а затем обезживаются в установке 7 путём подогрева их до температуры от 70°C до 80°C, а затем регенерируются или сжигаются.

Химически загрязненные сточные воды (III категория) чаще всего подвергаются реагентной очистке совместно с отработанными технологическими растворами. Как пра-

вило, технологические схемы очистки предусматривают отдельную обработку реагентами хромсодержащих, циансодержащих и кислотно-щелочных сточных вод по потокам: слабоминерализованные кисло-щелочные, циансодержащие, отработанные электролиты. Используют серную кислоту, бисульфит или сульфат натрия для обезвреживания хромсодержащих сточных вод; известковое молоко, хлорсодержащие компоненты (жидкий хлор, гипохлориты кальция и натрия, хлорную известь и др.) для обезвреживания циансодержащих сточных вод.

Обезвреженные хром- и циансодержащие стоки совместно со среднеминерализованными кисло-щелочными обрабатываются известковым молоком и после осветления в отстойниках отводятся в городскую канализацию. Для улучшения процесса осаждения перед отстойниками добавляют 0,1%-й раствор полиакриламида. Доочистка может проходить на механических фильтрах.

Слабоминерализованные кислотно-щелочные сточные воды обрабатывают в гальванокоагуляторе с доочисткой на установках УФА и повторно используются на технологические нужды в гальваническом цехе.

При значительных концентрациях циана и шестивалентного хрома (до 100 мг/л) можно применять электрокоагуляционную очистку со стальными электродами. При этом удаляются и тяжелые металлы (Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+}).

Применение ионного обмена наиболее целесообразно при регенерации элюатов из отработавших растворов.

Обратным осмосом можно извлечь из промывных вод гальванических производств ионы никеля, хрома, цинка, кадмия. Эти же металлы, а также медь можно удалить экстракцией. Выпариванием – дистилляцией очищают воду, предварительно обработанную реагентами и осветленную в отстойнике от никеля, цинка, кадмия.

Стоки, загрязненные шестивалентным хромом, можно очищать биохимическим методом в биовосстановителях при отсутствии кислорода воздуха и при смешении с бытовыми сточными водами. При этом происходит перевод шестивалентного хрома в трехвалентный и далее в легкоосаждаемый гидроксид под действием микроорганизмов бытовых стоков.

Отработавшие СОЖ или эмульсии (IV категория) перед сбросом в канализацию подвергают очистке на самостоятельных очистных сооружениях. Для разрушения отработавших эмульсий применяют реагентно-флотационный, реагентно-сепарационный, электрокоагуляционный и гиперфильтрационный методы.

При использовании реагентно-флотационного метода добавляют 1-3 мг/л сернокислого алюминия. Отработавшие эмульсии после предварительного отстаивания, удаления осадка и свободных масел поступают в напорный флотатор. Снижение концентрации масел в стоке после очистки до 15-20 мг/л может быть достигнуто многократной флотацией.

В процессе реагентно-сепарационного метода (центрифугирования) очистка осуществляется по схеме: усреднение и отстаивание стока – подкисление до $\text{pH}=1-2$ – удаление всплывших свободных масел - обработка подкисленного стока в центрифуге или сепараторе. Концентрация масел в очищенной воде 25-50 мг/л. Однако при такой обработке центрифуга должна изготавливаться в кислотостойком исполнении. При отсутствии указанного оборудования подкисление проводят до $\text{pH}=6,6-6,9$, очищенную воду направляют на доочистку в поток сточных вод категории II.

Электрокоагуляционный метод применим для разрушения эмульсий любых типов в электролизерах с алюминиевыми электродами. Схема очистки: предварительное отстаивание и усреднение стоков – удаление осадка и свободных масел – подкисление до pH=5-6 – обработка в электролизере с удалением пены – отстаивание – фильтрование. Остаточное содержание масел в очищенной воде 15-20 мг/л, при необходимости дальнейшая доочистка может производиться с потоком вод II категории.

В последние годы для очистки сточных вод IV категории начали применяться мембранные методы, в частности, гиперфильтрация. Предварительно вода подвергается отстаиванию и фильтрованию. В очищенной воде содержание масел составляет до 15-20 мг/л, а в полученных концентратах – 150-500 мг/л.

Сточные воды V категории (шламосодержащие) выделяют в самостоятельный поток с устройством оборотной системы, подпитываемой из промышленного водопровода или очищенными водами II категории. На предприятиях, имеющих крупные литейные цеха, предусматривается централизованная оборотная система гидрошламоудаления. В мелких цехах лучше устраивать локальные очистные сооружения с возвратом воды в производство. Сточные воды, загрязненные пылью и горелой землей, направляют на шламовые площадки или в отстойники, сгустители; осветляют в гидроциклонах с предварительной подачей сернистого алюминия и полиакриламида.

Очистка поверхностно-дождевых стоков (VI категория) производится в накопителях стока и на пенополиуретановых фильтрах. Накопители оборудуют устройствами для удаления осадков и нефтепродуктов, перед ними устанавливают решетки. После очистки дождевые стоки целесообразно подавать на повторное использование в производство и на подпитку систем оборотного водоснабжения.

2.2. Очистка сточных вод в производстве синтетических полимеров и пластмасс

Предприятия по производству пластмасс подразделяются на две основные группы, предназначенные:

- для выработки различных пластмасс и полупродуктов из них (I группа);
- для переработки пластмасс в изделия (II группа).

Указанные предприятия могут быть специализированными или входить в состав заводов, производящих сырье для получения того или другого вида пластмасс.

Наибольшее развитие получило производство полиолефинов (полиэтилена, полипропилена), полистирола и сополимеров стирола, карбамидных смол, фенолформальдегидных и мочевиноформальдегидных смол, винилацетата и его производных, полиформальдегида, поликарбоната, поливинилхлорида, эпоксидных смол.

В качестве основных продуктов получают аниониты и катиониты, различные смолы, пластификаторы, сухие спирты, собственно пластмассы.

Особенностью предприятий по производству синтетических полимеров и пластмасс является большое разнообразие химически загрязненных сточных вод, количество и состав которых определяется технологическими расчетами, и зависит от вида выпускаемой продукции и технологии производства. Прежде всего, они содержат исходные мономеры, подвергающиеся полимеризации или сополимеризации, продукты полимеризации и др. Поэтому методы и способы удаления загрязнений отличаются большим разнообразием.

Наиболее распространенными загрязнителями являются метанол, бутанол, фенол, формальдегид, ацетаты и др. углеводороды, а также соли неорганических кислот, преимущественно сульфаты и хлориды (предприятия I группы); соединения хрома и нефтепродукты (предприятия II группы).

На заводах пластмасс и полупродуктов из них в зависимости от характеристики и принятых методов очистки проектируют объединенную или отдельную систему производственной канализации из следующих сетей:

- 1) химически загрязненные сточные воды, содержащие органические и неорганические загрязнения в количествах, допускающих их очистку на биологических очистных сооружениях; сюда же направляются атмосферные стоки и стоки после нейтрализации;
- 2) кислые сточные воды;
- 3) щелочные сточные воды.

Возможно устройство и других сетей, например, солянощелочных сточных вод.

Очистку сточных вод осуществляют преимущественно в две стадии: первичная (локальная) очистка от основного количества загрязнений и вторичная очистка на биологических очистных сооружениях с последующим выпуском сточных вод в водоем. Применяют и третичную очистку в случае, если качество воды, спускаемой в водоем, не соответствует нормам, или вода возвращается в технологический процесс для технического водоснабжения.

Локальная очистка является частью технологического процесса и предназначена для извлечения из воды ценных органических и неорганических веществ в целях их использования на производстве, и возврата воды в технологический процесс. Для локальной очистки используют ректификацию, коагуляцию и флокуляцию, реагентные методы. Последние рекомендуется заменить электрокоагуляцией, которая исключает применение остродефицитных реагентов (NaOH , MgCl_2 , H_2SO_4), проста в аппаратном оформлении, требует малых производственных площадей, делает производство бессточным или с минимальным сбросом в водоем.

Ректификацией извлекают из воды метанол, формальдегид, фенол и другие углеводороды. Коагуляцию с флокуляцией и реагентные методы используют для удаления солей неорганических кислот, преимущественно сульфатов и хлоридов. Электрокоагуляцией очищают воду от соединений хрома и нефтепродуктов.

В ряде производств локальная очистка позволяет частично или полностью исключить сброс загрязненных вод и использовать содержащиеся в них ценные продукты. При этом очищенные воды возвращаются в производство.

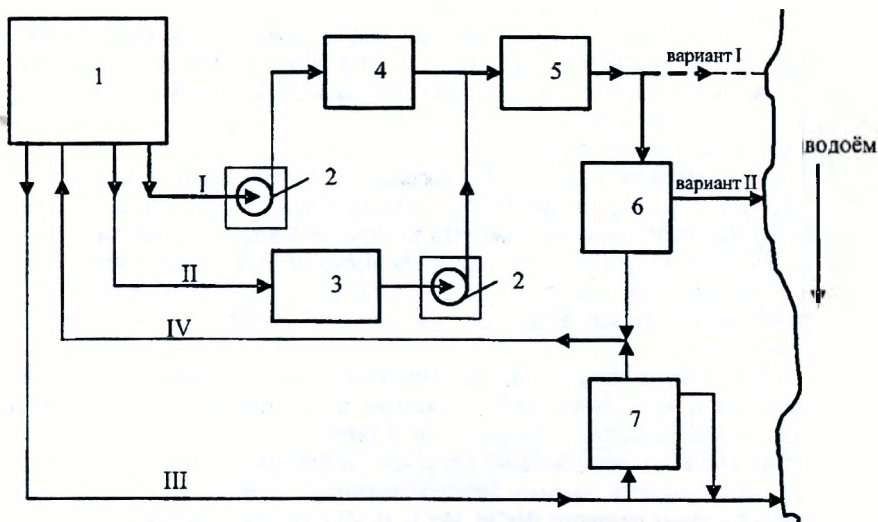
Типичная схема канализации предприятия первой группы по производству пластмасс приведена на рисунке 11.

После локальной очистки и нейтрализации производственные химически загрязненные сточные воды через приёмный резервуар 3 направляются на сооружения биологической очистки 5. Сюда же поступают бытовые сточные воды предприятия после предварительной механической очистки на сооружениях 4, в состав которых входят решетки, песколовки, первичные отстойники.

Совместная биохимическая очистка бытовых и производственных сточных вод позволяет отказаться от добавления биогенных элементов. После биологической очистки вода может быть выпущена в водоём (вариант I) или подвергнуться третичной очистке в сооружениях доочистки 6, из которых она выпускается в водоём (вариант II), или воз-

вращается в систему технического водоснабжения предприятия. Дождевой (поверхностный) сток с предприятия подвергается очистке на сооружениях 7 и может быть сброшен в водоём, или совместно с дочищенными сточными водами возвращен на предприятие.

Дождевой (поверхностный) сток с предприятия подвергается очистке на сооружениях 7 и может быть сброшен в водоём, или совместно с дочищенными сточными водами возвращен на предприятие.



1 - предприятие; 2 - насосные станции; 3 - приемный резервуар; 4 - сооружения механической очистки; 5 - сооружения биологической очистки; 6 - сооружения доочистки; 7 - сооружения очистки поверхностного стока; 8 - сеть бытовых стоков; II - сеть стоков; III - дождевая сеть; IV - подача очищенных сточных вод на предприятие

Рисунок 11 - Схема канализования предприятий по производству пластмасс

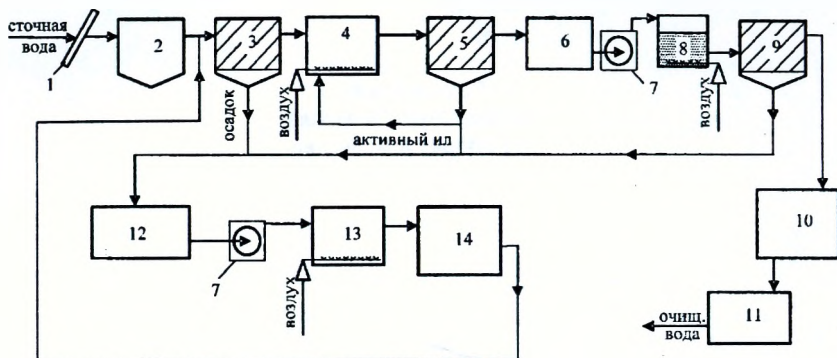
2.3. Очистка и утилизация сточных вод птицефабрик

Комплекс очистки сточных вод и обработки осадка может быть применен на птицефабриках и состоит из сооружений механической, биологической, глубокой очистки, а также обеззараживания сточных вод и обработки осадка.

Количество сточных вод от птицефабрики на 10,3 млн. бройлеров в год составляет около 1700 м³/сут, чистят их совместно с бытовыми сточными водами в соотношении 2:3. Среднее значение БПК_n поступающей воды составляет 300-450 мг/л.

В комплекс очистных сооружений входят решетки, песколовки, первичные, вторичные и третичные тонкослойные отстойники. На I ступени биологической очистки предусмотрены азротенки - смесители с регенерацией активного ила, на II ступени - высоконагружаемые аэрофильтры с загрузкой из керамических спеков. Сточные воды подаются на аэрофильтры насосами. Очищенные воды поступают в пруд-накопитель и в вегетационный период используется для полива кормовых культур. Применение описанной схемы возможно для очистки сточных вод с БПК_n до 2400 мг/л и содержанием взвешенных веществ 1400 мг/л.

Схема очистки сточных вод птицефабрик приведена на рисунке 12.



- 1 – здание решеток; 2 – песколовка; 3 – первичный тонкослойный отстойник;
 4 – аэротенк-смеситель; 5 – вторичный тонкослойный отстойник; 6 – резервуар аэрофильтра;
 7 – насосная станция; 8 – аэрофильтр; 9 – третичный тонкослойный отстойник; 10 – резервуар очищенных стоков; 11 – пруд-накопитель; 12 – резервуар осадка; 13 – аэробный стабилизатор;
 14 – иловые площадки

Рисунок 12 – Схема очистки сточных вод птицефабрики

Загрязненная вода цеха убоя птицы должна подвергаться предварительной очистке на локальных установках с целью извлечения жира, пера и пуха; сбора крови и других отходов для их последующей утилизации.

Сточная вода проходит сооружения механической очистки, состоящие из решеток 1, песколовки 2 и первичного тонкослойного отстойника 3. Песколовки могут быть тонкослойными или тангенциального типа, отстойники – тонкослойные или двухъярусные. Сооружения с тонкослойными блоками позволяют повысить эффект очистки от механических примесей, двухъярусные отстойники одновременно с удалением взвешенных веществ осуществляют сбраживание и уплотнение выпавшего осадка.

Затем осветленная вода поступает на первую ступень биологической очистки в аэротенк-смеситель 4 с регенерацией активного ила, из которого иловая смесь направляется во вторичный тонкослойный отстойник 5.

На второй ступени биологической очистки вода проходит резервуар аэрофильтра 6 и насосами 7 подается на высоконагружаемые аэрофильтры или биофильтры 8, а затем на третичные тонкослойные отстойники 9.

Очищенные воды с БПК_п 15 мг/л и содержанием взвешенных веществ 15 мг/л поступают в резервуар очищенных стоков 10 и в пруд-накопитель (биологический пруд) 11, откуда их используют для полива сельскохозяйственных культур. При необходимости очищенную воду обеззараживают гипохлоритом натрия.

Осадок из первичного отстойника и активный ил из вторичного и третичного отстойников собираются в резервуар осадка 12, а затем насосом 7 подаются в аэробный стабилизатор 13 для распада основной части биоразлагаемых органических веществ до CO₂, H₂O и NH₃. Оставшиеся органические вещества теряют склонность к загниванию и складываются на иловые площадки 14, откуда отстаивающаяся иловая вода возвращается на очистку в первичный отстойник 3.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители:
Головач Анна Петровна
Тур Эллина Аркадьевна

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине

«ТЕХНОЛОГИЯ ОХРАНЫ ГИДРОСФЕРЫ»
для студентов специальностей
1-33 01 07 «Природоохранная деятельность»
1-57 01 71 «Промышленная экология и рациональное
использование природных ресурсов»

Ответственный за выпуск: Головач А.П.
Редактор: Боровикова Е.А.
Компьютерная верстка: Соколюк А.П.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 10.03.2014 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Гарнитура Arial Narrow.
Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 2,3. Уч. изд. 2,5. Заказ № 1334. Тираж 50 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.