

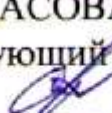
Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

Факультет инженерных систем и экологии

Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны
водных ресурсов

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

 С. В. Андреюк

«16» декабря 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

 А. А. Волчек

«16» 12 2022 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ВОДООТВЕДЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ»**

для специальности:

1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных
ресурсов»

Составители: Белов С.Г. – доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны
водных ресурсов БрГТУ, канд. техн. наук, доцент,
Таратенкова М.А. – старший преподаватель кафедры водоснабжения,
водоотведения и охраны водных ресурсов БрГТУ

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического
совета университета 29.12.2022 г.,
протокол № 3 .

рег. N УМК 22/23 - 56

ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

Электронный учебно-методический комплекс содержит:

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Конспект лекций по дисциплине «Водоотведение промышленных предприятий»

2 ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Методические рекомендации к выполнению курсового проекта по дисциплине «Водоотведение промышленных предприятий» на тему «Водоотведение промышленного предприятия»

2.2 Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Водоотведение промышленных предприятий»

3 РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

3.1 ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Учебная программа дисциплины «Водоотведение промышленных предприятий»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели ЭУМК

- повышение эффективности образовательного процесса специальности 1- 70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» по дисциплине «Водоотведение промышленных предприятий»;
- внедрение перспективных технологий хранения и передачи информации в электронном виде.
- обеспечение открытости и доступности образовательных ресурсов путем размещения ЭУМК в локальной сети университета.

Структура ЭУМК

содержит теоретический, практический, вспомогательный раздел и раздел по контролю знаний студентов.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

Необходим IBM PC-совместимый ПК стандартной конфигурации.

1 Теоретический раздел

[#Структура](#)

Конспект лекций по дисциплине «Водоотведение промышленных предприятий»

[Тема 1 Водоотведение промышленных предприятий](#)

[Тема 2 Механическая очистка производственных сточных вод](#)

[Тема 3 Физико-химическая очистка производственных сточных вод](#)

[Тема 4 Биологическая очистка производственных сточных вод](#)

[Тема 5 Обработка осадков производственных сточных вод](#)

[Тема 6 Водоотведение и очистка производственных сточных вод отдельных отраслей промышленности](#)

Тема 1 Водоотведение промышленных предприятий

#ТеоретическийРаздел

Введение. Нормы и режимы водоотведения сточных вод промышленных предприятий. Схемы водоснабжения и водоотведения. Водоотводящие сети промышленных предприятий. Состав и свойства производственных сточных вод. Условия выпуска производственных сточных вод в городскую водоотводящую сеть и в водоемы. Определение необходимой степени очистки производственных сточных вод.

1. Характеристика сточных вод промышленных предприятий

Сточные воды, отводимые с промышленных предприятий, по происхождению бывают 3-х видов:

1. Атмосферные – дождевые, от таяния снега, от поливки территорий.
2. Хозяйственно-бытовые – от санитарных узлов зданий и сооружений, от душевых, столовых, прачечных, общежитий, клубов, расположенных на территории предприятия.
3. Производственные – использованные на основные и вспомогательные технологические процессы.

Производственные сточные воды делятся на загрязненные и незагрязненные (условно чистые).

Незагрязненные производственные сточные воды в основном поступают от теплообменных аппаратов технологического оборудования (компрессоров, печей, дробилок, трансформаторов и т.д.). После охлаждения они, как правило, используются повторно. Сбрасываются только при продувке системы обратного водоснабжения.

Загрязненные сточные воды по химическому составу загрязнений делятся на 3 вида:

1. Загрязненные преимущественно минеральными примесями (песок, глина, силикаты, минералы, минеральные соли, кислоты, основания, газы, комплексные соединения). Характерны для предприятий горнорудной и металлургической промышленности, машиностроения, приборостроения, неорганического синтеза.
2. Загрязненные преимущественно органическими примесями (жиры, белки, углеводы, лигнин, органические соли, кислоты, ферменты и т.д.). Характерны для предприятий пищевой, целлюлозно-бумажной, микробиологической промышленности.
3. Загрязненные одновременно и минеральными и органическими примесями (СПАВ, красители, нефтепродукты, антибиотики, всевозможные органические и минеральные соединения). Характерны для предприятий легкой, фармацевтической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, бумажной промышленности. (1 – с. 5 - 9; 5 – с.10 - 11)

2. Показатели загрязнения производственных сточных вод (ПСВ)

1. Органолептические показатели:

Окраска – определяется по степени разбавления сточной воды до бесцветной в слое 20 см (10 см).

Запах – характеризует наличие в воде пахнущих летучих веществ. Определяют при температуре пробы 20⁰С, оценивают в баллах.

2. Физические показатели:

Температура – влияет на процессы биохимической очистки сточных вод, поскольку определяет растворимость кислорода в воде и скорость протекания биохимических реакций.

Прозрачность – характеризует общую загрязненность сточной воды взвешенными примесями. Может изменяться в широких пределах (от менее 1 см до полностью прозрачной).

Взвешенные вещества – один из важнейших показателей качества сточной воды. Определяется количеством примесей, которое задерживается на бумажном фильтре при фильтровании пробы и последующем высушивании при температуре 105⁰С до постоянного веса. Выражается в мг/дм³.

Оседающие вещества – часть взвешенных веществ, оседающих за 2 часа отстаивания в покое на дно отстойного цилиндра (мг/дм³). Этот показатель важен для расчета отстойников. Часто этот показатель оценивают по гидравлической крупности взвешенных частиц (скорости осаждения или всплывания частицы в спокойно стоящей жидкости), выражают в мм/сек.

Сухой остаток – характеризует общую загрязненность сточной воды органическими и минеральными примесями в различных агрегативных состояниях (растворенных, коллоидных, грубодисперсных). Выражается в мг/дм³. Определяется путем выпаривания пробы и высушивания остатка при 105⁰С. После прокаливания определяют зольность сухого остатка, по которой можно оценить соотношение органической и минеральной частей сухого остатка.

Плотный остаток – суммарное количество органических и минеральных веществ в профильтрованной пробе сточных вод (мг/дм³). Определяют аналогично сухому остатку.

3. Химические показатели:

Показатель концентрации ионов водорода (рН) – важен для протекания биологических процессов. Определяется, как отрицательный логарифм концентрации ионов водорода: $pH = - \lg [H^+]$. Определяют с помощью кислотно-щелочных индикаторов и электрометрическим методом. Для сточных вод величина рН должна находиться в пределах 6,5 – 9, при других значениях могут разрушаться водоотводящие сети, нарушаться работа сооружений биологической очистки.

Окисляемость – показывает общее содержание в сточной воде восстановителей. Восстановителями в производственных сточных водах могут быть как органические, так и неорганические вещества, в городских – в основном органические.

Различают химическую и биохимическую окисляемость.

Химическая окисляемость в зависимости от используемого окислителя бывает перманганатная, бихроматная. Бихроматную окисляемость называют химической потребностью в кислороде (ХПК). Выражается в количестве кислорода, поглощенного единицей объема сточных вод (мг О₂ /дм³).

Биохимическая окисляемость, или биохимическое потребление кислорода (БПК) определяет количество кислорода, необходимое для жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в окислении органических веществ. Также выражается в количестве кислорода, поглощенного единицей объема сточных

вод ($\text{мг O}_2 / \text{дм}^3$). БПК характеризует биохимически окисляемую часть органических примесей сточных вод. Существует несколько показателей БПК: БПК₅, БПК₂₀, БПК_{полн}. Первые два показателя соответствуют биохимическому потреблению кислорода к моменту времени 5 и 20 суток соответственно. БПК_{полн} – соответствует полному завершению процесса биохимического окисления органических веществ, является важнейшей технологической характеристикой аэробных биоокислителей.

Азот и фосфор находятся в ПСВ в виде органических и неорганических соединений. Являются биогенными элементами. При отсутствии данных элементов процесс биологической очистки невозможен. Для нормального осуществления процесса на 100 мг O_2 БПК_{полн} необходимо вводить не менее 5 мг аммонийного азота и 1 мг фосфора в виде растворимых соединений.

Тяжелые металлы в сточных водах содержатся в виде ионов и комплексов с неорганическими и органическими веществами. Оказывают токсическое действие на живые организмы. Наиболее опасными являются ртуть, кадмий, кобальт, бериллий, свинец, хром. Попадают в ПСВ предприятий машиностроительной, приборостроительной, электронной, металлургической, химической, текстильной отраслей промышленности.

Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) – органические соединения, состоящие из гидрофобной и гидрофильной частей, обладают растворимостью в маслах и в воде. Классифицируются на катионактивные, анионактивные, неионогенные. Широко используются в производственных процессах и в быту. Многие СПАВ являются биохимически трудно окисляемыми. При попадании в очистные сооружения являются причиной вспенивания, образуют с другими примесями сточных вод трудно удаляемые стойкие коллоидные структуры, что затрудняет очистку. Для удаления СПАВ из сточных вод используют физико-химические методы очистки.

Нефтепродукты – продукты переработки нефти, углеводороды различного строения, для определения экстрагируются гексаном. Поскольку в процессе биологической очистки нефтепродукты удаляются не полностью, концентрация их в ПСВ строго нормируется.

3. Условия выпуска производственных сточных вод в городскую водоотводящую сеть

Сточные воды, поступающие на городские очистные сооружения биологической очистки должны иметь состав или подвергаться такой предварительной очистке, чтобы:

1. Соответствовать по составу бытовым сточным водам или содержать специфические загрязняющие вещества в количествах, обеспечивающих бесперебойное функционирование сетей и сооружений коммунальной хозяйственно-фекальной канализации и городских очистных сооружений хозяйственно-фекальной канализации;
2. Не допускать выделения газообразных веществ, негативно влияющих на здоровье обслуживающего персонала, эксплуатирующего сети и сооружения коммунальной хозяйственно-фекальной канализации и окружающую среду.

3. Организации обязаны выполнять мероприятия по сокращению сброса сточных вод в коммунальную канализацию за счет применения рациональных технологических процессов, частичного или полного водооборота, повторного использования сточных вод.

4. Отведение сточных вод в коммунальную канализацию может быть разрешено при условии соответствия их состава перечню загрязняющих веществ и их допустимых концентраций в сточных водах при сбросе в коммунальную канализацию и распространяется:

4.1. На все выпуски сточных вод, подключенные к коммунальной хозяйственно-фекальной канализации;

4.2. На все проектируемые выпуски сточных вод вновь строящихся, реконструируемых и расширяемых организаций, а также организаций, на которых изменяется технология производства.

5. Сточные воды, подлежащие совместному отведению и очистке с хозяйственно-фекальными сточными водами не должны:

5.1. Содержать вещества, способные засорять или отлагаться на стенках труб канализационной сети;

5.2. Оказывать разрушающее действие на материалы труб и элементы сооружений канализации;

5.3. Содержать горючие смеси и растворенные газообразные вещества, способные образовывать взрывоопасные смеси в канализационных сетях и сооружениях;

5.4. Содержать вредные вещества в концентрациях, препятствующих биологической очистке сточных вод;

5.5. Иметь температуру выше 40°C;

5.6. Содержать вещества, для которых не установлены предельно допустимые концентрации в воде водного объекта - приемника очищены сточных вод;

5.7. Содержать возбудителей инфекционных заболеваний;

5.8. Содержать нерастворенные масла, а также смолы и мазут;

5.9. Содержать биологически жесткие поверхностно активные вещества.

6. Запрещается сбрасывать в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию концентрированные маточные и кубовые растворы, а также сточные воды, не загрязненные в процессе производства.

7. Присоединение внутриплощадочной и производственной канализации к коммунальной хозяйственно-фекальной канализации должно осуществляться самостоятельными выпусками сточных вод с устройством на них контрольных колодцев, размещаемых на или за пределами территории организаций.

8. Не допускается подключение сточных вод от нескольких организаций к одному выпуску сточных вод.

9. Не допускается объединение производственных сточных вод, взаимодействие которых может привести к образованию эмульсий, ядовитых или взрывоопасных газов, а также большого количества нерастворенных веществ.

10. На сетях, отводящих сточные воды в коммунальную хозяйственно-фекальную канализацию должны быть предусмотрены приспособления для учета количества сбрасываемых сточных вод и отбора проб.

11. В случаях, когда количество и состав сточных вод изменяются в течение суток, а также при возможных сбросах концентрированных сточных вод, необходимо предусматривать усреднители, обеспечивающие равномерный выпуск сточных вод в коммунальную канализацию.

12. Сточные воды, содержащие вещества, не удаляемые на городских очистных сооружениях, и вещества, на которые отсутствуют данные об эффективности их удаления, должны подвергаться локальной очистке до концентраций, установленных законодательством. (1 – с.36-39; 5 – с.164-165)

4. Условия выпуска производственных сточных вод в водотоки

Содержание вредных веществ в воде водоемов и в производственных стоках нормируется на основе определения предельно допустимых концентраций (ПДК) – основного гигиенического критерия качества воды водоемов, используемого органами Государственного контроля. ПДК – это максимальные концентрации, при которых вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на состояние здоровья населения и не ухудшают гигиенических условий водопользования.

ПДК устанавливаются на основе определения влияния веществ на организм человека с учетом различных признаков вредности (токсичности, изменения органолептических свойств воды и санитарного режима водоемов). ПДК для используемого вещества устанавливается по тому признаку вредности, при котором концентрация этого вещества наименьшая, и этот признак устанавливается для данного вещества лимитирующим.

Для всех нормированных загрязняющих веществ при сбросе в рыбохозяйственные водные объекты и для загрязняющих веществ 1–го и 2–го классов опасности при сбросе в хозяйственно–питьевые и культурно–бытовые водные объекты нормативы допустимых сбросов устанавливаются исходя из того, что при поступлении в водный объект нескольких загрязняющих веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности и с учетом примесей, поступающих в водный объект от вышерасположенных источников, сумма отношений концентраций ($C_1, C_2 \dots C_n$) каждого из этих загрязняющих веществ в контрольном створе к соответствующим предельно допустимым концентрациям не должна превышать единицы:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1$$

Если данное условие не соблюдается, то санитарное состояние водоема не удовлетворяет нормативным требованиям и необходимо осуществить мероприятия по повышению эффективности очистки производственных сточных вод перед их спуском в водоем.

Все расчеты по определению условий спуска сточных вод в водоем следует производить для самых невыгодных гидрологических условий:

для незарегулированных рек – на средний расход наиболее маловодного месяца гидрологического года 95%-ной обеспеченности;

для нижних бьефов зарегулированных рек – на минимальный

гарантированный пропуск гидроузла.

5. Нормативы качества воды водоемов.

Нормативы качества воды водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Нормативы качества воды для водоемов установлены по двум видам водопользования: к первому виду относятся участки водоемов, используемые в качестве источника для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности; ко второму виду – участки водоемов, используемые для купания, спорта и отдыха населения, а также находящиеся в черте населенных пунктов.

Приведенные в правилах нормативы качества воды водоемов относятся к створам, расположенным на проточных водоемах на 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания и организованного отдыха, территория населенного пункта и т. д.).

Растворенный кислород. В воде водоема (после смешения с ней сточных вод) количество растворенного кислорода не должно быть менее 4 мг/л в любой период года в пробе, отобранной до 12 ч дня.

Биохимическая потребность в кислороде. Полная потребность воды в кислороде при температуре 20 °С не должна превышать 3 и 6 мг/л для водоемов соответственно первого и второго вида.

Взвешенные вещества. Содержание взвешенных веществ в воде водоема после спуска сточных вод не должно увеличиваться более чем на 0,25 и 0,75 мг/л для водоемов соответственно первого и второго вида. Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение концентрации взвешенных веществ в воде до 5 %. Сточные воды, содержащие взвешенные вещества со скоростью осаждения более 0,4 мм/с спускать запрещается.

Запахи и привкусы. Вода не должна приобретать запахов и привкусов интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемых непосредственно или при последующем хлорировании.

Окраска. В столбике воды высотой 20 см для водоемов первого вида и 10 см для водоемов второго вида и морей окраска не должна обнаруживаться.

Реакция воды. После смешения со сточными водами реакция воды водоема должна быть $6,5 < \text{pH} < 8,5$.

Ядовитые вещества. Концентрация ядовитых веществ не должна оказывать прямое или косвенное вредное действие на здоровье населения.

Плавающие примеси. Сточные воды не должны содержать минеральных масел и других плавающих веществ в таких количествах, которые способны образовать на поверхности водоема пленки, пятна и скопления.

Возбудители заболеваний. В воде водоемов не должно быть возбудителей заболеваний. Сточные воды, содержащие возбудители заболеваний, должны подвергаться обеззараживанию после предварительной очистки. Методы обеззараживания биологически очищенных сточных вод должны обеспечивать коли-индекс не более 1000 при содержании остаточного хлора не менее 1,5

мг/л. Минеральный состав. Для водоемов первого вида минеральный состав не должен превышать по плотному остатку 1000 мг/л, в том числе хлоридов до 300 мг/л и сульфатов до 100 мг/л.

Температура. В результате спуска в водоем сточных вод температура воды в нем не должна повышаться летом более чем на 3° по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца.

Нормативы качества воды водоемов, используемых в рыбохозяйственных целях. Эти нормативы установлены применительно к двум видам водопользования: к первому виду относятся водоемы, используемые для воспроизводства и сохранения ценных сортов рыб; ко второму водоемы, используемые для всех других рыбохозяйственных целей. На участках массового нереста и нагула рыб выпуск сточных вод не разрешается.

Растворенный кислород. В зимний период количество растворенного кислорода не должно быть ниже 6 и 4 мг/л для водоемов соответственно первого и второго вида, в летний период – не ниже 6 мг/л в пробе, отобранной до 12 ч дня для всех водоемов.

Биохимическая потребность в кислороде. БПК_{полн} при температуре 20 °С не должна превышать 3 мг/л в водоемах обоих видов. Если в зимний период содержание растворенного кислорода в воде водоемов первого и второго вида водопользования снижается соответственно до 6 и 4 мг/л, то можно допустить сброс в них только тех сточных вод, которые не изменяют БПК воды.

Ядовитые вещества. Концентрация ядовитых веществ не должна оказывать прямое или косвенное вредное действие на рыб и водные организмы, служащие кормом для рыб.

Температура. В результате спуска в водоем сточных вод температура воды в нем не должна повышаться более чем на 5° к естественной температуре воды.

Тема 2 Механическая очистка производственных сточных вод

[#ТеоретическийРаздел](#)

Решетки. Песколовки. Усреднители. Отстойники. Отстойники специального назначения. Фильтры. Механические сита и сетчатые барабанные фильтры. Гидроциклоны. Центрифуги.

Решетки

В составе очистных сооружений следует предусматривать решетки с прозорами не более 16 мм, со стержнями прямоугольной формы или решетки-дробилки (при совместной очистке бытовых и производственных вод или аналогичных).

Примечание. Решетки допускается не предусматривать в случае подачи сточных вод на очистные сооружения насосами при установке перед насосами решеток с прозорами не более 16 мм или решеток-дробилок, при этом:

длина напорного трубопровода не должна превышать 500 м;

в насосных станциях предусматривается вывоз задержанных на решетках отбросов.

Число решеток резервных – 1(1-3 основных), 2 – (более 3), скорость протекания жидкости в прозорах – 0,8 – 1 м/с, (при менее 0,4 – падают отбросы). Механизированная очистка решеток от отбросов и транспортирование их к дробилкам должны быть предусмотрены при количестве отбросов 0,1 м³ /сут и более. При меньшем количестве отбросов допускается установка решеток с ручной очисткой.

Отбросы с решеток допускается собирать в контейнеры с герметически закрывающимися крышками и вывозить в места обработки твердых бытовых и промышленных отходов. Дробленые отбросы рекомендуется направлять для совместной переработки с осадками очистных сооружений (при биохимической очистке).

Пол здания решеток надлежит располагать выше расчетного уровня сточной воды в канале не менее чем на 0,5 м.

Потери напора в решетках следует принимать в 3 раза большими, чем для чистых решеток.

Для решеток с прозорами шириной b справедливо соотношение:

$$q = b \cdot h \cdot n \cdot v_p \quad \text{м}^3/\text{с}$$

где q – максимальный расход сточных вод, м³/с; h – глубина воды перед решеткой, м; n – число прозоров; v_p – скорость течения воды в прозорах, м/с.

Количество прозоров в решетках, необходимых для пропуска сточных вод:

$$n = q \cdot K_{ст} / b \cdot h \cdot v_p$$

где $K_{ст} = 1,05 - 1,1$ – коэффициент стеснения потока механическими граблями.

Общая ширина решеток:

$$B = S(n-1) + b \cdot n, \text{ м}$$

где S – толщина стержней.

Песколовки

Песколовки необходимо предусматривать при производительности очистных сооружений свыше 100 м³/сут. Число песколовок или отделений песколовок надлежит принимать не менее двух, причем все песколовки или отделения должны быть рабочими.

Тип песколовки (горизонтальная, тангенциальная, аэрируемая) необходимо выбирать с учетом производительности очистных сооружений, схемы очистки сточных вод и обработки их осадков, характеристики взвешенных веществ, компоновочных решений и т. п.

При расчете горизонтальных и аэрируемых песколовок следует определять их длину L_s , м, по формуле

$$L_s = \frac{1000 K_s H_s v_s}{u_o},$$

где K_s – коэффициент, принимаемый по табл. 27;

H_s – расчетная глубина песколовки, м, принимаемая для аэрируемых песколовок равной половине общей глубины;

v_s – скорость движения сточных вод, м/с, принимаемая по табл. 28;

u_0 - гидравлическая крупность песка, мм/с, принимаемая в зависимости от требуемого диаметра задерживаемых частиц песка.

Таблица 2.1

Диаметр задерживаемых частиц песка, мм	Гидравлическая крупность песка u_0 , мм/с	Значение K_s в зависимости от типа песколовок и отношения ширины B к глубине H аэрируемых песколовок			
		горизонтальные	аэрируемые		
			$B:H=1$	$B:H=1,25$	$B:H=1,5$
0,15	13,2	-	2,62	2,50	2,39
0,20	18,7	1,7	2,43	2,25	2,08
0,25	24,2	1,3	-	-	-

Таблица 2.2

Песколовка	Гидравлическая крупность песка u_0 , мм/с	Скорость движения сточных вод v м/с при		Глубина H , м	Количество задерживаемого песка,	Влажность песка, %	Содержание песка в осадке, %
		минимальном	максимальном				
Горизонтальная	18,7-24,2	0,15	0,3	0,5-2	0,02	60	55-60
Аэрируемая	13,2-18,7	-	0,08-0,12	0,7-3,5	0,03	-	90-95
Тангенциальная	18,7-24,2	-	-	0,5	0,02	60	70-75

Вертикальная песколовка – 100 – 5000 м³/уст. Имеет нисходяще-восходящее движение жидкости. Состоит из приемного и отстойного отделений и осадочной части. Может быть круглой или прямоугольной в плане, из двух секций.

Площади приемного и отстойного отделений вертикальной песколовки:

$$F_{np} = \frac{q}{3600 \cdot v_{np}}, \text{ м}^2$$

$$F_{om} = \frac{q}{3600 \cdot v_{om}}, \text{ м}^2$$

где q – средний расход сточных вод, м³/ч; $v_{от}$, $v_{пр}$ – расчетные скорости потока жидкости: $v_{от}=0,1$ м/с; $v_{пр}=0,05$ м/с.

Угол наклона стенок осадочной части – 60°.

Полная высота равна сумме высот бортов, рабочей, осадочной и нейтральной частей.

$$H_n = h_b + h_p + h_{oc} + h_n, \text{ м}$$

Площадь зеркала в плане:

$$F_{\text{план}} = \frac{q}{u_0 \cdot n}, \text{ м}^2$$

где n – количество песколовков; u_0 – гидравлическая крупность, м/с; q – расход, м³/с.

По рассчитанным параметрам выбрать по таблице 2.6 (стр. 87 ВСПП, Яковлев и др., 1990 г.).

При проектировании песколовков следует принимать общие расчетные параметры для песколовков различных типов по табл. 28:

а) для горизонтальных песколовков — продолжительность протекания сточных вод при максимальном притоке не менее 30 с;

б) для аэрируемых песколовков:

установку аэраторов из дырчатых труб — на глубину $0,7 H_s$ вдоль одной из продольных стен над лотком для сбора песка;

интенсивность аэрации — $3-5 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;

поперечный уклон дна к песковому лотку — $0,2-0,4$;

впуск воды — совпадающий с направлением вращения воды в песколовке, выпуск — затопленный;

отношение ширины к глубине отделения — $B:H = 1:1,5$;

в) для тангенциальных песколовков:

нагрузку — 110 м^3 (60-80 на малых) / $(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при максимальном притоке;

впуск воды — по касательной на всей расчетной глубине;

глубину — равную половине диаметра;

диаметр — не более 6 м.

Удаление задержанного песка из песколовков всех типов следует предусматривать:

вручную — при объеме его до $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$;

механическим или гидромеханическим способом с транспортированием песка к приемку и последующим отводом за пределы песколовков гидроэлеваторами, песковыми насосами и другими способами — при объеме его свыше $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$.

При небольших объемах песка он удаляется на обработку с сырым осадком отстойников, электрофлотаторов, при большой — в накопители.

Для отмывки и обезвоживания песка допускается предусматривать устройство бункеров, приспособленных для последующей погрузки песка в мобильный транспорт. Вместимость бункеров должна рассчитываться на 1,5 - 5-суточное хранение песка. Для повышения эффективности отмывки песка следует применять бункера в сочетании с напорными гидроциклонами диаметром 300 мм и напором пульпы перед гидроциклоном $0,2 \text{ МПа}$ (2 кгс/см^2). Дренажная вода из песковых бункеров должна возвращаться в канал перед песколовками.

В зависимости от климатических условий бункер следует размещать в отапливаемом здании или предусматривать его обогрев.

Усреднители

При необходимости усреднения состава и расхода производственных сточных вод надлежит предусматривать усреднители.

Тип усреднителя (барботажный, с механическим перемешиванием, многоканальный) следует выбирать с учетом характера колебаний концентрации загрязняющих веществ (циклические, произвольные колебания и залповые сбросы), а также вида и количества взвешенных веществ.

Число секции усреднителей необходимо принимать не менее двух, причем обе рабочие.

При наличии в сточных водах взвешенных веществ следует предусматривать мероприятия по предотвращению осаждения их в усреднителе.

Усреднитель барботажного типа необходимо применять для усреднения состава сточных вод с содержанием взвешенных веществ до 500 мг/л гидравлической крупностью до 10 мм/с при любом режиме их поступления.

Объем усреднителя W_z , м³, при залповом сбросе следует рассчитывать по формулам:

$$W_z = \frac{1,3q_w t_z}{\ln \frac{K_{av}}{K_{av} - 1}}, \quad \text{при } K_{av} \text{ до } 5;$$

$$W_z = 1,3q_w t_z K_{av} \quad \text{при } K_{av} = 5 \text{ и более,}$$

где q_w — расход сточных вод, м³/ч;

t_z — длительность залпового сброса, ч;

K_{av} — требуемый коэффициент усреднения, равный:

$$K_{av} = \frac{C_{\max} - C_{mid}}{C_{adm} - C_{mid}},$$

здесь C_{\max} - концентрация загрязнений в залповом сбросе;

C_{mid} — средняя концентрация загрязнений в сточных водах;

C_{adm} — концентрация, допустимая по условиям работы последующих сооружений.

Объем усреднителя W_{cir} , м³, при циклических колебаниях надлежит рассчитывать по формулам:

$$W_{cir} = 0,21q_w t_{cir} \sqrt{K_{av}^2 - 1} \quad \text{при } K_{av} \text{ до } 5;$$

$$W_{cir} = 1,3q_w t_{cir} K_{av} \quad \text{при } K_{av} = 5 \text{ и более,}$$

где t_{cir} — период цикла колебаний, ч;

K_{av} — коэффициент усреднения, определяемый по формуле (21).

6.43. При произвольных колебаниях объем усреднителя W_{es} , м³, следует определять пошаговым расчетом (методом последовательного приближения) по формуле

$$W_{es} = \frac{q_w (C_{en} - C_{ex}) \Delta t_{st}}{\Delta C_{ex}},$$

где Δt_{st} — временной шаг расчета, принимаемый не более 1 ч;

ΔP_{ex} — приращение концентрации на выходе усреднителя за текущий шаг расчета (может быть как положительным, так и отрицательным), г/м³.

Расчет следует начинать с неблагоприятных участков графика почасовых колебаний.

Если получающийся в результате расчета ряд C_{ex} не удовлетворяет технологическим требованиям (например, по максимальной величине C_{ex}), расчет следует повторить при увеличенном W_{es} . Начальную величину W_{es} необходимо назначать ориентировочно исходя из оценки общего характера колебаний C_{ex} . График колебаний на входе в усреднитель C_{en} должен приниматься фактический (по данному производству или аналогу) или по технологическому заданию.

Распределение сточных вод по площади усреднителя барботажного типа должно быть максимально равномерным с использованием системы каналов и подающих лотков с придонными отверстиями или треугольными водосливами при скорости течения в лотке не менее 0,4 м/с.

Барботирование следует осуществлять через перфорированные трубы, укладываемые строго горизонтально вдоль резервуара. При пристенном расположении барботеров расстояние от них до противоположной стены следует принимать 1-1,5 h , между барботерами — 2-3 h , при промежуточном расположении расстояние барботеров от стены 1-1,5 h , где h - глубина погружения барботера. При переменной глубине воды в усреднителе h следует принимать при максимальном уровне.

При расчете необходимо принимать:

интенсивность барботирования при пристенных барботерах (создающих один циркуляционный поток) - 6 м³/ч на 1 м. промежуточных (создающих два циркуляционных потока) - 12 м³ /ч на 1 м;

интенсивность барботирования для предотвращения выпадения в осадок взвесей в пристенных барботерах — до 12 м³/ч на 1 м, в промежуточных — до 24 м³/ч на 1 м;

перепад, давления в отверстиях барботера — 1-4 кПа (0,1-0,4 м вод. ст.).

Усреднитель с механическим перемешиванием следует применять для усреднения состава сточных вод с содержанием взвешенных веществ свыше 500 мг/л при любом режиме их поступления. Подача осуществляется периферийным желобом равномерно по периметру усреднителя.

Объем усреднителя с механическим перемешиванием должен рассчитываться аналогично объему усреднителя барботажного типа.

Многоканальные усреднители с заданным распределением сточных вод по каналам надлежит применять для выравнивания залповых сбросов сточных вод с содержанием взвешенных веществ гидравлической крупностью до 5 мм/с при концентрации до 500 мг/л.

Объем W_{av} , м³, многоканальных усреднителей при залповых сбросах высококонцентрированных сточных вод следует рассчитывать по формуле

$$W_{av} = \frac{q_w t_z K_{av}}{2},$$

где q_w — расход сточных вод, м³ /ч;

t_z — длительность залпового сброса, ч;

K_{av} — коэффициент усреднения.

Для снижения расчетных расходов сточных вод, поступающих на

очистные сооружения, допускается устройство регулирующих резервуаров.

Регулирующие резервуары надлежит размещать после решеток и песколовок с подачей в них сточных вод через разделительную камеру, отделяющую расход, превышающий усредненной.

Конструкцию регулирующих резервуаров следует принимать аналогичной первичным отстойникам с соответствующими устройствами для удаления осадка и перекачкой осветленной воды на последующие сооружения для ее очистки в часы минимального притока.

Оптимальную величину зарегулированного расчетного расхода следует определять технико-экономическим расчетом, подбирая последовательно ряд значений коэффициентов неравномерности после регулирования K_{reg} , объемов регулирующего резервуара и объемов сооружений для очистки сточных вод и вспомогательных сооружений (воздуходувной и насосных станций и т. д.).

Подбор значений коэффициентов неравномерности после регулирования K_{reg} , объемов регулирующего резервуара W_{reg} следует выполнять по соотношениям:

$$\gamma_{reg} = \frac{K_{reg}}{K_{gen}};$$

$$\tau_{reg} = \frac{W_{reg}}{q_{mid}},$$

где K_{gen} — общий коэффициент неравномерности поступления сточных вод;
 q_{mid} — среднечасовой расход сточных вод.

Зависимость между γ_{reg} и τ_{reg} допускается принимать по табл. 2,3.

Таблица 2.3

γ_{reg}	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,67	0,65
τ_{reg}	0	0,24	0,5	0,9	1,5	2,15	3,3	4,4

Вертикальный смеситель вихревого типа

Перемешивание осуществляется благодаря изменению скоростей движения воды при переходе от узкого к широкому сечению в конической части смесителя. Скорость воды на входе в конусную часть – 1 м/с, в цилиндрической не превышает 0,03 м/с. Продолжительность пребывания – 1 – 3 минуты. Угол конуса – 30 – 45°.

Объем смесителя:

$$W = \frac{Q \cdot t}{60}; \text{ м}^3$$

Q – расход воды, м³/ч; t – продолжительность пребывания, мин.

Площадь входного отверстия конуса:

$$f_1 = \frac{q}{v_1}; \text{ м}^2$$

q – расход воды, м³/с; v_1 – скорость движения воды, м/с (1 м/с).

Площадь выходного отверстия конуса:

$$f_2 = \frac{q}{v_2}; \text{ м}^2$$

q – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$; v_2 – скорость движения воды, $\text{м}/\text{с}$ (0,03 $\text{м}/\text{с}$).

Возвышение бортов над поверхностью воды – 0,1 – 0,15 м.

Суммарные потери напора в смесителе – 0,5 м.

Верхняя граница осадка не должна доходить до переливного желоба на 1 – 1,5 м.

Отстойники

Тип отстойника (вертикальный, радиальный, с вращающимся сборно-распределительным устройством, горизонтальный, двухъярусный и др.) необходимо выбирать с учетом принятой технологической схемы очистки сточных вод и обработки их осадка, производительности сооружений, очередности строительства, числа эксплуатируемых единиц, конфигурации и рельефа площадки, геологических условий, уровня грунтовых вод и т. п.

Число отстойников следует принимать: первичных - не менее двух, вторичных - не менее трех при условии, что все отстойники являются рабочими. При минимальном числе их расчетный объем необходимо увеличивать в 1,2-1,3 раза.

Расчет отстойников надлежит производить по кинетике выпадения взвешенных веществ с учетом необходимого эффекта осветления.

Расчетное значение гидравлической крупности u_o , $\text{мм}/\text{с}$, необходимо определять по кривым кинетики отстаивания $\Theta = f(t)$, получаемым экспериментально, с приведением полученной в лабораторных условиях величины к высоте слоя, равной глубине проточной части отстойника, по формуле

$$u_o = \frac{1000 H_{set} K_{set}}{t_{set} \left(\frac{K_{set} H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}}, \quad (30)$$

где H_{set} - глубина проточной части в отстойнике, м;

K_{set} - коэффициент использования объема проточной части отстойника,

t_{set} - продолжительность отстаивания, с, соответствующая заданному эффекту очистки и полученная в лабораторном цилиндре в слое h_1 ;

n_2 - показатель степени, зависящий от агломерации взвеси в процессе осаждения;

Примечания: 1. Расчет отстойников для сточных вод, содержащих загрязняющие вещества легче воды (нефтепродукты, масла, жиры и т.п.), следует выполнять с учетом гидравлической крупности всплывающих частиц.

2. При наличии в воде частиц тяжелей и легче воды за расчетную надлежит принимать меньшую гидравлическую крупность.

3. В случае, когда температура сточной воды в производственных условиях отличается от температуры воды, при которой определилась кинетика отстаивания, необходимо вводить поправку

$$u_o^t = \frac{\mu_{lab}}{\mu_{pr}} u_o;$$

где μ_{lab} , μ_{pr} - вязкость воды при соответствующих температурах в лабораторных

и производственных условиях;

u_0 - гидравлическая крупность частиц, полученная по формуле, мм/с.

Таблица 2.4

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания t_{ser} , с, в слое $h_1=500$ мм при концентрации взвешенных веществ мг/л		
	200	300	400
20	600	540	480
30	960	900	840
40	1440	1200	1080
50	2160	1800	1500
60	7200	3600	2700
70	-	-	7200

Основные расчетные параметры отстойников надлежит определять по табл. 2.5.

Таблица 2.5

Отстойник	Коэффициент использования объема K_{set}	Рабочая глубина отстойной части H_{set} , м	Ширина B_{set} , м	Скорость рабочего потока v , мм/с	Уклон днища к иловому приямку
Горизонтальный	0,5	1,5-4	$2H_{set}$	5-10	0,005-
Радиальный	0,45	1,5-5	-	5-10	0,005-
Вертикальный	0,35	2,7-3,8	-	-	-
С вращающимся сборно-распределительным устройством	0,85	0,8-1,2	-	-	0,05
С нисходяще-восходящим потоком	0,65	2,7-3,8	-	$2u_0 - 3u_0$	-
С тонкослойными блоками: противоточная	0,5-0,7	0,025-0,2	2-6	-	-
перекрестная схема работы	0,8	0,025-0,2	1,5	-	0,005

Примечания: 1. Коэффициент K_{set} определяет гидравлическую эффективность отстойника и зависит от конструкции водораспределительных и водосборных устройств; указывается организацией-разработчиком.
2. Величину турбулентной составляющей v_{tb} , мм/с, в зависимости от

Таблица 2.6

v_w , мм/с	5	10	15
v_{tb} , мм/с	0	0,05	0,1

Производительность одного отстойника q_{set} , м³/ч, следует определять исходя из заданных геометрических размеров сооружения и требуемого эффекта осветления сточных вод по формулам:

а) для горизонтальных отстойников

$$q_{set} = 3,6 K_{set} L_{set} B_{set} (u_o - v_{tb});$$

б) для отстойников радиальных, вертикальных и с вращающимся сборно-распределительным устройством

$$q_{set} = 2,8 K_{set} (D_{set} - d_{en}) (u_o - v_{tb});$$

в) для отстойников с нисходяще-восходящим потоком

$$q_{set} = 1,41 K_{set} D_{set}^2 u_o;$$

г) для отстойников с тонкослойными блоками при перекрестной схеме работы

$$q_{set} = \frac{7,2 K_{set} H_{bl} L_{bl} u_o}{K_{dis} h_{ti}};$$

д) то же, при противоточной схеме

$$q_{set} = 3,6 K_{set} H_{bl} B_{bl} v_w,$$

где K_{set} - коэффициент использования объема, принимаемый по табл. 2,5;

L_{set} - длина секции, отделения, м;

L_{bl} - длина тонкослойного блока (модуля), м;

B_{set} - ширина секции, отделения, м;

B_{bl} - ширина тонкослойного блока, м;

D_{set} - диаметр отстойника, м;

d_{en} - диаметр впускного устройства, м;

u_o - гидравлическая крупность задерживаемых частиц, мм/с;

v_{tb} - турбулентная составляющая, мм/с, принимаемая по табл. 2,6 в зависимости от скорости потока в отстойнике v_w , мм/с;

H_{bl} - высота тонкослойного блока, м;

h_{ti} - высота яруса тонкослойного блока (модуля), м;

K_{dis} - коэффициент сноса выделенных частиц, принимаемый при плоских пластинах равным 1,2, при рифленых пластинах — 1.

Основные конструктивные параметры следует принимать:

а) для горизонтальных и радиальных отстойников:

впуск исходной воды и сбор осветленной — равномерными по ширине (периметру) впускного и сборного устройств отстойника;

высоту нейтрального слоя для первичных отстойников — на 0,3 м выше днища (на выходе из отстойника), для вторичных - 0,3 м и глубину слоя ила 0,3-0,5 м;

угол наклона стенок илового приемка — 50-55°;

б) для вертикальных отстойников:

длину центральной трубы — равной глубине зоны отстаивания;

скорость движения рабочего потока в центральной трубе — не более 30 мм/с;

диаметр раструба — 1,35 диаметра трубы;

диаметр отражательного щита — 1,3 диаметра раструба;

угол конусности отражательного щита — 146°;

скорость рабочего потока между раструбом и отражательным щитом — не

более 20 мм/с для первичных отстойников и не более 15 мм/с для вторичных;
высоту нейтрального слоя между низом отражательного щита и уровнем осадка — 0,3 м;

угол наклона конического днища — 50-60°;

в) для отстойников с нисходяще-восходящим потоком:

площадь зоны нисходящего потока — равной площади зоны восходящего;

высоту перегородки, разделяющей зоны, — равной $2/3H_{set}$;

уровень верхней кромки перегородки — выше уровня воды на 0,3 м, но не выше стенки отстойника;

распределительный лоток переменного сечения — внутри разделительной перегородки. Начальное сечение лотка следует рассчитывать на пропуск расчетного расхода со скоростью не менее 0,5 м/с, в конечном сечении скорость — не менее 0,1 м/с.

Для равномерного распределения воды кромку водослива распределительного лотка следует выполнять в виде треугольных водосливов через 0,5 м;

г) для отстойников с тонкослойными блоками — угол наклона пластин от 45 до 60°.

Для повышения степени очистки или для обеспечения возможности увеличения производительности эксплуатируемых станций существующие отстойники (горизонтальные, радиальные, вертикальные) могут быть дополнены блоками из тонкослойных элементов. В этом случае блоки необходимо располагать на выходе воды из отстойника перед водосборным лотком.

Количество осадка Q_{mud} , м³/ч, выделяемого при отстаивании, надлежит определять исходя из концентрации взвешенных веществ в поступающей воде C_{en} и концентрации взвешенных веществ в осветленной воде C_{ex} :

$$Q_{mud} = \frac{q_w (C_{en} - C_{ex})}{(100 - p_{mud}) \gamma_{mud} \cdot 10^4},$$

где q_w - расход сточных вод, м³/ч;

p_{mud} - влажность осадка, %;

γ_{mud} - плотность осадка, г/см³.

Исходя из объема образующегося осадка и вместимости зоны накопления его в отстойнике следует определять интервал времени между выгрузками осадка. При удалении осадка под гидростатическим давлением вместимость приемка первичных отстойников и вторичных отстойников после биофильтров надлежит предусматривать равной объему осадка, выделенного за период не более 2 сут, вместимость приемка вторичных отстойников после аэротенков — не более двухчасового пребывания осадка.

При механизированном удалении осадка вместимость зоны накопления его в первичных отстойниках надлежит принимать по количеству выпавшего осадка за период не более 8 ч.

Удаление осадка из приемка отстойника надлежит предусматривать самотеком, под гидростатическим давлением, насосами, предназначенными для перекачки жидкости, с большим содержанием взвешенных веществ, гидроэлеваторами, эрлифтами, ковшовыми элеваторами, грейфером и т.д.

Гидростатическое давление при удалении осадка из отстойников бытовых сточных вод необходимо принимать, не менее, кПа (м вод. ст.): первичных — 15 (1,5), вторичных — 12 (1,2) после биофильтров и 9 (0,9) — после аэротенков.

Диаметр труб для удаления осадка необходимо принимать не менее 200 мм.

Для удержания всплывших загрязняющих веществ перед водосборным устройством следует предусматривать полупогруженные перегородки и удаление накопленных на поверхности воды веществ.

Глубина погружения перегородки под уровень воды должна быть не менее 0,3 м.

Высоту борта отстойника над поверхностью воды надлежит принимать 0,3 м.

Водоприемные лотки должны быть оборудованы водосливами с тонкой стенкой. Крепление водослива к лотку должно обеспечивать возможность его регулирования по высоте. Водосливная кромка может быть прямой или с треугольными вырезами. Нагрузка на 1 м водослива не должна превышать 10 л/с.

Тема 3 Физико-химическая очистка производственных сточных вод

[#ТеоретическийРаздел](#)

Нейтрализация. Коагулирование и флокуляция. Флотация. Сорбция. Ионный обмен. Экстракция. Окисление. Озонирование. Ультрафильтрация и обратный осмос. Электрохимические методы очистки.

Нейтрализация

Производственные сточные воды от технологических процессов многих отраслей промышленности содержат щелочи и кислоты, а также соли тяжелых металлов. Для предупреждения коррозии материалов канализационных очистных сооружений, нарушения биохимических процессов в биологических окислителях и водоемах, а также для осаждения из сточных вод солей тяжелых металлов кислые и щелочные стоки подвергают нейтрализации.

Нейтрализация - это химическая реакция между веществом, имеющим свойство кислоты, и веществом, имеющим свойство основания, приводящая к потере характерных свойств обоих соединений. Наиболее типичная реакция нейтрализации в водных растворах происходит между гидратированными ионами водорода и ионами гидроксила, содержащимися соответственно в сильных кислотах и основаниях.

Нейтрализацию кислот можно проводить любыми щелочами или солями, образованными сильным основанием и слабой кислотой (KOH, NaOH, известью, известняком, доломитом, мрамором, мелом, магнезитом, содой, отходами щелочей и т.п.). На производстве чаще применяют более доступный и дешевый реагент - гидроксид кальция (гашеную известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$). Для нейтрализации любых щелочей применимы соляная, азотная, фосфорная и другие кислоты. Однако чаще всего используют техническую серную кислоту.

В практике химической очистки применяются следующие способы нейтрализации:

- взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод;
- фильтрация через нейтрализующие материалы (известь CaO , известняк (мел) CaCO_3 , доломит $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$, магнезит MgCO_3 , обожженный магнезит MgO);
- нейтрализации реагентами (растворы кислот, негашеная известь CaO , гашеная известь Ca(OH)_2 и др.).

Коагуляция

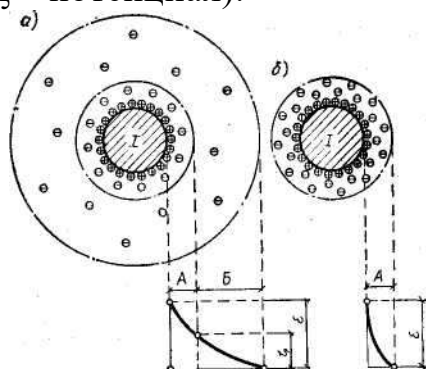
Коагуляция – это слипание частиц коллоидной системы при их столкновениях в процессе теплового движения, перемешивания или направленного перемещения во внешнем силовом поле. В результате коагуляции образуются агрегаты – более крупные (вторичные) частицы, состоящие из скопления мелких (первичных). Первичные частицы в таких агрегатах соединены силами межмолекулярного взаимодействия непосредственно или через прослойку окружающей (дисперсионной) среды (в нашем случае – жидкости). Коагуляция сопровождается прогрессирующим укрупнением частиц и уменьшением их общего числа в объеме жидкости).

Производственные сточные воды в большинстве случаев представляют собой слабоконцентрированные эмульсии или суспензии, содержащие коллоидные частицы размером 0,001– 0,1 мкм, мелкодисперсные частицы размером 0,1–10 мкм, а также частицы размером 10 мкм и более.

В процессе механической очистки из сточных вод достаточно легко удаляются частицы размером 10 мкм и более, мелкодисперсные и коллоидные частицы практически не удаляются, поэтому сточные воды многих производств после сооружений механической очистки представляют собой агрегативно-устойчивую систему. Для их очистки применяют методы коагуляции; агрегативная устойчивость при этом нарушается, образуются более крупные агрегаты частиц, которые удаляют из сточных вод механическими методами.

Коллоидные частицы, представляющие собой совокупность большого числа молекул вещества, содержащегося в сточной воде в диспергированном состоянии, при перемещении прочно удерживают покрывающий их слой воды. Обладая большой удельной площадью поверхности, коллоидные частицы адсорбируют находящиеся в воде ионы преимущественно одного знака, значительно понижающие свободную поверхностную энергию коллоидных частиц. Ионы, непосредственно прилегающие к ядру, образуют слой поверхностно-ядерных ионов, или так называемый адсорбционный слой. В этом слое может находиться также небольшое число противоположно заряженных ионов, суммарный заряд которых, однако, не компенсирует заряда поверхностно-ядерных ионов. В связи с тем что на границе адсорбционного слоя создается электрический заряд, вокруг гранулы (ядра с адсорбционным слоем) образуется диффузионный слой, в котором находятся остальные противоположно заряженные ионы, компенсирующие заряд гранул. Гранула вместе с диффузионным слоем называется мицеллой. На рисунке показано изменение напряженности электрического поля мицеллы. Потенциал на границе ядра – термодинамический потенциал (ϵ - потенциал) – равен сумме

зарядов всех поверхностно-ядерных ионов. На границе адсорбционного слоя потенциал уменьшается на величину, равную сумме зарядов, находящихся в адсорбционном слое противоположно заряженных ионов. Потенциал на границе адсорбционного слоя называется электрокинетическим потенциалом (ξ – потенциал).



Строение мицеллы

a– $\xi > 0,03$; *б*– $\xi = 0$; А– адсорбционный слой; Б– диффузионный слой; I– ядро.

На частицы коллоидов действуют диффузионные силы, и частицы стремятся равномерно распределиться во всем объеме жидкой фазы. Наличие у частиц электрических зарядов одного знака вызывает их взаимное отталкивание. Одновременно между коллоидными частицами имеются молекулярные силы взаимного притяжения, которые проявляются лишь при небольших расстояниях между частицами. При снижении электрического заряда частиц, т. е. при уменьшении ξ -потенциала, силы отталкивания уменьшаются и становится возможным слипание частиц – процесс коагуляции коллоида. Силы взаимного притяжения между коллоидными частицами начинают преобладать над электрическими силами отталкивания при ξ -потенциале системы менее 0,03 В. При ξ -потенциале, равном нулю, коагуляция происходит с максимальной интенсивностью, состояние коллоидной системы в этом случае носит название изоэлектрического состояния, а величина рН называется изоэлектрической точкой системы.

Одним из методов снижения ξ -потенциала коллоидной системы является увеличение концентрации в воде электролитов. Способность электролита вызывать коагуляцию коллоидной системы возрастает с увеличением валентности коагулирующего иона, обладающего зарядом, который противоположен заряду коллоидных частиц. Соотношение коагулирующей способности одно-, двух- и трехвалентных ионов приблизительно 1 : 30 : 1000.

При коагуляции хлопья образуются сначала за счет части взвешенных частиц и коагулянта или только коагулянта. Образовавшиеся хлопья последнего сорбируют вещества, загрязняющие сточные воды и, осаждаясь вместе с ними, очищают воду.

Реагентная коагуляция

Для очистки производственных сточных вод применяют различные минеральные коагулянты.

1. Соли алюминия. Сульфат алюминия (глинозем) $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ (плотность 1,62 т/м³, насыпная плотность 1,05–1,1 т/м³, растворимость в

воде при температуре 20°C – 362 г/л). В результате применения сульфата алюминия степень минерализации воды увеличивается. Аллюминат натрия NaAlO_2 , оксихлорид алюминия $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$, полихлорид алюминия $[\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n}]_m(\text{SO}_4)_x$: (где $1 \leq n \leq 5$, $m \leq 10$), алюмокалиевые $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ и алюмоаммонийные $\text{Al}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ квасцы имеют меньшую стоимость и дефицитность, чем сульфат алюминия.

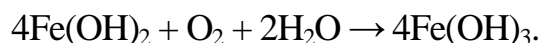
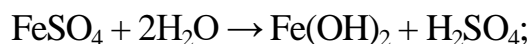
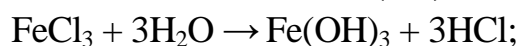
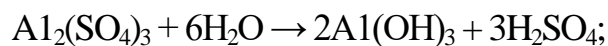
2. Соли железа. Сульфат двухвалентного железа, или железный купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (плотность 3 т/м³, насыпная плотность 1,9 т/м³, растворимость в воде при температуре 20°C – 265 г/л). Гидроксид железа – плотные, тяжелые, быстро осаждающиеся хлопья, что является несомненным преимуществом его применения. Хлорид железа $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; сульфат железа $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$.

3. Соли магния. Хлорид магния $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; сульфат магния $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

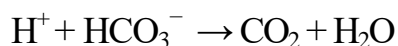
4. Известь.

5. Шламовые отходы и отработанные растворы отдельных производств. Хлорид алюминия (производство этилбензола), сульфат двухвалентного железа (травление металлов), известковый шлам и др.

При использовании в качестве коагулянтов солей алюминия и железа в результате реакции гидролиза образуются малорастворимые в воде гидроксиды железа и алюминия, которые сорбируют на развитой хлопьевидной поверхности взвешенные, мелкодисперсные и коллоидные вещества и при благоприятных гидродинамических условиях оседают на дно отстойника, образуя осадок:



Образующиеся в процессе гидролиза серную и соляную кислоты следует нейтрализовать известью или другими щелочами. Нейтрализация образующихся при гидролизе коагулянтов кислот может также протекать за счет щелочного резерва сточной жидкости:



В целях уменьшения расходов коагулянтов процесс коагуляции следует осуществлять в диапазоне оптимальных величин рН. Так, значения рН при оптимальных условиях коагуляции: для $\text{Al}(\text{OH})_3$ – от 4,5 до 7; для $\text{Fe}(\text{OH})_2$ – от 8,5 до 10,5, а для $\text{Fe}(\text{OH})_3$ – от 4 до 6 и от 8 до 10.

Количество коагулянта, необходимое для осуществления процесса коагуляции, зависит от вида коагулянта, расхода, состава, требуемой степени очистки сточных вод и определяется по табл. 55 СНиП 2.04.03-85 или экспериментально.

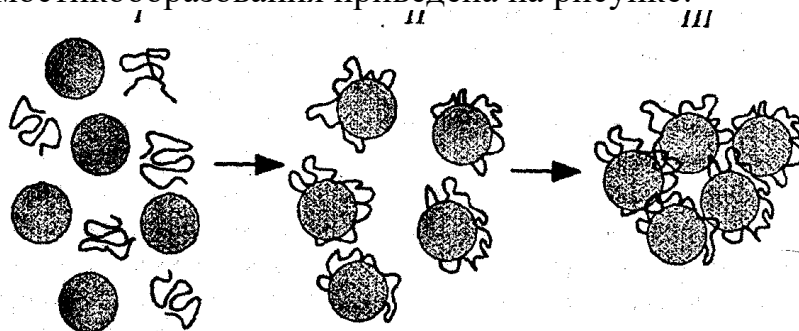
Образующиеся в результате коагуляции осадки представляют собой хлопья размером от нескольких микрометров до нескольких миллиметров. Рыхлая пространственная структура хлопьев осадка обуславливает их высокую влажность – до 96–99,9 %. Плотность хлопьев осадка составляет обычно 1,01–1,03 т/м³. Для обесцвечивания высококонцентрированных и интенсивно

окрашенных вод расходы коагулянтов достигают 1–4кг/м³; объем осадка, получающегося в результате коагуляции, достигает 10–20 % объема обрабатываемой сточной воды. Значительный расход коагулянтов, большой объем получающегося осадка, сложность его обработки и последующего складирования, увеличение степени минерализации обрабатываемых сточных вод не позволяют в большинстве случаев рекомендовать коагуляцию как метод самостоятельной очистки. Коагуляционный метод очистки применяется в основном при небольших расходах сточных вод и при наличии дешевых коагулянтов.

Флокуляция

Для интенсификации процессов отделения скоагулированных загрязнений применяют реагенты, называемые флокулянтами. Флокулянты могут быть как неорганическими, так и органическими веществами. В последнее время для очистки сточных вод широко применяются высокомолекулярные соединения (ВМС). Молекула ВМС в воде может быть электронейтральна или нести заряд. В последнем случае вещество будет называться полиэлектролитом (ПЭ). Иногда полиэлектролиты полностью выполняют функции коагулянта и флокулянта.

Механизм действия флокулянтов заключается в образовании ими с дисперсными частицами трехмерных структур, способных к более быстрому формированию флокул, обладающих хорошими седиментационными свойствами. Причина возникновения трехмерных структур заключается в адсорбции молекул флокулянта одновременно на нескольких частицах с образованием между ними полимерных мостиков. Теория мостикообразования допускает как адсорбционное, так и электростатическое взаимодействие частиц дисперсии с макромолекулами ВМС. Схема флокуляции дисперсных частиц согласно модели мостикообразования приведена на рисунке:



Стадии взаимодействия дисперсной системы с высокомолекулярным флокулянтом:

I-распределение полимера в дисперсии; *II*- адсорбция полимера на поверхности частиц, образование «петель» и «хвостов»; *III*-формирование хлопьев, сжатие дисперсионных прослоек

Осуществление механизма мостикообразования теоретически возможно при выполнении ряда условий. Флокулирующими свойствами может обладать только ВМС, способное закрепляться на поверхности частицы при относительно малом числе контактов и формировать значительное количество свободных «хвостов» или «петель», обращенных в сторону дисперсионной среды. Кроме этого на поверхности частиц дисперсии должно быть достаточно

вакантных мест, потенциально способных к взаимодействию с ВМС и его закреплению.

Для описания состояния адсорбции макромолекул на твердой поверхности используют уравнение:

$$\frac{\theta}{(1-\theta)\eta} = KС\eta ,$$

где θ - доля поверхности, занятая полимером; η - число сегментов одной макромолекулы, участвующих в адсорбции; K - константа адсорбционного равновесия; C - равновесная концентрация.

Имеются экспериментальные свидетельства того, что наиболее эффективная флокуляция наблюдается при покрытии полимером доступной для сорбции поверхности дисперсной фазы наполовину ($\theta = 0,5$). При значениях $\theta < 0,5$ наблюдается медленная флокуляция с формированием мелких, механически неустойчивых хлопьев. Увеличение дозы флокулянта выше критической может привести к стабилизации системы вследствие почти полного покрытия дисперсных частиц полимером ($\theta \sim 1$).

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

$$\eta_s = (U_{floc} - U_0) / (U_0 m),$$

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

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

Скорость и эффективность процесса флокуляции зависят от состава сточных вод, их температуры, интенсивности перемешивания и последовательности введения коагулянтов и флокулянтов. Дозы флокулянтов принимаются обычно 0,1–10 г/м³, а в среднем 0,5–1 г/м³.

Флотация

Флотация - один из видов адсорбционно-пузырькового разделения, основанный на формировании всплывающих агломератов (флотокомплексов) загрязнений с диспергированной газовой фазой и последующим их отделением в виде концентрированного пенного продукта (флотошлама).

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

Классификация флотационных сооружений по способу получения ДГФ

Барботажное получение ДГФ. Одним из наиболее распространенных методов получения ДГФ в очистных сооружениях является *барботаж*. Диспергируемый газ проходит через поры (отверстия) фильтросного устройства, погруженного в воду, и образует поток газовых пузырьков. Размер образующихся пузырьков определяется условиями отрыва их от кромки пор.

Для пузырьков сферической формы минимальная величина их диаметров может быть найдена по формуле:

$$d_n = \sqrt{\frac{6d_o\sigma}{g\Delta\rho}}$$

где d_o - диаметр пор (отверстий), через которые поступает газ; σ - поверхностное натяжение на границе раздела фаз "вода-газ"; g - ускорение свободного падения; $\Delta\rho$ - разность плотностей жидкости и газа.

Уравнение (13.1) справедливо для невысокой скорости образования пузырьков и не зависит от расхода газа. С увеличением расхода газа число пузырьков возрастает до тех пор, пока не будет достигнут критический расход газа. При расходе газа выше критического последовательно отрывающиеся от отверстия пузырьки соприкасаются друг с другом и поднимаются в жидкости в виде цепочки пузырьков.

При установившемся гидродинамическом режиме скорость подъема пузырьков определяется по условию равенства подъемной силы и силы сопротивления среды, что для ламинарного режима движения пузырьков приводит к известному закону Стокса:

$$V_n = \frac{d_n^2 g \Delta\rho}{18\mu}$$

где μ - динамическая вязкость сточных вод.

Получение ДГФ механическим диспергированием. Для механического диспергирования газовой фазы используют различного вида устройства, движущиеся части которых попеременно то погружаются в жидкость, то выходят из нее. Однако в чистом виде метод механического диспергирования газовой фазы применяют редко. Чаще всего комбинируют истечение газов в виде пузырей с последующим их дополнительным диспергированием турбинкой. При этом газовая фаза образуется либо при истечении газов из барботера, расположенного ниже мешалки, либо газ подают прямо в мешалку, снабженную отверстиями.

В процессах механического диспергирования газовой фазы энергия тратится на ее дробление и на преодоление сил гидродинамического сопротивления жидкости. Обычно затраты энергии на диспергирование газовой фазы составляют 0,2-2% от общей затрачиваемой в процессе энергии. Механизм процесса диспергирования пузырьков при механических воздействиях достаточно сложен. Он включает стадии деформирования пузырьков под влиянием касательных или растягивающих напряжений в вытянутые эллипсоиды и последующего их дробления на более мелкие.

Размер частиц газовой дисперсии зависит от интенсивности перемешивания, продолжительности и температуры. Уменьшение межфазного поверхностного натяжения также способствует увеличению дисперсности эмульсии, при этом уменьшается удельная работа диспергирования.

Количественные закономерности получения ДГФ механическими методами в настоящее время изучены недостаточно.

Получение ДГФ из пересыщенных газовых растворов. В компрессионных и вакуумных флотационных установках ДГФ получают из пересыщенных растворов газа. Пересыщенный раствор газа в воде может быть получен или предварительным насыщением или в результате протекания химических, электрохимических, микробиологических и других процессов, сопровождающихся образованием газообразных продуктов реакции.

Выделение газовой фазы происходит на границах раздела фаз и, частично, в объеме жидкости. Пузырьки, образующиеся в объеме жидкости, имеют меньший размер, так как период нахождения их в воде вследствие процесса седиментации оказывается меньше. Уменьшение среднего размера пузырьков, полученных из пересыщенных газовых растворов, происходит при воздействии вибрации, ультразвука, понижении давления в сооружении.

По сравнению с другими методами, получение ДГФ из пересыщенных газовых растворов обеспечивает наибольшую дисперсность газовой фазы в воде.

Формирование ДГФ при протекании реакций, сопровождающихся выделением газов. При протекании в очищаемой воде химических, биохимических и электрохимических реакций, сопровождающихся образованием газов, получают пересыщенные газовые растворы, из которых выделяются пузырьки. Существенное отличие этого метода получения ДГФ от получения ее из пересыщенных газовых растворов - другой характер изменения пересыщения во времени. В начальный период реакции требуется некоторое время до возникновения состояния пересыщения жидкой фазы газовым компонентом. Далее характер пересыщения может быть различным. При проведении реакции в жидкой фазе степень пересыщения быстро увеличивается, достигает максимума, а затем по мере образования пузырьков и их роста снова уменьшается. Примером этого может служить, взаимодействие растворов карбонатов с растворами кислот при их быстром смешении.

Если в реакции используют твердые исходные продукты, то газ выделяется преимущественно на их поверхности. Реакции с использованием твердых веществ являются саморегулирующимися, так как возникающая газовая фаза уменьшает доступ жидкого реагента в зону реакции до установления состояния подвижного равновесия.

Пузырьки газов, образующиеся в электрохимических процессах, полидисперсны по размерам, а гистограммы получающихся газовых дисперсий изменяются во времени. Скорость газовой выделению пропорциональна плотности тока и электрохимическому выходу реакции. Размер образующихся пузырьков зависит от поверхностных свойств границы раздела "газ-твердое тело", значений электрохимического потенциала и перенапряжения.

Влияние величины рН на размер пузырьков обусловлено процессами концентрационной деполяризации. При уменьшении концентрации ионов водорода у поверхности катода концентрация электролита в двойном электрическом слое повышается, что вызывает уменьшение краевых углов смачивания и размеров пузырьков. Присутствие в сточных водах ПАВ, ионов тяжелых металлов и других примесей изменяет процессы газообразования, изменяя величину перенапряжения, и также снижает краевой угол смачивания.

Размеры пузырьков образующейся газовой дисперсии непостоянны по высоте флотаторов при любом способе их получения. Кроме условий образования, дисперсный состав пузырьков существенно зависит от гидродинамического режима флотационного сооружения, который оказывает непосредственное влияние на процессы коалесценции и сепарации ДГФ.

Эффективность флотационной очистки сточных вод и ее технико-экономические показатели в значительной мере зависят от правильности выбора вида флотационного сооружения. Определяющим критерием при этом должны являться возможность и условия формирования в очищаемой воде устойчивого флотокомплекса.

Элементарный флотокомплекс может быть трех типов (рис. 13.2).

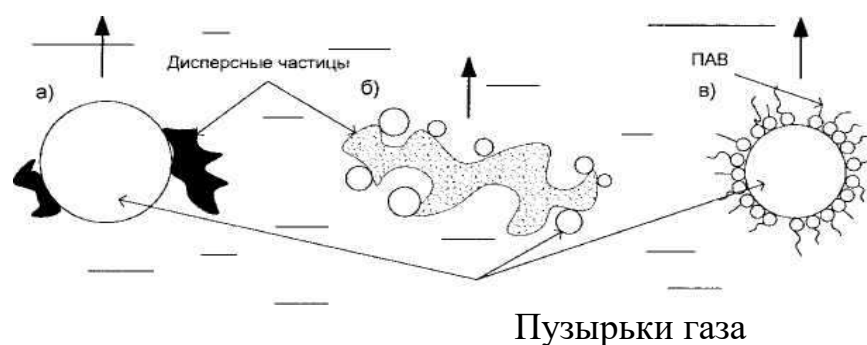


Рисунок 3.2. Основные типы элементарных флотокомплексов: *а* - газодисперсный; *б* - дисперсно-газовый; *в* - газомолекулярный

Первый тип образуется в результате столкновений дисперсных частиц загрязнений (твердых или жидких) с движущимися пузырьками воздуха или другого газа. Структура такого флотокомплекса, как правило, состоит из малого числа относительно крупных пузырьков. Условно, этот тип флотокомплекса можно назвать *газодисперсным*. Он характерен для флотационных установок с пневматической, гидромеханической или механической системой получения ДГФ.

Второй тип наблюдается при выделении газа из обрабатываемой воды в условиях уменьшения его растворимости. Поскольку вероятность зарождения пузырьков на межфазной границе во много раз больше вероятности их возникновения в объеме чистой воды, дисперсные частицы загрязнений становятся центрами формирования флотокомплексов. В дальнейшем в результате коалесценции газовой фазы он может трансформироваться в первый тип. Однако, при определенных условиях, например присутствие в воде ПАВ, второй тип флотокомплекса достаточно устойчив. Структурно он определяется как *дисперсно-газовый*. Флотокомплексы этого типа преобладают в компрессионных, вакуумных, электрохимических и других установках с получением ДГФ выделением ее из воды.

Многие органические вещества, входящие в систему загрязнений сточных вод, проявляют сорбционные свойства на границе раздела фаз "вода-газ". Контакт всплывающих пузырьков газа с такими веществами приводит к образованию на их поверхности адсорбционного слоя, формируя третий тип флотокомплексов - *газомолекулярный*. Наличие этого типа в структуре флотационной пульпы обуславливается главным образом физико-химическими

свойствами системы загрязнений и мало зависит от вида флотационного сооружения. Типичным примером является флотокомплекс, возникающий при контакте пузырьков с молекулами ПАВ.

При гидромеханическом взаимодействии воды, загрязнений и флотокомплексов внутри камеры флотации, наибольшую устойчивость проявляет структура газово-молекулярного флотокомплекса, а наименьшую --газово-дисперсного.

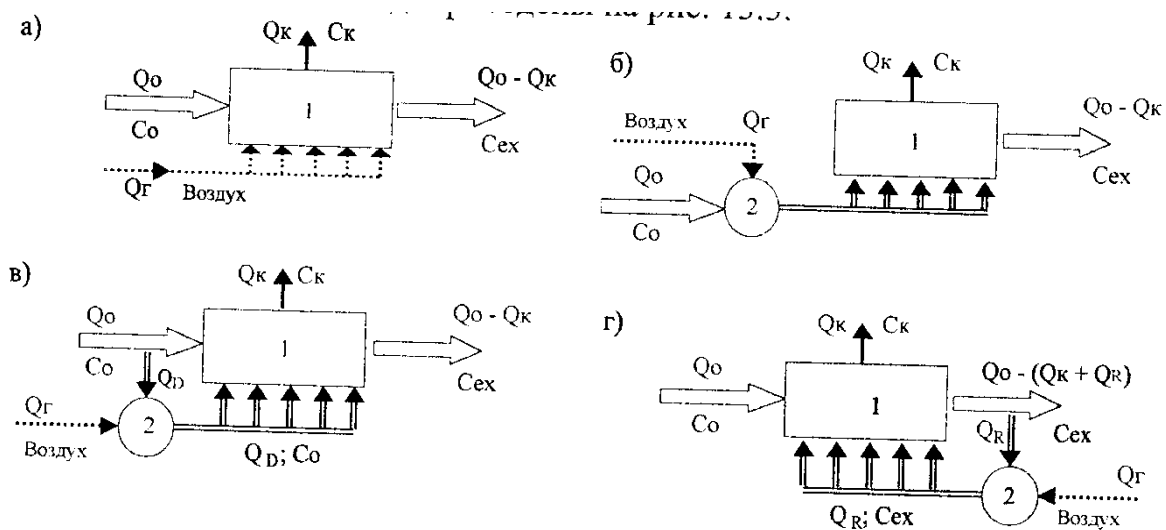


Рисунок 3.3. Технологические схемы флотационных установок:

1 - камера флотации; 2 – сатуратор.

По схеме "а" осуществляют флотационные процессы, в которых используют барботажный, пневмомеханический, электрохимический и другие способы получения ДГФ непосредственно во флотационной камере. Схемы "б" и "в" распространены при компрессионном и вакуумном способах, а схема "г" - при компрессионном и гидромеханическом.

Материальный баланс потоков во флотаторе в общем виде представлен уравнением:

$$C_o \cdot Q_w - C_k \cdot Q_k = C(Q_w - Q_k)$$

где Q_w - расход сточных вод, поступающий во флотатор, м³/ч; Q_k - расход отводимого флотошлама м³/ч; C_o , C , C_k - концентрация загрязнений в поступающей воде, очищенной и во флотошлеме соответственно, г/м³.

Принимая показатель фракционирования $E = Q_k / Q_w$, а также учитывая адсорбционный механизм извлечения загрязнений на ДГФ, может быть получено основное уравнение для выражения концентрации загрязнений в воде при адсорбционно-пузырьковом разделении:

$$C\tau = \frac{1}{1-E} (C_o - q_\phi \Psi_D A_\psi),$$

где $C\tau$ - текущая концентрация загрязнений во флотаторе, г/м³; q_ϕ - удельный расход газа, равный отношению расхода газа к общему расходу очищаемой воды, м³/м³; Ψ_D - функция, определяющая поверхность ДГФ в единичном

объеме диспергированного газа, $\text{м}^2/\text{м}^3$; A_{ψ} - адсорбция, отнесенная к единице поверхности газовой фазы, $\text{г}/\text{м}^2$.

Уравнение (13.4) непосредственно применимо к описанию процессов флотации по схемам "а" и "б". Баланс материальных потоков в схемах "в" и "г" приводит к следующим выражениям, определяющим концентрацию загрязнений в камере флотации (см. рис. 13.3):

по схеме "в"

$$C\tau = \frac{1}{1-E} (C_0 - q_{\phi}\psi_D A_{\psi} \cdot D),$$

где D - показатель деления потока, определяемый как $D = Q_D / Q_w$; здесь Q_D - расход воды, отделяемый для приготовления водовоздушной смеси, $\text{м}^3/\text{ч}$.

По схеме "г":

$$C\tau = \frac{1}{1-E} (C_0 - q_{\phi}\psi_D A_{\psi} \cdot R),$$

где R - показатель возврата рабочей жидкости, $R = Q_R / Q_w$; здесь Q_R - расход воды, возвращаемый для приготовления водовоздушной смеси, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Текущее содержание загрязнений $C\tau$ во флотационной камере зависит от адсорбционного равновесия, количества и удельной поверхности ДГФ. Концентрация загрязнений в воде на выходе из сооружения C определяется как результирующая трех материальных потоков загрязнений: поступающих со сточными водами (C_0); возвращаемых с частью очищенной воды (C) и адсорбционным потоком ($q_{\phi}\psi_D A_{\psi}$), а также гидродинамической обстановкой внутри флотатора.

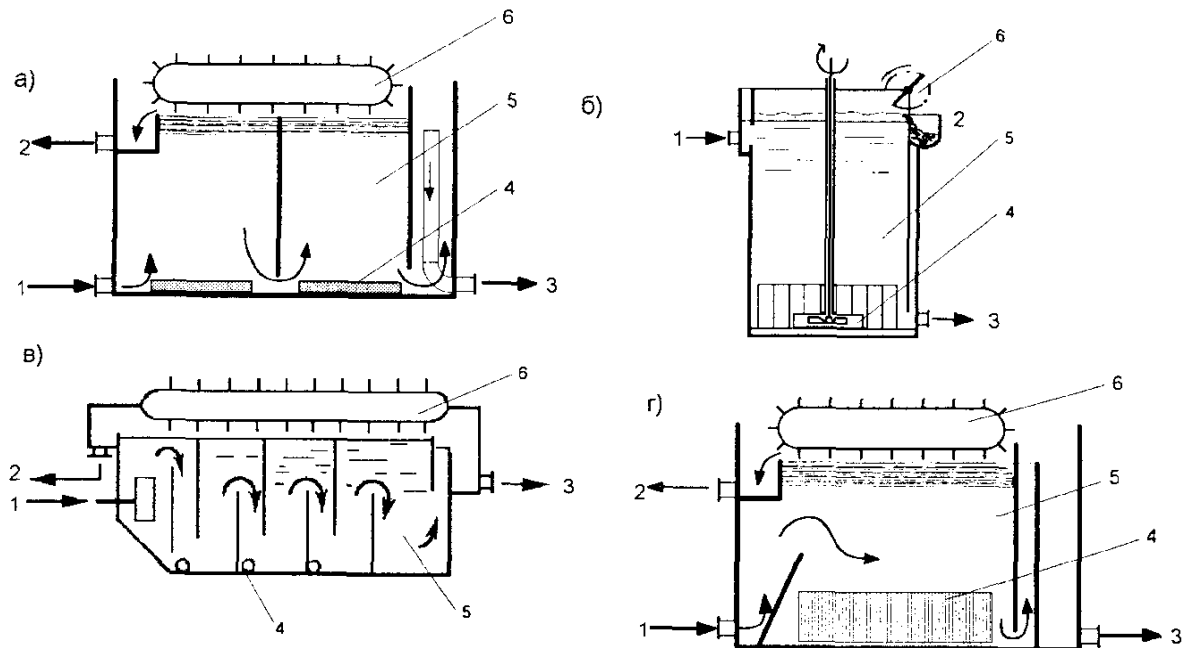


Рисунок 3.4. Флотаторы:

а - барботажный; б - импеллерный; в - компрессионный; г - электрохимический; 1,3 - подача сточных вод и отведение очищенной воды; 2 - отведение

флотошлама; 4 - система получения газовой дисперсии; 5 - камера флотации; 6 - пеносъемное устройство

Выбор типа схемы осуществляют на основании анализа структурно-механических свойств флотокомплекса и необходимой эффективности очистки воды.

Все типы флотационных сооружений содержат ряд общих конструктивных элементов. К ним относятся камера флотации, которая может быть одно- и многосекционной, система распределения подаваемой на очистку воды, система подачи ДГФ, устройства для сбора и удаления флотошлама. Важным элементом конструкции является система выпуска очищенной воды, обеспечивающая постоянство гидравлического уровня в сооружении.

Конструктивные особенности разных типов флотационных сооружений и состав вспомогательного оборудования в значительной мере обусловлены способом получения ДГФ.

Барботажные флотационные сооружения отличаются простотой и относительно малыми расходами энергии (рис. 13.4, а). Для уменьшения отрицательного влияния продольного перемешивания в камере флотации обычно выделяют две и более последовательные секции. Воздух во флотационную камеру подается через мелкопористые фильтросные пластины, трубы, насадки, уложенные на дне камеры. Размер пор обычно находится в пределах 50-200 мкм, давление воздуха 0,1-0,2 МПа, продолжительность флотации 20-40 мин, расход воздуха определяется экспериментально. Рабочая глубина камеры флотации 1,5-3 м.

Недостатками этого типа сооружений являются значительная интенсивность перемешивания и возможность зарастания пор фильтросных элементов, а также трудность подбора для них мелкопористых материалов, обеспечивающих получение мелких, близких по размерам пузырьков воздуха.

Барботажные флотационные установки применяют при очистке сточных вод, содержащих загрязнения, способные образовывать достаточно прочные флотокомплексы и обладающие устойчивым ценообразованием.

Флотационные установки с механическим диспергированием воздуха имеют круглую или квадратную в плане камеру флотации (рис. 13.4, б). В состав внутреннего оборудования входят воздушная труба, турбинка (импеллер) с валом привода, статор и спрямляющая решетка.

Сточная вода из приемного кармана поступает к вращающемуся импеллеру, который по воздушной трубе подсасывает воздух. Над импеллером расположен неподвижный статор в виде диска с отверстиями для внутренней циркуляции воды. Смесь воды и воздуха выбрасывается импеллером через статор. Спрямляющая решетка, расположенная вокруг статора, способствует более мелкому диспергированию воздуха в воде и уменьшению скорости выхода водо-воздушной смеси в камеру флотации. Пена, содержащая флотируемые частицы, удаляется лопастным пеноснимателем. Обычно импеллерная флотационная установка включает несколько последовательных камер.

Степень диспергирования воздуха зависит от окружной скорости вращения импеллера, которую принимают равной 10-15 м/с. Диаметр

импеллера должен быть 200-750 мм. Зона, обслуживаемая импеллером, не должна превышать размеров квадрата со стороной $6d_B$, (где d_H — диаметр импеллера). Высота флотационной камеры принимается равной 1,5-3 м, продолжительность флотации 20-30 мин.

Применение импеллерных установок целесообразно при очистке сточных вод с высокой концентрацией дисперсных загрязнений (более 2-3 г/л) преимущественно таких, как нефть, нефтепродукты, жиры.

Недостатком импеллерных флотаторов является относительно высокая обводненность пены. Особенно существенным становится этот недостаток в тех случаях, когда основной целью флотации является извлечение растворенных ПАВ, так как большой объем воды в пене заставляет создавать дополнительные установки для ее обработки, что удорожает очистку в целом.

Флотационные сооружения с использованием компрессионного метода получения ДГФ получили достаточно широкое распространение в составе малых и средних очистных комплексов (рис. 13.4, в). Напорная флотация по сравнению с вакуумной используется чаще, поскольку позволяет регулировать степень насыщения в соответствии с требуемой эффективностью очистки сточных вод при начальной концентрации загрязнений до 4-5 г/л и более. Флотационные камеры компрессионных флотаторов в зависимости от структуры загрязнений сточных вод могут быть дополнены совмещенной зоной отстаивания.

При напорной флотации сточные воды под давлением 0,3-0,5 МПа подаются в напорный бак (сатуратор). Туда же компрессором подают воздух. Возможна также подача воздуха через водовоздушный эжектор, установленный на байпасной линии насоса. Количество подаваемого воздуха зависит от начальной и конечной концентрации загрязняющих веществ, а также их свойств. Насыщенная воздухом вода из сатуратора подается во флотационную камеру, где выделившиеся из сточной воды пузырьки воздуха всплывают вместе с частицами взвешенных веществ. Всплывающая масса непрерывно удаляется механизмами для сгребания пены в пеносборник.

При проектировании флотаторов для обработки сточных вод с расходом до 100 м³/ч принимаются прямоугольные в плане камеры глубиной 1-1,5 м, при большей производительности — радиальные флотаторы глубиной не более 3 м.

Компрессионные флотаторы применяют для очистки сточных вод от нефти, нефтепродуктов, масел, жиров, ПАВ, волокнистых веществ, а также для отделения скоагулированных загрязнений.

К недостатками компрессионных флотаторов относятся ограниченность удельного расхода воздуха и сложность эксплуатации вспомогательного оборудования для приготовления водовоздушной смеси.

Электрофлотаторы выполняют круглыми или прямоугольными в плане глубиной 1-2 м (рис. 13.4, г). В состав внутреннего оборудования входят блоки электродов, конструкции которых весьма разнообразны. Различают плоскостные, коаксиальные, сетчатые и объемные блоки. Дополнительное оборудование включает системы энергопитания, контроля состава воздуха и управления системой вентиляции.

Электрофлотационные установки универсальны по применению. Производительность флотаторов ограничивается технико-экономической целесообразностью.

Основными недостатками электрофлотаторов являются ограниченность срока службы или высокая стоимость электродов, а также необходимость устройства систем обеспечения взрыво- и химической безопасности.

Сорбция

Сорбция — это процесс поглощения вещества из окружающей среды твердым телом или жидкостью. Поглощающее тело называется сорбентом, а поглощаемое — сорбатом. Различают поглощение вещества всей массой жидкого сорбента (абсорбция) и поверхностным слоем твердого или жидкого сорбента (адсорбция). Сорбция, сопровождающаяся химическим взаимодействием сорбента с поглощаемым веществом, называется хемосорбцией.

Адсорбция растворенных веществ — результат перехода молекулы растворенного вещества из раствора на поверхность твердого сорбента под действием силового поля поверхности. При этом наблюдаются два вида межмолекулярного взаимодействия: молекул растворенного вещества с молекулами (атомами) поверхности сорбента и молекул растворенного вещества с молекулами воды в растворе (гидратация). Разность этих двух сил является силой, с которой удерживается извлеченное из раствора вещество на поверхности сорбента. Чем больше энергия гидратации молекул растворенного вещества, тем слабее адсорбируется вещество из раствора.

Сорбционная очистка наиболее рациональна для удаления из сточных вод ароматических соединений, красителей, непредельных соединений, гидрофобных алифатических соединений. При содержании в сточных водах неорганических или низкомолекулярных органических соединений метод сорбции неэффективен.

В качестве сорбентов применяют различные искусственные и природные пористые материалы: золу, кокс, торф, силикагели, алюмогели, активные глины и др. Наиболее эффективными сорбентами являются активированные угли. Их пористость составляет 60—75%, а удельная площадь поверхности 400—900 м²/г. Адсорбционные свойства активированных углей зависят от структуры пор, их величины, распределения по размерам. Активированные угли делятся на крупно- и мелкопористые и смешанного типа. Поры по размеру подразделяют на три вида: макропоры размером 0,1—2 мкм, переходные размером 0,004 — 0,1 мкм, микропоры размером менее 0,004 мкм. Макропоры и переходные поры играют роль транспортирующих каналов, а сорбционная способность активированных углей определяется в основном микропористой структурой. Растворенные органические вещества, имеющие размеры частиц менее 0,001 мкм, заполняют объем микропор сорбента, полная емкость которых соответствует поглощающей способности сорбента -- количеству поглощаемого вещества на единицу объема или массы сорбента (кг/м³, кг/кг).

Между количеством вещества, адсорбированного сорбентом и оставшегося в растворе наступает равновесие, подчиняющееся закону распределения,

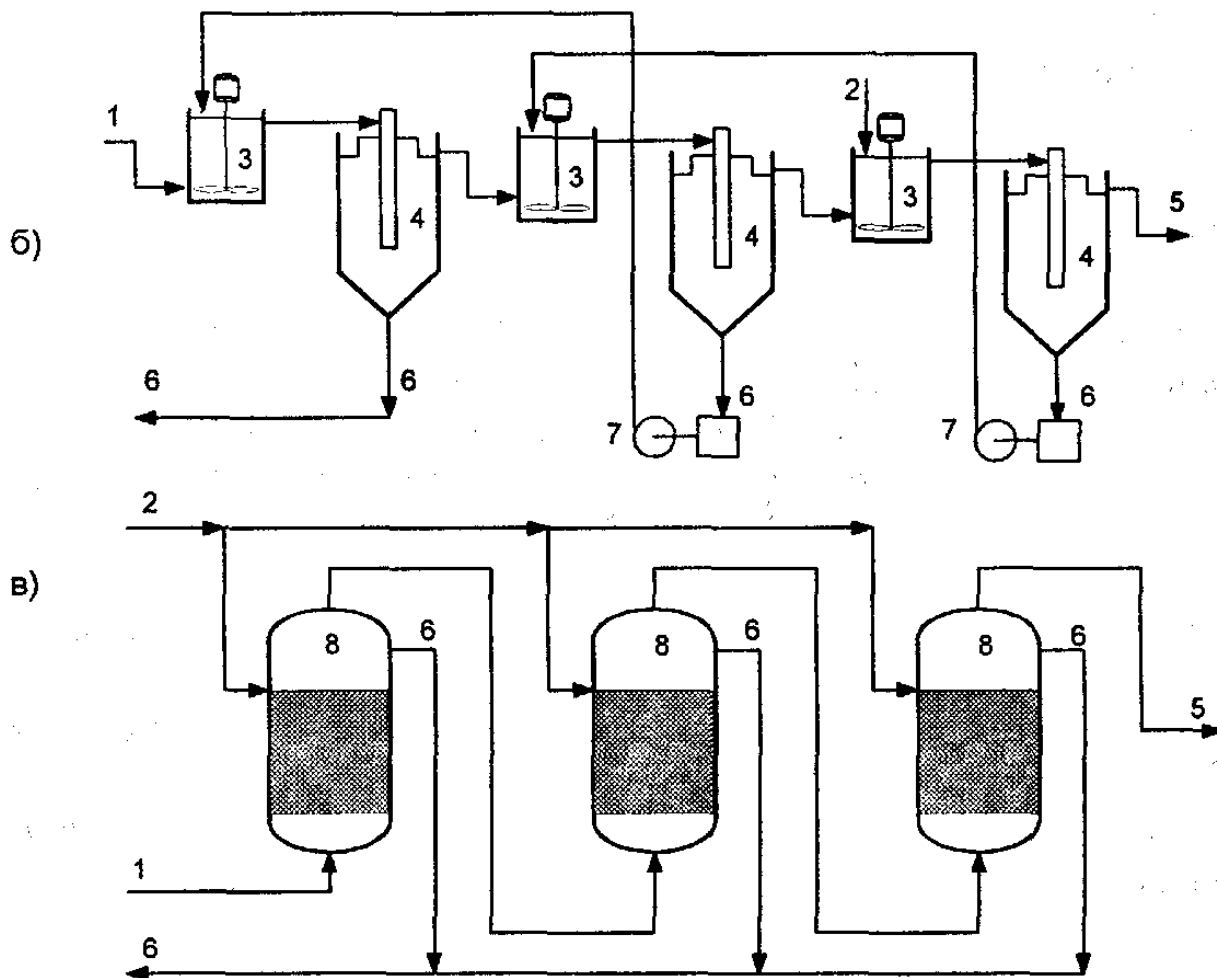
который для слабоконцентрированных растворов аналитически описывается уравнением Ленгмюра:

$$a = K_{адс} C_{равн}$$

где a — удельная адсорбция, кг/кг; $K_{адс}$ — адсорбционная константа распределения сорбата между сорбентом и раствором (ее величина при прочих равных условиях зависит от температуры); $C_{равн}$ — равновесная концентрация адсорбируемого вещества на сорбенте, кг/кг.

Процесс сорбции может осуществляться в статических условиях, при которых жидкость не перемещается относительно частиц сорбента, т. е. движется вместе с ними, или в динамических условиях, при которых частица жидкости перемещается относительно сорбента. В соответствии с этим различают статическую и динамическую активность сорбента. Статическая активность сорбента характеризуется максимальным количеством вещества, поглощенного единицей объема или массы сорбента к моменту достижения равновесия при постоянных температуре жидкости и начальной концентрации вещества; динамическая активность сорбента — максимальным количеством вещества, поглощенного единицей объема или массы сорбента до момента появления сорбируемого вещества в фильтрате при пропуске сточной воды через слой сорбента. Динамическая активность в промышленных адсорберах составляет 45—90 % статической.

Процесс сорбции в статических условиях осуществляется путем интенсивного перемешивания обрабатываемой сточной воды с сорбентом в течение определенного времени t и последующего отделения сорбента от воды отстаиванием, фильтрованием и т. п. При последовательном введении новых порций сорбента в очищаемую воду можно очистить ее от загрязняющих веществ до любой концентрации.



Схемы сооружений для сорбционной очистки сточных вод:
а - сорбционная установка с последовательным введением сорбента;
б - сорбционная установка с противоточным введением сорбента;
в - сорбционная установка с неподвижным слоем адсорбента;
 1,5- подача сточных вод и отведение очищенной воды; 2 - подача сорбента; 3- резервуары с перемешивающим устройством; 4 - отстойники для отделения отработанного сорбента от очищаемой воды; 6 - выпуск отработанного сорбента; 7 - система подачи сорбента на предыдущую ступень; 8 - адсорбционный фильтр.

Ионный обмен

Ионообменные установки предназначены для обессоливания и очистки сточных вод от ионов металлов, а также других загрязнений до заданных концентраций.

Очистку производят с применением ионитов — синтетических ионообменных смол, выпускаемых в виде гранул размером 0,2— 2 мм. Иониты представляют собой практически нерастворимые в воде полимерные вещества, имеющие подвижный ион (катион или анион), способный в определенных условиях вступать в реакцию обмена с ионами того же знака, находящимися в растворе.

При контакте с водой иониты набухают и увеличиваются в объеме (обычно в 1,5—2 раза). Большинство ионитов хранят во влажном состоянии или под слоем воды.

Различают сильно- и слабокислотные катиониты (в H^+ - или Na^+ -форме) и сильно- и слабоосновные аниониты (в OH^- - или солевой форме), а также иониты смешанного типа.

Иониты загружают в фильтры различных конструкций. Наибольшее распространение получили серийные фильтры (табл. 21.3).

Ионообменную очистку производят последовательным фильтрованием через катиониты (в водородной форме) и аниониты (в гидроксильной форме). При контакте воды с H -катионитом происходит обмен катионов растворенных в воде солей на H^+ -ионы катионита по уравнению

При наличии в воде анионов сильных и слабых кислот анионирование производят в две ступени. Вначале извлекают анионы сильных кислот на слабоосновных анионитах, а затем анионы слабых кислот на сильноосновных анионитах.

Обменная емкость сильнокислотных катионитов и сильноосновных анионитов по отношению к различным ионам остается постоянной в широком интервале значений рН. Обменная емкость слабокислотных катионитов и слабоосновных анионитов в большой степени зависит от величины рН и максимальна для слабокислотных катионитов в щелочной среде ($pH > 7$), а для слабоосновных анионитов в кислой среде ($pH < 7$). Иониты смешанного типа проявляют свойства смеси сильной и слабой кислот или сильного и слабого основания. Различают полную обменную емкость (ПОЕ) — емкость ионита до полного насыщения; статическую (или равновесную) обменную емкость (СОЕ); динамическую обменную емкость (ДОЕ) и рабочую обменную емкость (РОЕ) — емкость ионита в динамических условиях до проскока в фильтрат ионов в заданных концентрациях. Обменная емкость ионита выражается в единицах массы сорбируемых веществ на единицу массы или объема ионита (мг/г, г/кг, кг/м³, кг/т); в мг-эквивалентах сорбируемых ионов на 1 г ионита (мг-экв/г); в г-эквивалентах на 1 м³ набухшего ионита (г-экв/м³).

В процессе очистки иониты уплотняются. По мере насыщения ионитов их регенерируют. Перед регенерацией иониты взрыхляют очищенной водой с интенсивностью 3—5 л/(с·м²). Регенерацию катионитов осуществляют 2—8%-ными растворами кислот, анионитов — 2—6%-ными растворами щелочей. После регенерации производят отмывку ионитов.

Продуктами регенерации являются элюаты — растворы кислот и щелочей, содержащие извлекаемые из ионитов компоненты. Первые порции элюатов являются наиболее концентрированными по извлекаемым компонентам. Их нейтрализуют или

обрабатывают с целью утилизации ценных продуктов. Нейтрализацию осуществляют смешением кислых и щелочных элюатов, а также дополнительным введением кислоты или щелочи.

В зависимости от состава исходной воды и требуемой степени очистки применяют различные схемы ионообменных установок (рис. 3.5). Если нет необходимости извлекать из сточных вод анионы слабых кислот, то применяют схему одноступенчатого H -катионирования и одноступенчатого OH^- -анионирования с использованием сильнокислотного катионита и слабоосновного или сильноосновного анионита (рис. 3.5, а).

Для более глубокой очистки и обессоливания воды применяют одно-, двухступенчатое Н-катионирование на сильнокислотном катионите и двухступенчатое ОН-анионирование на слабо-, а затем сильноосновном анионите (рис. 3.5, б). При наличии в сточных водах большого количества углекислоты и ее солей происходит быстрое истощение емкости сильноосновного анионита. В этом случае вода после Н-катионирования дегазируется в специальных дегазаторах (рис. 3.5, в) с насадкой из колец Рашига, с деревянной хордовой насадкой или в других аппаратах.

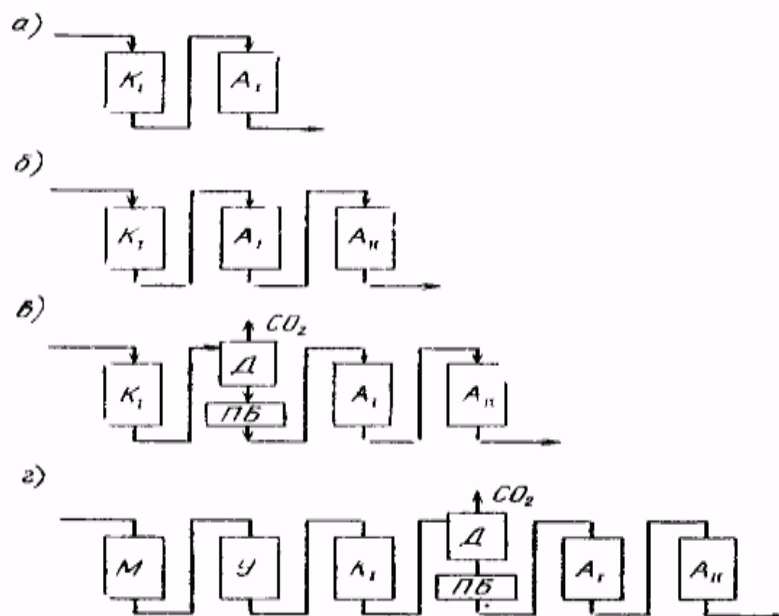


Рисунок 3.5. Схемы установки очистки и обессоливания сточных вод ионообменным способом

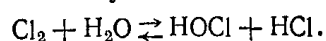
a — одноступенчатая схема для очистки и частичного обессоливания сточных вод; *б* — схема очистки и полного обессоливания сточных вод с двухступенчатым анионированием; *в* — схема очистки и полного обессоливания сточных вод с двухступенчатым анионированием и удалением углекислоты дегазацией; *г* — схема очистки и полного обессоливания сточных вод с двухступенчатым анионированием, удалением углекислоты дегазацией и предочисткой на механических и сорбционных фильтрах. К — Н-катионитовые фильтры первой ступени; Д, А — ОН-анионитовые фильтры первой и второй ступени; Д — декарбонизатор; ПБ — промежуточный бак; М — механические фильтры; У — сорбционные фильтры

Окисление

Окисление ПСВ активным хлором

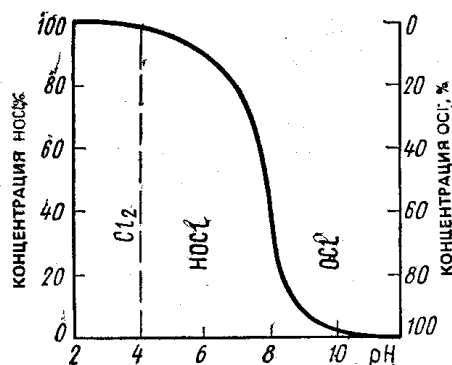
Окисление ПСВ хлором и его соединениями позволяет удалять из воды цианиды, сероводород, сульфиды, меркаптаны, фенолы и другие токсичные загрязнения.

При введении в воду хлор гидролизуется, образуя хлорноватистую и соляную кислоты:



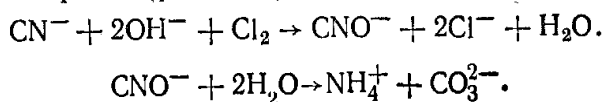
В сильнокислой среде равновесие этой реакции сдвинуто влево, и в воде

присутствует молекулярный хлор; при значениях $pH > 4$ молекулярный хлор в воде практически отсутствует. Образовавшаяся в результате гидролиза хлора хлорноватистая кислота диссоциирует на ион гипохлорита и ион водорода. Соотношение между недиссоциированной хлорноватистой кислотой и ионом гипохлорита в воде зависит от величины pH .

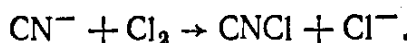


Гипохлориты кальция или натрия, и хлорная известь также образуют в воде хлорноватистую кислоту и ион гипохлорита в соотношениях, определяемых pH водной среды.

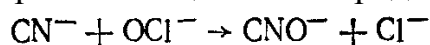
Сточные воды, содержащие цианиды, образуются на машиностроительных и металлообрабатывающих заводах в гальванических цехах. Обычно содержание цианидов в сточных водах составляет 20 - 100 мг/л. Окисление цианид-ионов осуществляется путем перевода их в нетоксичные цианаты, которые затем гидролизуются с образованием ионов аммония и карбонатов:



Окисление цианидов хлором можно проводить только в щелочной среде ($pH \geq 10$), поскольку при снижении pH возможно протекание реакции прямого хлорирования цианида с образованием токсичного хлорциана:



Более надежным методом, исключая образование хлорциана, является окисление цианидов гипохлоритами в щелочной среде ($pH = 11-11,5$):



Для определения расхода гипохлоритов на окисление цианидсодержащих сточных вод можно воспользоваться формулой:

$$X = kxQ / (a \cdot 10),$$

где X – требуемое количество реагента, кг/сут; k – коэффициент запаса реагента, принимаемый равным 1,2-1,3; Q – расход цианидсодержащих сточных вод, м³/сут; a – содержание активного хлора в реагенте, равное в товарной хлорной извести 30-35 %, в гипохлорите кальция 30-45 %; x – теоретическое количество активного хлора, необходимого для окисления цианидов, г/м³:

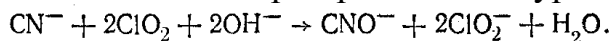
$$x = nC$$

здесь n – стехиометрический коэффициент (по активному хлору); C – концентрация цианидов в сточных водах (в пересчете на цианид-ион), г/м³.

При обезвреживании сточных вод обычно применяется 5 %-ный рабочий раствор реагента (по активному хлору).

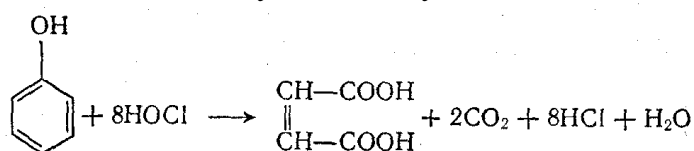
Для удаления цианидов из сточных вод также применяют диоксид хлора ClO_2 . Диоксид хлора обладает большой окислительной способностью, его водные растворы устойчивы в течение длительного времени. При обработке сточных вод диоксидом хлора не образуется высокотоксичных продуктов прямого хлорирования (хлорциана, хлорфенола и др.) в любом диапазоне величин рН.

Окисление цианидов диоксидом хлора протекает по уравнению:



Применение диоксида хлора сдерживается его высокой стоимостью.

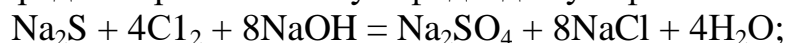
Очистка ПСВ от фенолов окислением «активным хлором» приводит к окислению фенола до малеинового ангидрида, образующего при взаимодействии с водой малеиновую кислоту:



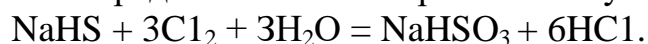
Данная реакция окисления происходит по стадиям: хлорфенолы – многоатомные фенолы и хиноидные соединения – карбоновые кислоты, поэтому одновременно в воде содержатся хлорфенолы, пирокатехин, пирогаллол, хиноидные соединения. Для полного разрушения фенолов необходима доза «активного хлора» более 8 мг на 1 мг фенола. Лучшие результаты достигаются при окислении фенола в слабощелочной среде (рН = 7,2-8,5).

Хлорирование применяется также для дезодорации сточных вод, образующихся при варке сульфатной целлюлозы и при выпаривании черного щелока на целлюлозно-бумажных комбинатах. Эти сточные воды содержат сероводород, сульфиды, метилмеркаптан и др.

В щелочной среде хлор окисляет сульфиды до сульфатов:



в кислой и нейтральной среде возможно образование сульфитов:



При избытке хлора окисление всегда идет до сульфатов.

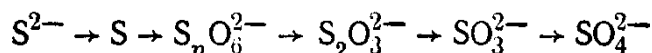
В зависимости от агрегатного состояния вводимых в воду хлора или хлорсодержащих реагентов определяется технология обработки сточных вод. Если воду обрабатывают газообразным хлором или диоксидом хлора, то процесс окисления осуществляется в абсорберах; если хлор или диоксид хлора находится в растворе, то его подают в смеситель и далее в контактный резервуар, в которых обеспечиваются эффективное его смешивание и требуемая продолжительность контакта со сточной водой. Хлораторные установки включают складское хозяйство и устройства для дозирования хлора. Для дозирования газообразного хлора наиболее широко применяются вакуумные хлораторы с ротаметрами, имеющие производительность по хлору 0,08-20 кг/ч.

Окисление кислородом воздуха

Для окисления сульфидных сточных вод целлюлозных,

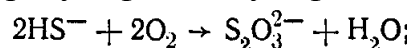
нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов применяется кислород. Реакция окисления идет в жидкой фазе при повышенной температуре и давлении.

Окисление сульфидной серы протекает через ряд последовательных стадий:



В процессе окисления сера изменяет свою валентность с -2 до $+6$.

Если активная реакция водной среды $pH = 7-13,5$, то основным продуктом окисления сероводорода, гидросульфида и сульфида является тиосульфат:



С повышением температуры и давления скорость реакции и глубина окисления сульфидов и гидросульфидов увеличиваются. Теоретически на 1 г сульфидной серы расходуется 1 г кислорода. Для полного окисления черного щелока (с концентрацией сульфида 6 г/л) при температуре $80-100^\circ C$ под давлением $0,1-0,8$ МПа требуется 5,4 кг кислорода или 28 м^3 воздуха на 1 м^3 щелока; продолжительность контакта при этом составляет 1 ч.

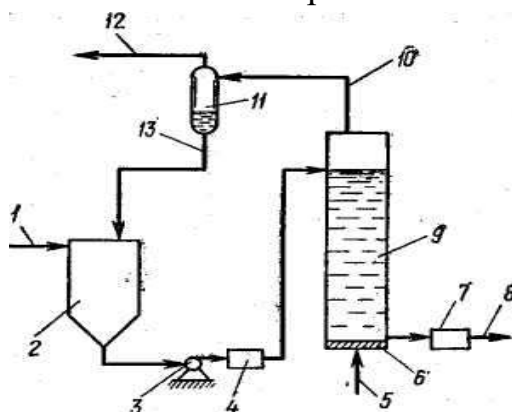


Рисунок 3.6 Схема установки по окислению сульфидов в ПСВ кислородом воздуха:

1 – трубопровод для подачи сточной воды; 2 – приемный резервуар; 3 – насос; 4 – теплообменник; 5 – трубопровод для подачи воздуха; 6 – воздухораспределительное устройство; 7 – холодильник; 8 – выпуск обработанных сточных вод; 9 – окислительная колонна; 10, 12 и 13 – трубопроводы для выпуска увлажненного отработанного воздуха, отработанного воздуха и конденсата; 11 – сепаратор.

Сточная вода поступает в приемный резервуар и через теплообменник подается в окислительную колонну, а воздух – в нижнюю часть колонны. Влага из отработанного воздуха конденсируется в сепараторе, откуда направляется в приемный резервуар. Сточные воды после окисления охлаждаются в холодильнике и поступают на дальнейшую очистку. Необработанная сточная вода подогревается водяным паром и теплотой конденсата.

Термоокислительное жидкофазное обезвреживание сточных вод («мокрое» сжигание) применяется для окисления кислородом воздуха органических примесей при повышенной температуре (обычно до $350^\circ C$) и давлении, обеспечивающем нахождение воды в жидкой фазе. Температура процесса должна быть ниже $374^\circ C$ – критической температуры воды. В зависимости от температуры и времени контакта окисление органических

примесей сточных вод происходит полностью или частично (до карбоновых и дикарбоновых кислот или других промежуточных продуктов).

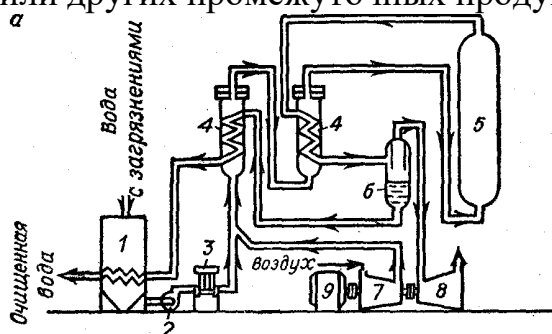


Рисунок 3.7 Принципиальная технологическая схема установки термоокислительного жидкофазного обезвреживания сточных вод

Сточная вода из сборника 1 с помощью центробежного насоса 2 и насоса высокого давления 3 подается через теплообменники 4 (I и II ступени) в реактор 5. В теплообменниках сточная вода подогревается за счет тепла очищенной сточной воды. Сжатый воздух от компрессора 7 подается в трубопровод сточной воды перед теплообменником I ступени, поэтому процесс окислительной деструкции примесей сточных вод начинается в теплообменниках и трубопроводах и продолжается в реакторе. Смесь продуктов окисления – вода, пар, газы и зола – из реактора через теплообменник 4 (II ступени) поступает в сепаратор 6, в котором газовые продукты отделяются от жидкости. Газовая фаза из сепаратора поступает в блок утилизации энергии, состоящий из воздушного компрессора 7, газовой турбины 8 и мотора-генератора 9. Выхлопные газы из турбины выбрасываются в атмосферу. Жидкая фаза, содержащая золу, проходит теплообменник I ступени и змеевиковый теплообменник, расположенный в сборнике 1, в которых отдает свое тепло исходной сточной воде.

Эффективность обезвреживания сточных вод зависит в основном от температуры процесса окисления. С увеличением температуры содержание примесей в сточной воде резко уменьшается, а скорость реакции окисления возрастает. Увеличение парциального давления кислорода при постоянной температуре практически не оказывает влияния на эффективность процесса.

Очищенная сточная вода содержит летучие с водяным паром кислоты, состоящие в основном из уксусной и муравьиной кислот. Окисление органических веществ в присутствии щелочи позволяет получать 3-4 % -ные растворы ацетата натрия и других солей.

С увеличением содержания органических примесей в сточной воде экономичность процесса жидкофазного окисления возрастает, поскольку в процессе окисления органических веществ выделяется тепло.

Низшая теплотворная способность (кДж/л) сточной воды может быть ориентировочно определена по уравнению:

$$Q_H = 13,44 \text{ ХПК.}$$

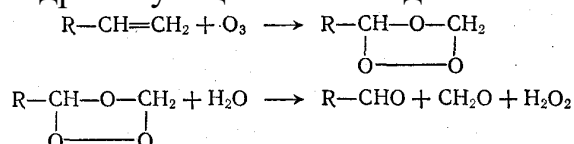
Метод жидкофазного окисления применяется для обезвреживания осадков бытовых сточных вод и для очистки промышленных сточных вод химических производств.

Озонирование ПСВ

Озон является сильным окислителем и обладает способностью разрушать в водных растворах при нормальной температуре многие органические вещества. Промежуточными и конечными продуктами окисления органических веществ являются спирты, альдегиды (кетоны) и кислоты:



При наличии связей $C = C$ озон присоединяется по месту двойной связи с образованием легко гидролизующихся озонидов:

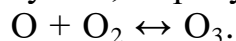


По данному механизму озон воздействует на ароматические соединения. Например, при воздействии озона на бензол в результате гидролитического расщепления образующегося триозонида получают глиоксаль, гли-оксалевую и щавелевую кислоты. Окисление органических веществ при большом расходе озона может протекать до CO_2 и H_2O .

Озонирование позволяет очищать сточные воды от фенолов, нефтепродуктов, ПАВов, тетраэтилсвинца, нафтеновых кислот, цианидов, красителей, пестицидов, лекарственных препаратов, биологически стойких органических загрязнений.

По сравнению с другими окислителями озон имеет ряд преимуществ. Его можно получать непосредственно на очистных установках, сырьем служит технический кислород или атмосферный воздух. Применение озонирования как окислительного метода не приводит к увеличению солевого состава очищаемых сточных вод, не загрязняет воду продуктами реакции, а сам процесс легко поддается полной автоматизации.

В промышленных генераторах-озонаторах озон получают путем тихого электрического разряда. Тихий разряд образуется в узком газовом пространстве между двумя электродами, к которым подведен ток напряжением 5-25 тыс. В. Обычно озонаторы выполняют в виде цилиндрических сосудов, в которых располагается несколько десятков параллельно работающих трубчатых озонирующих элементов, состоящих из двух концентрически расположенных стеклянных трубчатых электродов, внутренняя поверхность которых покрыта металлом. Воздух движется вдоль оси озонирующих элементов в кольцевом пространстве между концентрически расположенными электродами. Молекулы кислорода под действием электрических разрядов дробятся, и образовавшиеся атомы присоединяются к целым молекулам, образуя молекулу озона:



Принципиальная технологическая схема озонирования производственных сточных вод состоит из двух основных узлов: получения озона и очистки сточных вод. Узел получения озона включает четыре основных блока: забора и охлаждения воздуха; осушки воздуха; фильтрации воздуха; генерации озона. Атмосферный воздух через воздухозаборную шахту подается на фильтр, где очищается от пыли,

после чего воздуходувками подается на водоотделитель капельной влаги, а затем на автоматические установки для сушки воздуха, загруженные активным глиноземом. Осушенный воздух поступает в автоматические блоки фильтров, в которых осуществляется тонкая очистка воздуха от пыли. Из фильтров осушенный и очищенный воздух подается в блоки озонаторов, где под действием электрического разряда генерируется озон, который вместе с воздухом в виде озонозодушной смеси направляется в контактную камеру и смешивается с обрабатываемой сточной водой. Озо-новоздушная смесь распыляется трубками из пористой керамики. Циркуляция обрабатываемой сточной воды и озонозодушной смеси в контактной камере реакции во встречном направлении обеспечивает большую эффективность озонирования. Камеры реакции могут быть одно-и двухступенчатые.

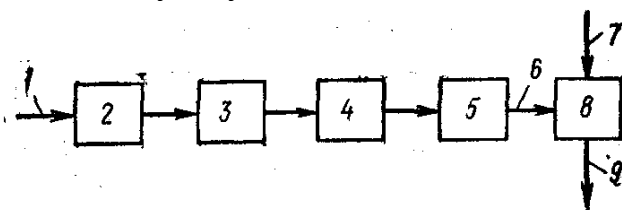


Рисунок 3.8 Технологическая схема озонирования производственных сточных вод:

1 – трубопровод для подачи воздуха из атмосферы; 2 – блок охлаждения воздуха; 3 – блок осушки воздуха; 4 – блок фильтрации воздуха; 5 – блок генерации озона; 6 – трубопровод для подачи озонозодушной смеси в контактную камеру; 7 – то же, необработанных сточных вод в контактную камеру; 8 – контактная камера; 9 – трубопровод для выпуска обработанных сточных вод.

В связи с токсичностью озона, особое внимание при проектировании озонаторных установок уделяется вопросу вентиляции помещений и герметизации реакторов (предельно допустимое содержание озона в воздухе помещений, где находятся люди, составляет 0,0001 мг/л).

В обрабатываемую сточную воду озон вводят различными способами: барботированием содержащего озон воздуха через слой воды (распределение воздуха происходит через фильтросы); противоточной абсорбцией озона водой в абсорберах с различными насадками; смешиванием воды с озонозодушной смесью в эжекторах или в специальных роторных механических смесителях.

При расчете контактных реакционных камер прежде всего определяют площадь распыливающих элементов, которые размещают у дна камеры для равномерного распределения озонозодушной смеси в воде. В качестве распределительных устройств используют металлокерамические или керамические трубы с порами размером соответственно 40-100 или 60-100 мкм, оптимальный режим диспергирования которых наблюдается при интенсивности распыления соответственно 76-91 и 20-26 м³/(м²-ч).

Необходимую общую площадь всех распыливающих элементов контактной камеры барботажного типа, м², определяют по формуле:

$$f_{\text{общ}} = Qd_{\text{оз}} / (C\omega),$$

где Q – расход сточных вод, м³/ч; d_{O_3} – требуемая доза озона, г/м³; C – концентрация озона в озono-воздушной смеси, г/м³; ω – интенсивность распыления на единицу площади пористых распылителей, м³/(м²-ч).

Распылительные трубы следует располагать по дну контактных камер на расстоянии 0,4 - 0,5 м между осями. При таком расположении труб барботажные факелы объединяются на высоте 2 м. Величина d_{O_3} определяется экспериментально для каждого вида производственных сточных вод. Высота слоя воды над распылителями 4,5-5м. Реакционные контактные камеры могут быть прямоугольными и круглыми в плане, число их принимается не менее двух.

Электрохимическое окисление

Электрохимические методы очистки основаны на электролизе производственных сточных вод. Химические превращения при электролизе могут быть различными в зависимости от вида электролита, а также материала электродов и присутствия различных веществ в растворе. Основу электролиза составляют два процесса: анодное окисление и катодное восстановление.

На аноде из материалов, не подвергающихся электролитическому растворению, в зависимости от солевого состава обрабатываемых сточных вод и условий электролиза выделяются кислород и галогены, а также окисляются некоторые присутствующие в сточных водах органические вещества.

На катоде происходит выделение газообразного водорода и восстановление некоторых присутствующих в сточных водах органических веществ.

Электрохимическую обработку целесообразно применять при очистке концентрированных органических и неорганических загрязнений при небольших расходах производственных сточных вод. Применение электрохимических методов очистки не требует предварительного разбавления сточных вод, не вызывает увеличения их солевого состава, позволяет утилизировать ценные примеси из сточных вод, упрощает технологическую схему очистки и эксплуатацию сооружений, облегчает их автоматизацию и сокращает площади, занимаемые под очистные сооружения, по сравнению с методами реагентной обработки. Основными недостатками электрохимического метода очистки сточных вод являются значительные затраты электроэнергии и расход металла, необходимость очистки поверхности электродов и межэлектродного пространства от механических примесей.

В качестве анода используются электролитически нерастворимые материалы (уголь, графит, магнетит, диоксиды свинца, магния, рутения), нанесенные на титановую основу. В качестве катода обычно используются свинец, цинк и легированная сталь. Большое значение при электрохимическом окислении имеет плотность тока.

Чтобы предотвратить смешение продуктов электролиза (особенно газов – водорода и кислорода), которые могут образовывать взрывоопасные смеси, применяют керамические, полиэтиленовые, асбестовые и стеклянные диафрагмы, разделяющие анодное и катодное пространство. Процесс осуществляется в электролитических ваннах, разделенных на несколько

отсеков, в которых обрабатываемые воды перемешиваются сжатым воздухом.

Деструктивное окисление молекул различных органических веществ на аноде часто сопровождается полным их распадом с образованием углекислого газа, воды, аммиака и некоторых других газообразных продуктов. В некоторых случаях происходит анодное окисление органических или неорганических соединений образованием более простых по составу, а также нетоксичных или малотоксичных продуктов (например, анодное окисление фенолов до малеиновой кислоты, цианидов до цианатов, сульфидов до сульфатов и др.).

Разработаны электрохимические методы очистки сточных вод предприятий машиностроения и приборостроения, химической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности от содержащихся в них растворенных примесей (цианидов, роданидов, нитросоединений, аминов, спиртов, альдегидов, кетонов, азокрасителей, сульфидов, меркаптанов, производных антрахинона и др.), основанные на анодном окислении и катодном восстановлении этих примесей.

При электролизе щелочных сточных вод, содержащих цианиды, на аноде происходит окисление цианид-ионов с образованием цианат-ионов и дальнейшим их электрохимическим окислением до конечных продуктов:

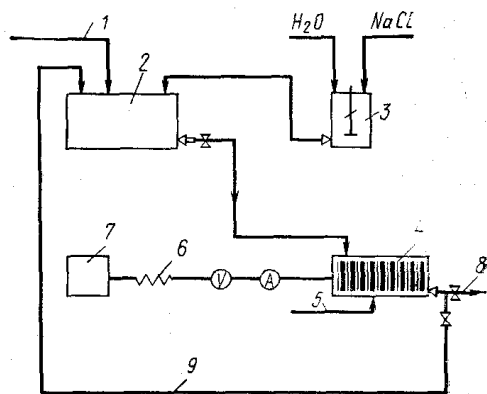
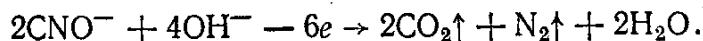
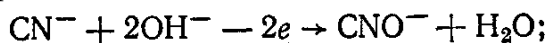
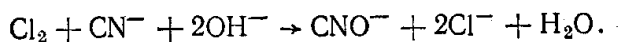
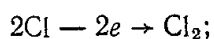


Рисунок 3.9 Принципиальная схема установки для электрохимической очистки сточных вод от цианистых соединений

1 – подача сточной воды; 2 – сборный резервуар-усреднитель; 3 – бак для приготовления концентрированного раствора хлорида натрия; 4 – электролитическая ванна; 5 – подача воздуха; 6 – регулировочный реостат; 7 – источник постоянного электрического тока; 8 – сброс в канализацию; 9 – обводная линия для подачи воды на повторную очистку.

В целях повышения электропроводности сточных вод, снижения расхода электроэнергии и интенсификации процесса окисления в сточные воды добавляют минеральные соли. Наиболее эффективно добавление хлорида натрия, который разлагается с выделением на аноде атомов хлора, участвующих в процессе окисления:



Электролиз сточных вод проводят при электродной плотности тока 100 —

150 А/м². В сточную воду вводят 5-10 г/л хлорида натрия. Удельный расход электроэнергии для обеспечения 100 %-ной очистки от цианидов (при начальном содержании 200 г/м³) составляет 40 кВт-ч/м³ или 0,2 кВт-ч на 1 г цианид-иона.

Очистку сточных вод от органических нитросоединений (нитробензола, тринитротолуола и др.) проводят в диафрагменном электролизере (в качестве диафрагм используются инертные пористые синтетические материалы – мипора, полиэтилен, мипласт и др.), помещают сточные воды в катодную камеру. В качестве катодов используют пластины из свинца, цинка, меди, легированной стали. После завершения электрохимического восстановления нитросоединений сточные воды подвергают повторной электрохимической обработке для анодного окисления полученных аминов до нетоксичных продуктов. При электролизе сточных вод, содержащих тринитротолуол, и плотности тока 200—600 А/м² и температуре 30—50°С с применением стальных катодов и графитовых анодов расход электроэнергии, необходимой для удаления из сточных вод 1 г тринитротолуола, составляет 0,5 кВт-ч.

При электролизе сточных вод, содержащих ионы различных металлов, происходит разряд этих ионов на катоде с получением катодных осадков соответствующих металлов. К примеру, при электролизе отработанных травильных растворов, содержащих FeSO₄ и свободную H₂SO₄, регенерируется 80-90 % серной кислоты и получается порошкообразное металлическое железо (25-50 кг на 1 м³ раствора).

При электролизе сточных вод, содержащих органические примеси и ионы металлов, в бездиафрагменных электролизерах одновременно происходит очистка сточных вод как от органических примесей в результате их окисления на аноде, так и от ионов металлов вследствие их выделения на катоде в виде соответствующих осадков металлов.

Электрохимические методы

Электрохимические методы очистки сточных вод включают анодное окисление, катодное восстановление растворенных веществ, электрокоагуляцию и электродиализ. Токсичные вещества превращаются в нетоксичные (или малотоксичные) соединения. Некоторые вещества могут переходить в газообразное состояние, выпадать в нерастворимый осадок, флотироваться в виде пены, осаждаться на катодах (металлические осадки). Методом электродиализа можно удалять из сточных вод соли, кислоты и щелочи с одновременной их регенерацией.

Технология электрохимического коагулирования и оборудование для очистки сточных вод

Установка для электрохимического коагулирования сточных вод имеет в своем составе оборудование, обеспечивающее подачу воды в заданном режиме, электрокоагулятор, устройство для отделения дисперсии гидроксидов и загрязняющих веществ, оборудование для обработки осадка (рис. 3.31). Кроме того, в комплект установки входит источник постоянного тока и контрольно-измерительная система, следящая за технологическими параметрами работы установки и содержанием водорода в окружающем пространстве.

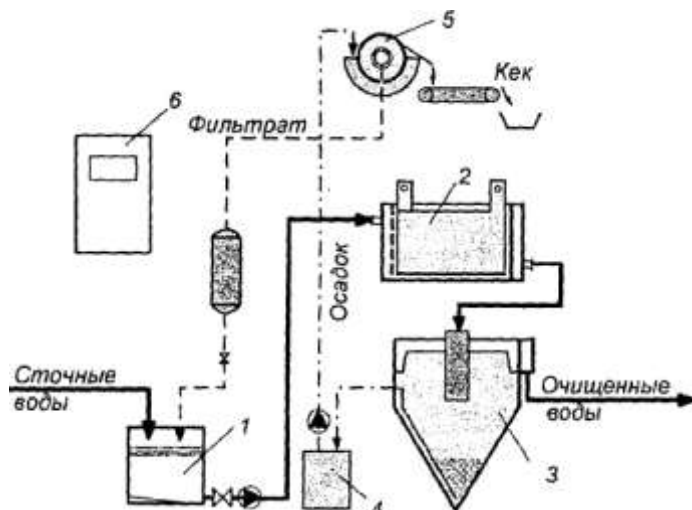


Рисунок 3.9. Схема электрокоагуляционной установки для очистки сточных вод: 1 - резервуар-усреднитель; 2 - электрокоагулятор; 3 - отстойник; 4 - промежуточная емкость осадка; 5 - аппарат для обезвоживания осадка; 6 - выпрямительный агрегат

Важнейшим элементом любой конструкции электрокоагулятора является электродный блок. Материал электродов обуславливает реакции химических взаимодействий с водой и загрязняющими веществами, геометрические соотношения - технологические показатели работы аппарата, конструкция электродной сборки - трудоемкость обслуживания и замены блока, наиболее удобные при монтаже и простые в изготовлении блоки электродов, выполненные из листового металла. При этом конструкция блока может состоять из отдельных электродов, соединенных с токоподводящими шинами, или объемного модуля, соединенного сваркой или стягивающими шпильками с диэлектрическими про-станками.

Поскольку электрохимическая производительность, коагулятора не зависит от продолжительности обработки в нем воды, возможно создание компактных устройств, встраиваемых в конструкции различных гравитационных разделителей.

В электрокоагулятор вертикального типа, встроенный в горизонтальный отстойник, вода поступает снизу и вместе с гидроксидами и газовой фазой отводится в зону гравитационного разделения (рис. 3.33).

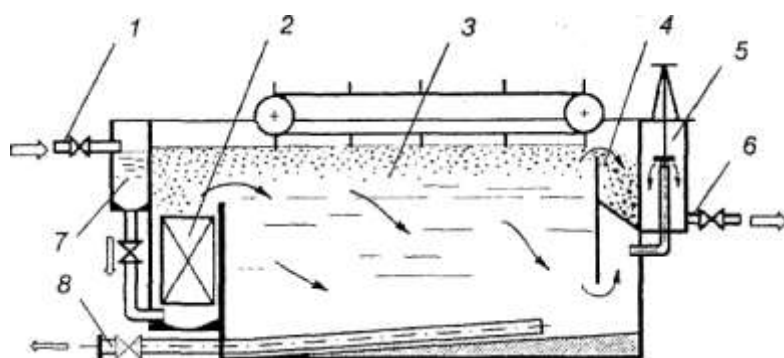


Рисунок 3.10. Электрокоагулятор вертикального типа, встроенный в отстойник; 1, 6 - поступающая и очищенная вода; 2 - электродный блок коагулятора; 3 - зона флотации и осадка; 4 - пеносборный желоб; 5 -

устройство, задающее уровень воды; 7 - впускная камера, 8 - отвод осадка

Сооружение обеспечивает удовлетворительную эффективность при очистке сточных вод, содержащих в основном всплывающие вещества. В зоне осветления часть загрязняющих веществ всплывает на открытую поверхность, а другая - оседает на дно, образуя таким образом два вида отходов с разной влажностью. Существуют конструкции электрокоагуляторов аналогичного типа, встроенные в вертикальные отстойники. В целом эта распространенная конструктивная схема сооружения не является оптимальной.

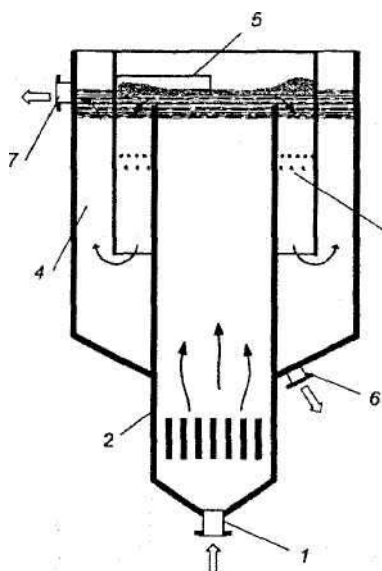


Рисунок 3.11. Вертикальный электрокоагулятор, коаксиально совмещенный с электрофлотатором:

1, 7 - поступающая и очищенная вода; 2 — электрокоагулятор; 3 - электрофлотатор; 4 - зона осаждения; 5 - отвод флотошлама; 6 - отвод осадка

Тема 4 Биологическая очистка производственных сточных вод

[#ТеоретическийРаздел](#)

Особенности процесса биологической очистки производственных сточных вод.

Аэротенки. Окситенки. Биофильтры. Поля орошения и поля фильтрации.

Биологические пруды. Биологическая очистка в анаэробных условиях.

Биологические фильтры

Биологические фильтры следует проектировать в виде резервуаров со сплошными стенками и двойным дном: нижним - сплошным, а верхним - решетчатым (колосниковая решетка) для поддержания загрузки. При этом необходимо принимать: высоту между донного пространства — не менее 0,6 м; уклон нижнего днища к сборным лоткам — не менее 0,01; продольный уклон сборных лотков — по конструктивным соображениям, но не менее 0,005.

Капельные биофильтры следует устраивать с естественной аэрацией, высоконагружаемые — как с естественной, так и с искусственной аэрацией

(аэрофилтры).

Естественную аэрацию биофилтров надлежит предусматривать через окна, располагаемые равномерно по их периметру в пределах междудонного пространства и оборудуемые устройствами, позволяющими закрывать их наглухо. Площадь окон должна составлять 1-5 % площади биофилтра.

В аэрофилтрах необходимо предусматривать подачу воздуха в междудонное пространство вентиляторами с давлением у ввода 980 Па (100мм вод. ст.). На отводных трубопроводах аэрофилтров необходимо предусматривать устройство гидравлических затворов высотой 200 мм.

В качестве загрузочного материала для биофилтров следует применять щебень или гальку прочных горных пород, керамзит, а также пластмассы, способные выдержать температуру от 6 до 30°C без потери прочности.

Загрузка филтров по высоте должна быть выполнена из материала одинаковой крупности с устройством нижнего поддерживающего слоя высотой 0,2 м, крупностью 70-100 мм.

Крупность загрузочного материала для биофилтров следует принимать по табл. 36.

Распределение сточных вод по поверхности биофилтров надлежит осуществлять с помощью устройств различной конструкции.

При проектировании разбрызгивателей следует принимать:

начальный свободный напор — около 1,5 м, конечный — не менее 0,5 м;

диаметр отверстий — 13-40 мм;

высоту расположения головки над поверхностью загрузочного материала — 0,15-0,2 м;

продолжительность орошения на капельных биофилтрах при максимальном притоке воды — 5-6 мин.

При проектировании реактивных оросителей следует принимать:

число и диаметр распределительных труб — по расчету при условии движения жидкости в начале труб со скоростью 0,5-1 м/с;

число и диаметр отверстий в распределительных трубах — по расчету при условии истечения жидкости из отверстий со скоростью не менее 0,5 м/с, диаметры отверстий — не менее 10 мм;

напор у оросителя — по расчету, но не менее 0,5 м;

расположение распределительных труб — выше поверхности загрузочного материала на 0,2 м.

Число секций или биофилтров должно быть не менее двух и не более восьми, причем все они должны быть рабочими.

Расчет распределительной и отводящей сетей биофилтров должен производиться по максимальному расходу воды с учетом рециркуляционного расхода, определяемого согласно п. 6.132.

В конструкции оборудования филтров должны быть предусмотрены устройства для опорожнения на случай кратковременного прекращения подачи сточной воды зимой, а также устройства для промывки днища биофилтров.

Капельные биологические филтры

При БПК_{полн} сточных вод $L_{ен} > 220$ мг/л, подаваемых на капельные биофилтры, надлежит предусматривать рециркуляцию очищенных сточных

вод; при БПК_{полн} 220 мг/л и менее необходимость рециркуляции устанавливается расчетом.

Для капельных биофильтров надлежит принимать:

рабочую высоту $H_{bf} = 1,5-2$ м;

гидравлическую нагрузку $q_{bf} = 1-3$ м³/(м² ·сут) ;

БПК_{полн} очищенной воды $L_{ex} = 15$ мг/л.

При расчете капельных биофильтров величину q_{bf} при заданных L_{en} и L_{ex} , мг/л, температуре воды T_w , следует определять по табл. 37, где $K_{bf} = L_{en}/L_{ex}$.

Т а б л и ц а 37

Гидравлическая нагрузка $q_{bf}, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$	Коэффициент K_{bf} при температурах $T_w, \text{ }^\circ\text{C}$, и высоте $H_{bf}, \text{ м}$.							
	$T_w = 8$		$T_w = 10$		$T_w = 12$		$T_w = 14$	
	H_{bf}	$H_{bf}=2$	$H_{bf}=1,5$	$H_{bf}=2$	H_{bf}	$H_{bf}=2$	$H_{bf}=1,5$	$H_{bf}=2$
1	8	11,6	9,8	12,6	10,7	13,8	11,4	15,1
1,5	5,9	10,2	7	10,9	8,2	11,7	10	12,8
2	4,9	8,2	5,7	10	6,6	10,7	8	11,5
2,5	4,3	6,9	4,9	8,3	5,6	10,1	6,7	10,7
3	3,8	6	4,4	7,1	6	8,6	5,9	10,2

Примечание. Если значение K_{bf} превышает табличное, то необходимо предусмотреть рециркуляцию.

Количество избыточной биопленки, выносимой из капельных биофильтров, можно принимать как 0,5 снятого БПК/сут по сухому веществу, влажность пленки - 96 %.

Высоконагружаемые биологические фильтры

Аэрофильтры

БПК_{полн} сточных вод, подаваемых на аэрофильтры, не должна превышать 300 мг/л. При большей БПК_{полн} необходимо предусматривать рециркуляцию очищенных сточных вод. Коэффициент рециркуляции K_{rc} следует определять по формуле

$$K_{rc} = \frac{L_{en} - L_{mix}}{L_{mix} - L_{ex}}, \quad (46)$$

где L_{mix} - БПК_{полн} смеси исходной и циркулирующей воды, при этом L_{mix} - не более 300 мг/л;

L_{en}, L_{ex} - БПК_{полн} соответственно исходной и очищенной сточной воды.

Для аэрофильтров надлежит принимать:

рабочую высоту $H_{af} = 2-4$ м;

гидравлическую нагрузку $q_{af} = 10-30$ м³/(м² ·сут);

удельный расход воздуха $q_a = 8-12$ м³/м³ с учетом рециркуляционного расхода.

При расчете аэрофильтров допустимую величину q_{af} , м³/(м² ·сут), при заданных q_a и H_{af} следует определять по табл. 38, где $K_{af} = L_{en}/L_{ex}$

Площадь аэрофильтров F_{af} , м², при очистке без рециркуляции необходимо рассчитывать по принятой гидравлической нагрузке q_{af} , м³/(м² ·сут), и суточному расходу сточных вод Q , м³/сут.

Биофильтры с пластмассовой загрузкой

БПК_{полн} сточных вод, подаваемых на биофильтры с пластмассовой загрузкой, допускается принимать не более 250 мг/л.

Для биофильтров с пластмассовой загрузкой надлежит принимать:

рабочую высоту $H_{pf} = 3 - 4$ м;

в качестве загрузки — блоки из поливинилхлорида, полистирола, полиэтилена, полипропилена, полиамида, гладких или перфорированных пластмассовых труб диаметром 50-100 мм или засыпные элементы в виде обрезков труб длиной 50-150 мм, диаметром 30-75 мм с перфорированными, гофрированными и гладкими стенками;

пористость загрузочного материала — 93-96 %, удельную поверхность — $90-110 \text{ м}^2 / \text{м}^3$;

естественную аэрацию.

В случае возможного прекращения притока сточных вод на биофильтр необходимо предусматривать рециркуляцию сточных вод во избежание высыхания биопленки на поверхности загрузки.

При расчете биофильтров с пластмассовой загрузкой надлежит определять:

гидравлическую нагрузку q_{pf} , $\text{м}^3 / (\text{м}^3 \cdot \text{сут})$ — в соответствии с необходимым эффектом очистки \mathcal{E} , %, температурой сточных вод T_w , °С, и принятой высотой H_{pf} , м, по табл. 39;

объем загрузки и площадь биофильтров — по гидравлической нагрузке и расходу сточных вод.

Дисковые биофильтры

Нагрузка на 1 м^2 поверхности — 7 – 100 г БПК/сут. Для достижения степени очистки 60% - нагрузка составляет 80 г/сут при расположении дисков в одну – две ступени, для степени очистки 80% - 40 г/сут при расположении в две-три ступени, для степени очистки 90% - 20 г/сут при расположении дисков в три-четыре ступени. Диаметр дисков – 2-3 метра, частота вращения – 1- 40 об/мин, расстояние между дисками 15 – 20 мм, зазор между днищем и дисками 25 – 50 мм. Используются для очистки сточных вод до $1000 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Имеют незначительные гидравлические потери и незначительную потребность в энергии.

Тема 5 Обработка осадков производственных сточных вод

[#ТеоретическийРаздел](#)

Состав и свойства осадков производственных сточных вод.

Классификация методов обработки. Анаэробное сбраживание. Аэробная стабилизация. Уплотнение. Кондиционирование. Обезвоживание на иловых площадках. Механическое обезвоживание. Термическая сушка и сжигание.

Обеззараживание. Обезвреживание и захоронение.

Состав и свойства осадков

При локальной очистке производственных сточных вод количество образующихся осадков может достигать 10— 40 % расхода сточных вод.

Конечная цель обработки осадков сточных вод состоит в превращении их путем проведения ряда последовательных технологических операций в безвредный продукт, не вызывающий загрязнения окружающей природной среды. При этом ценные компоненты, содержащиеся в осадке, должны

быть максимально утилизированы.

Химическая и санитарная характеристика осадков зависит от вида производственных сточных вод и от применяемого метода очистки.

По химическому составу осадки подразделяются на три группы: 1) преимущественно минерального состава; 2) преимущественно органического состава, имеющие зольность менее 10 %; 3) имеющие в своем составе вещества органического и минерального происхождения; зольность таких осадков может изменяться от 10 ДО 60%.

Все осадки производственных сточных вод можно разделить на два класса: инертные и токсичные (прил. 1). Кроме того, осадки производственных сточных вод бывают двух видов: стабильные и нестабильные (загнивающие).

Отдельные виды осадков требуют обязательной дезинфекции.

Важнейшим показателем способности осадков сточных вод к влагоотдаче является удельное сопротивление, являющееся обобщающим параметром. Этот параметр учитывает изменение состава и свойств осадка и позволяет выбирать методы его обработки, а также осуществлять соответствующие технологические расчеты.

Формы связи воды с твердыми частицами влияют на выбор процессов, используемых для обработки осадков. В соответствии с классификацией влаги в осадках по степени увеличения энергии связи с твердыми частицами суспензий подразделяется на избыточную, осмотическую, макро- и микропор. При обезвоживании и сушке осадков на каждый вид влаги затрачивается определенная удельная энергия. Химически связанная вода входит в состав вещества и не отделяется даже при термической сушке осадков.

Механическими методами обезвоживания осадков, а также естественной их сушкой на иловых площадках из осадков удаляется значительная часть избыточной и осмотической воды. Вода микро- и макропор удаляется выпариванием или под действием давления.

Классификация методов обработки осадков

Обработка осадков производственных сточных вод состоит из следующих стадий: уплотнение, стабилизация, кондиционирование, обезвоживание, обезвреживание, ликвидация, обеззараживание, утилизация.

Стадия уплотнения (сгущения) осадков является, как правило, неотъемлемой, частью любой технологической схемы их обработки. Различают следующие приемы уплотнения: гравитационное, флотационное, центробежное, вибрационное и фильтрационное.

Стабилизация производится с целью предотвращения загнивания осадков для облегчения их захоронения или утилизации. Сущность стабилизации осадков заключается в изменении их физико-химических характеристик, при которых происходит подавление жизнедеятельности гнилостных бактерий.

Стабилизация осадков достигается следующими технологическими приемами:

минерализацией органических веществ с помощью анаэробного метанового сбраживания, аэробным окислением, тепловой обработкой,

биотермическим разложением, жидкофазным окислением; изменением активной реакции среды до высоких значений рН путем введения щелочей; высушиванием осадков; введением ингибиторов химического происхождения. В зависимости от метода обработки осадков их стабилизация может быть полной или частичной.

Кондиционирование — технологический прием, которым обеспечивается наилучшее обезвоживание осадков. С помощью кондиционирования увеличивают водоотдающие свойства осадков путем изменения их структуры и форм связи воды. Для кондиционирования малозольных осадков обычно используются реагентная обработка, тепловая обработка и жидкофазное окисление; для осадков с высоким содержанием электролитов — замораживание и оттаивание, а также электрокоагуляция.

Обезвоживание осадков осуществляется в условиях естественных (на иловых площадках или в иловых прудах) и искусственных (на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах, виброфильтрах, центрифугах). Заключительным этапом обезвоживания осадков является термическая сушка. Осадки после механического обезвоживания и термической сушки значительно уменьшаются по массе и объему. Осадки после термической сушки имеют влажность 5—40 %.

Санитарные показатели таких осадков достаточно высоки, однако осадки не полностью стерильны, хотя и не загнивают при сохранении влажности; осадки удобны для транспортирования и утилизации.

Для *термической сушки* осадков применяют барабанные, ленточные, пневматические и вальцовые сушилки, а также сушилки со взвешенным слоем и со встречными струями.

Сжигание в топках, жидкофазное окисление, сброс в накопители, закачку в пустотные породы, вывоз на свалки применяют для *ликвидации* осадков. В тех случаях, когда утилизация малозольных осадков невозможна или экономически нецелесообразна, а также с целью обезвреживания и уменьшения объема осадки сжигают. Кроме того, сжигание осадков необходимо, если в них содержатся токсичные примеси. Для сжигания применяют камерные, многоподовые, барабанные, распылительные и циклонные печи, а также печи с псевдоожиженным слоем.

Утилизация осадков сточных вод промышленных предприятий предусматривается для извлечения и использования ценных веществ. Ряд осадков сточных вод обладает высокими удобрительными свойствами. Активный ил может быть использован как кормовой продукт. Как было указано ранее, осадки сточных вод минерального происхождения могут найти применение в промышленности строительных материалов и в дорожном строительстве (заменители керамзита и других материалов, а также как связующий материал при дорожных работах).

Осадки сточных вод органического происхождения при сбраживании их в метантенках разлагаются с выделением метана, который может быть использован как источник тепловой, механической, электрической энергии и может служить заменителем бензина.

Обычно извлечение ценных веществ осуществляют на локальных цеховых установках или на установках, сооружаемых непосредственно у технологического оборудования.

Технологические схемы обработки осадков могут быть весьма разнообразными, а общее число всех возможных вариантов достигает нескольких сотен. Для инертных осадков возможны следующие технологические схемы: 1) уплотнение, кондиционирование, обезвоживание, утилизация; 2) уплотнение, стабилизация, кондиционирование, обезвоживание, утилизация; 3) уплотнение, стабилизация, утилизация и другие варианты. Для токсичных осадков возможны схемы: 1) уплотнение, ликвидация; 2) уплотнение, кондиционирование, обезвоживание, ликвидация; 3) уплотнение, кондиционирование, обезвоживание, утилизация и другие варианты.

Уплотнение осадков

При любом принятом способе обработки осадков последние подвергаются уплотнению с целью уменьшения их влагосодержания. Чем больше при уплотнении уменьшится влажность осадков, тем существеннее снизятся затраты на последующие стадии обработки — механическое обезвоживание, сбраживание, термическую сушку и сжигание.

Различают следующие способы уплотнения (сгущения) осадков: гравитационное, флотация, центрифугирование.

Гравитационное уплотнение применяется для избыточного активного ила и сброженных осадков и отличается от других способов уплотнения простотой и экономичностью. Продолжительность уплотнения зависит от свойств осадка и принимается равной 4—24 ч. Уплотненные осадки имеют влажность 85—97 %.

Для уплотнения избыточного активного ила применяются илоуплотнители вертикального и радиального типа. Последние могут быть оборудованы илососами или илоскребами. Исследования показали, что в илоуплотнителях, оборудованных илоскребами, уплотнение происходит лучше. Это объясняется перемешиванием активного ила в процессе уплотнения и меньшей высотой радиальных илоуплотнителей по сравнению с вертикальными. Перемешивание способствует лучшему хлопьеобразованию и осаждению ила.

Гравитационное уплотнение недостаточно эффективно: наблюдается высокое содержание взвешенных веществ в отделяемой воде; влажность уплотненных осадков высока, что удорожает последующую их обработку; при продолжительном уплотнении требуются большие объемы илоуплотнителей.

С целью снижения продолжительности уплотнения, получения осадка с меньшей влажностью и уменьшения выноса взвешенных веществ из илоуплотнителя применяются различные приемы: коагуляция, перемешивание в процессе уплотнения, совместное уплотнение различных видов осадков, термогравитационный метод.

В качестве коагулянтов применяют различные минеральные и органические соединения.

Флотация широко применяется в практике уплотнения различных суспензий. Достоинство этого метода состоит в том, что по сравнению с гравитационным уплотнением осадков продолжительность его меньше,

уплотнение более глубокое, и, главное, его можно регулировать путем оперативного изменения параметров. Обычно применяют импеллерную, электро- и напорную флотацию. Последняя получила наибольшее распространение.

При напорной флотации применяют непосредственное насыщение уплотняемой суспензии воздухом или же используют рабочую жидкость. Воздух подается под давлением 0,4 МПа. Когда во флотационном резервуаре снимается давление, выделяющиеся пузырьки воздуха флотируют твердые частицы осадка и увлекают их на поверхность. Образовавшаяся флотационная пена непрерывно или периодически удаляется. При флотационном способе скорость уплотнения осадка в 10—15 раз больше, чем при гравитационном способе.

Центрифугирование позволяет разделить суспензии в компактных и высокопроизводительных аппаратах — гидроциклонах, центрифугах и сепараторах. Скорость разделения суспензий в гидроциклонах в 10—20 раз, а в центрифугах и сепараторах более чем в 1000 раз больше, чем при гравитационном уплотнении.

Для сгущения шламов заводов черной металлургии применяют напорные гидроциклоны с последующим обезвоживанием на ленточных фильтрах. Сливная вода имеет высокую концентрацию взвешенных веществ мелких фракций, а поэтому ее обрабатывают полиакриламидом и отстаивают. Можно применять также напорный гидроциклон в сочетании с ленточным вакуум-фильтром. Осадок, сгущенный в гидроциклоне, подается на вакуум-фильтр и образует на его поверхности пористый слой. Затем на этот слой подают сливную воду, содержащую мелкие фракции. При таком режиме работы фильтрат содержит мало взвешенных веществ и отсутствует необходимость в специальной очистке сливной воды.

Анаэробное сбраживание и аэробная стабилизация осадков

Анаэробное сбраживание органических осадков производственных сточных вод применяется для сырых осадков из первичных отстойников, избыточного активного ила или для их смеси. Сброженный осадок направляется на иловые площадки или подвергается механическому обезвоживанию. В процессе метанового анаэробного сбраживания одним из основных продуктов, распада органических веществ осадка является метан.

Сбраживание осадков проходит две фазы: кислую и щелочную. В кислой фазе сбраживания сложные органические вещества осадка и ила под действием внеклеточных бактериальных ферментов сначала гидролизуются до более простых: белки — до пептидов и аминокислот, жиры — до глицерина и жирных кислот, углеводы — до простых Сахаров; в дальнейшем образуются конечные продукты — органические кислоты. Во второй фазе щелочного или метанового сбраживания из органических дислот образуются метан и угольная кислота. Скорость распада органических веществ осадка зависит от их химического состава, температуры, дозы загрузки, влажности осадков и других факторов. Так, например, при анаэробном сбраживании осадков сточных вод фабрик первичной обработки шерсти в двухступенчатых

метантенках с предварительным и последующим отстаиванием воды в течение 2 ч достигаются следующие показатели: снижение концентрации загрязнений взвешенных веществ 65%, шерстного жира 80 %, по ХПК 70 %» по БПКполн 90 %. Выход газа на 1 кг снижения БПКполн 0,5—0,6 м³. Количество образующегося осадка при влажности 93 % и зольности 60 % составляет 12—14 % объема сточных вод.

Для анаэробного сбраживания осадков сточных вод ___ обычно используют два температурных режима сбраживания: мезофильный при температуре 30—35°С и термофильный при температуре 52—55 °С. Разумеется, для каждого вида осадков производственных сточных вод необходимо экспериментально определять оптимальные условия сбраживания (дозу загрузки, температуру и пр.). При этом следует учитывать то обстоятельство, что в осадках зачастую содержатся вещества, которые могут мешать процессу: ПАВ, соединения хрома, мышьяка, ионы тяжелых металлов и пр.

В последние годы все более широкое распространение находит метод аэробной стабилизации осадков, при котором происходит длительная аэрация осадков либо ила в сооружениях типа аэротенков-стабилизаторов. Этот процесс, по сравнению с анаэробным сбраживанием осадков в метантенках, отличается простотой, устойчивостью, взрывобезопасностью, меньшими капитальными вложениями. Главным недостатком метода аэробной стабилизации являются высокие энергетические затраты, необходимые для продувки осадка воздухом, и малоэффективная работа в холодное время года.

Кондиционирование осадков

Под кондиционированием осадков обычно понимают такой вид обработки, при котором осадок изменяет структуру и формы связи воды, благодаря чему лучше обезвоживается. Кондиционирование осадков— это процесс подготовки осадков к механическому обезвоживанию.

В качестве метода кондиционирования осадков наибольшее распространение получила реагентная обработка. Тепловая обработка, жидкофазное окисление, замораживание и оттаивание пока широкого распространения не получили.

Реагентная обработка изменяет структуру осадка и улучшает его способность отдавать влагу. Для реагентной обработки обычно применяют коагулянты и флокулянты минерального и органического происхождения. Из минеральных коагулянтов чаще всего применяют соли железа, алюминия и др. Используют также сочетания коагулянтов и реагентов, например хлорного железа с известью. Вместо кристаллического хлорного железа можно применять его раствор, являющийся отходом химических производств; вместо сульфата железа — более дешевый сульфат оксида железа, хотя для обработки осадков требуются при прочих равных условиях большие его дозы.

Для обработки некоторых видов осадков применяют только одну известь. Применяемые в настоящее время минеральные коагулянты относительно дефицитны и дороги. Кроме того, их использование вызывает определенные трудности в эксплуатации установок кондиционирования; они коррозионны и относительно сложны при транспортировании, хранении, приготовлении и

дозировании.

Достаточно широкое применение находят синтетические флокулянты. Они обеспечивают довольно высокую эффективность кондиционирования и снижают расходы на эксплуатацию установок.

Довольно широкое применение при обработке осадков находит синтетический флокулянт — полиакриламид (ПАА).

Для обработки осадков, содержащих значительное количество органических загрязнений (зольность 25—50%), обычно применяют катионные флокулянты; при более высокой зольности — смесь катионных и анионных флокулянтов; для сильноминерализованных осадков — анионные соединения.

Наиболее рационально применение синтетических флокулянтов при последующей обработке осадков на центрифугах. В зависимости от вида осадка доза флокулянтов составляет 0,05—0,4 % массы сухого вещества осадка. Обезвоживание осуществляется достаточно глубоко, и влажность обезвоженного осадка может достигать 40—50 %.

По зарубежным данным, для кондиционирования осадков хорошие результаты дает комбинированное применение минеральных коагулянтов и синтетических флокулянтов перед подачей осадка на фильтр-пресс с дозой по сухому веществу: флокулянта 0,001—0,5 %; коагулянтов (хлорида железа, сульфата железа и др.) 0,5—10 %. При обезвоживании на фильтр-прессе влажность осадка составляет 37—64 %.

С целью улучшения процесса обезвоживания используют присадочные материалы, которые способствуют формированию жесткого скелета на фильтровальной поверхности, препятствуют слипанию частиц осадка и их деформации. В результате увеличивается пропускная способность фильтров, лучше снимается обезвоженный осадок, а фильтрат оказывается менее загрязненным. Обычно по массе добавляют три-четыре части присадочного материала на одну часть твердой фазы осадка. Практикуется также совместное применение присадочного материала и химических реагентов.

Тепловая обработка считается перспективным методом, особенно для органических осадков, имеющих зольность 30—40 %. Осадок нагревается в герметическом резервуаре типа автоклава до температуры 150—200 °С и выдерживается 0,5—2 ч. Температура нагрева и продолжительность выдерживания зависят от свойств осадка и определяются обычно экспериментально. В процессе обработки до 40 % сухого вещества осадка переходит в раствор. Осадок после тепловой обработки за короткий период времени уплотняется до влажности 92—94 %. Объем уплотненного осадка достигает 20—30 % первоначального. Осадок приобретает хорошие водоотдающие свойства, стерилен. Уплотненный осадок хорошо обезвоживается на вакуум-фильтрах (до 65—70 %) и фильтр-прессах.

В процессе тепловой обработки значительная часть органического вещества осадка переходит в раствор, вода, отделенная при уплотнении и обезвоживании, имеет высокую загрязненность (ее ХПК достигает 10 г/л) и направляется обычно на обработку в аэрационные сооружения. Это требует увеличения их пропускной способности на 10—15 %.

В процессе тепловой обработки существенно улучшаются фильтрационные свойства осадков, поэтому обезвоженные осадки имеют влажность 40—70 %.

Метод тепловой обработки имеет ряд достоинств: осадок не загрязняется реагентами; непрерывен процесс; осуществляется кондиционирование и стерилизация осадка; компактна установка. К недостаткам можно отнести сложности конструктивного оформления, а также эксплуатации установки (особенно теплообменников); трудности, возникающие при очистке надильной воды.

Замораживание и оттаивание сточных вод не находит широкого применения. Сущность метода заключается в том, что при замораживании часть связанной влаги переходит в свободную, происходит коагуляция твердых частиц осадка и снижается его удельное сопротивление. При оттаивании осадки образуют зернистую структуру, их влагоотдача повышается. Замораживание производится при температуре от —5 до —10 °С в течение 50—120 мин. После оттаивания осадок обычно уплотняется, а затем подсушивается на иловых площадках. Уплотненные осадки имеют влажность 80—85 %, а после подсушивания на иловых площадках 50—60 %.

Сушка осадков на иловых площадках и механическое обезвоживание

Сброженные в метантенках осадки подсушиваются обычно на иловых площадках или в иловых прудах. Для этого требуются большие территории. Если применяется механическое обезвоживание осадков, то иловые площадки устраиваются в качестве аварийных сооружений. В настоящее время применяются иловые площадки на естественном основании без дренажа и с дренажем, на искусственном дренирующем и асфальтобетонном основаниях, каскадные иловые площадки с оттаиванием и поверхностным удалением иловой воды, площадки-уплотнители, площадки с механическим удалением осадка.

При подсушивании осадка на иловых площадках протекают следующие процессы: уплотнение осадка и удаление жидкой фазы с поверхности, фильтрование жидкой фазы через слой осадка и ее удаление с помощью дренажа, испарение жидкости со свободной поверхности осадка.

Для интенсификации работы иловых площадок и повышения нагрузки на них можно проводить предварительную промывку трудно фильтрующихся осадков очищенной сточной жидкостью, коагуляцию осадков химическими реагентами, а также замораживание и последующее оттаивание осадков.

Предварительная промывка осадка позволяет увеличить нагрузку на иловые площадки на 70 %. а использование химических реагентов или присадочных материалов при подсушивании осадков способствует увеличению нагрузки на иловые площадки в 2—3 раза.

Нагрузка на иловые площадки должна быть дифференцированной в зависимости от климатических условий и обеспечивать полное

промораживание осадка на всю глубину. Для равномерного отвода воды с площадок водоотводящие колодцы с водосливами необходимо устраивать по периметру карт на расстоянии 30—50 м друг от друга.

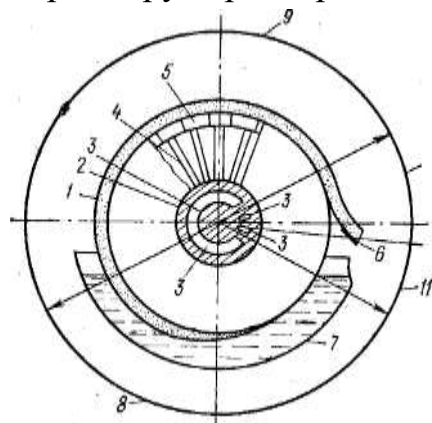


Рис. 5.1. Барабанный вакуум-фильтр

1 — цилиндрический барабан; 2 — распределительная головка; 3 — камеры распределительной головки; 4 — отводящий коллектор; 5 — секция; 6 — нож для съема осадка; 7 — корыто с осадком; 8 — зона фильтрования; 9 — зона просушки; 10 — зона съема осадка; // — зона регенерации ткани

Фильтрование обычно осуществляется на вакуум-фильтрах, листовых фильтрах, фильтр-прессах и виброфильтрах. На вакуум-фильтрах удаляется около 80 %, на листовых фильтрах — 90%, на фильтр-прессах — 98%, на гравитационных и виброфильтрах — 60—70% общего количества связанной воды, содержащейся в осадках. Выбор типа фильтра определяется технико-экономическими расчетами и зависит главным образом от условий последующего использования или дальнейшей обработки осадков.

Вакуум-фильтры для обезвоживания осадков нашли наибольшее распространение по сравнению с другими аппаратами. На них можно обрабатывать практически любые виды осадков. Различают барабанные со сходящим полотном, дисковые и ленточные вакуум-фильтры.

Барабанный вакуум-фильтр (рис. 7.8) — вращающийся горизонтально расположенный барабан, частично погруженный в корыто с осадком. Барабан имеет две боковые стенки: внутреннюю сплошную и наружную перфорированную, обтянутую фильтровальной тканью. Пространство между стенками разделено на 16—32 секции, не сообщающиеся между собой. Каждая секция имеет отводящий коллектор, входящий в торце в цапфу, к которой прижата неподвижная распределительная головка. В зоне фильтрования осадок фильтруется под действием вакуума. Затем осадок просушивается атмосферным воздухом. Фильтрат и воздух отводятся в общую вакуумную линию. В зоне съема осадка в секции подается сжатый воздух, способствующий отделению обезвоженного осадка от фильтровальной ткани. Осадок снимается с барабана ножом. В зоне регенерации ткань продувается сжатым воздухом или паром. Для улучшения

фильтрующей способности ткани через 8—24 ч работы фильтр регенерируют — промывают водой, ингибированной кислотой или растворами ПАВ.

Барабанные вакуум-фильтры со сходящим полотном. В этих фильтрах регенерация фильтровальной ткани производится непрерывно. Применение их особенно эффективно в тех случаях, когда обезвоживанию подвергаются осадки производственных сточных вод, по своей структуре способные быстро заиливать фильтровальную ткань, а также сырые осадки.

Барабанный вакуум-фильтр со сходящим полотном имеет регенерационный узел (рис. 7.9). Кек, образовавшийся на фильтровальной ткани, при прохождении последней через отдувочно-разгрузочный ролик 4 снимается ножом. Перед подходом к ножу происходит отдувка ткани воздухом, поступающим из ролика 4. Затем ткань промывается с двух сторон водой, подаваемой из насадок, очищается вращающейся щеткой и дополнительно промывается водой, подаваемой через щель. Промывная вода отводится в канализацию. Через ролик 3 регенерированная ткань возвращается на поверхность барабана, и фильтроцикл повторяется. При недостаточной регенерации ткани водой в разбрызгиватели может подаваться ингибированная соляная кислота.

Дисковые вакуум-фильтры имеют площадь поверхности фильтрования 9—100 м² и применяются чаще всего для обработки осадков сточных вод предприятий черной металлургии и угольной промышленности. Диски фильтра, обтянутые с обеих сторон фильтровальной тканью, расположены на горизонтальном вращающемся валу, внутри которого расположены коллекторы, отводящие фильтрат. В зависимости от пропускной способности фильтра число дисков изменяется от 2 до 12. Дисковые вакуум-фильтры занимают меньшую площадь, чем барабанные, что и является их преимуществом.

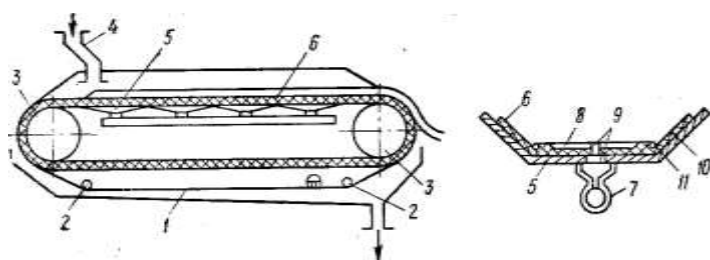


Рисунок 5.2 Ленточный вакуум-фильтр:

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

Ленточные вакуум-фильтры применяют для обезвоживания быстро расслаивающихся осадков, преимущественно минерального происхождения, таких как окалина, осадки газоочисток доменного и

конвертерного цехов. Фильтр (рис. 5.2) имеет бесконечную резино-тканевую ленту, натянутую на двух барабанах, и фильтровальный стол. Щелевое отверстие, расположенное посередине стола, сообщается с вакуум-камерой. Лента имеет поперечные рифления и продольные сквозные прорези. Фильтровальная ткань укладывается на ленту и закрепляется в пазах резиновым шнуром. Верхняя рабочая ветвь ленты протягивается по столу так, что ее продольные прорезы совпадают с щелевым отверстием стола. Фильтрат отводится с внутренней стороны ткани по поперечным пазам и через продольные отверстия поступает в вакуум-камеру и сборный коллектор. При фильтровании быстро осаждающиеся крупные частицы образуют подслоя, который улучшает условия фильтрования и повышает пропускную способность фильтра.

Листовые фильтры типа ЛВАВ (листовой вертикальный автоматизированный с вибровыгрузкой осадка) могут служить для обезвоживания различных осадков.

Фильтр представляет собой герметичный корпус с поворотной заслонкой. Внутри корпуса размещены фильтровальные элементы (листы) — плоские стальные коробки, обтянутые фильтровальной тканью с перфорированными боковыми поверхностями. Каждый лист имеет трубку для отвода фильтрата в коллектор.

Подача осадка на фильтр центробежным насосом прекращается после образования на фильтрующей поверхности определенного слоя, что контролируется по времени подачи осадка на фильтрацию или по количеству отведенного фильтрата. Затем в фильтр подается сжатый воздух или пар. Одновременно из фильтра удаляется избыток неотфильтрованного осадка. Путем отдувки воздухом или паром обезвоженный осадок снимается с фильтровальной ткани.

Фильтры ЛВАВ компактны, имеют высокую пропускную способность, позволяют автоматизировать весь процесс фильтрования.

Продолжительность фильтроцикла и отдельных его операций для каждого вида осадка должна быть экспериментально установлена заранее или в процессе наладки фильтров.

Фильтр-прессы применяют для обработки сжимаемых аморфных осадков. Применяют в тех случаях, когда осадок направляют на сушку или сжигание или когда для дальнейшей утилизации необходимо получить осадки с минимальной влажностью. При необходимости перед подачей на фильтр-пресс в осадок вводятся химические реагенты — хлорное железо, известь, полиакриламид и др.

Различают рамные, камерные типа ФПАКМ, ленточные, барабанные и винтовые (шнековые) фильтр-прессы. Рамный фильтр-пресс имеет набор вертикально расположенных чередующихся плит и рам. Между поверхностями плит и рам проложена фильтровальная ткань. Сначала собирают комплект рам и плит, загружают камеры осадком и отжимают его. Затем рамы и плиты поочередно отодвигают и обезвоженный осадок сбрасывают

в бункер. Рамные фильтр-прессы имеют низкую пропускную способность. Кроме того, выгрузка осадка из фильтра обычно производится вручную.

Фильтр-прессы ФПАКМ (фильтр-пресс автоматический камерный модернизированный) находят довольно широкое распространение. Они выпускаются промышленностью серийно и имеют площадь поверхности 2,5—50 м². Фильтр состоит из нескольких фильтровальных плит и фильтрующей ткани, протянутой между ними с помощью направляющих роликов. Поддерживающие плиты связаны между собой четырьмя вертикальными опорами, воспринимающими нагрузку от давления внутри фильтровальных плит. В натянутом состоянии ткань поддерживается с помощью гидравлических устройств. Каждая фильтровальная плита состоит из верхней и нижней части. Верхняя часть перекрыта перфорированным листом, под которым находится камера для приема фильтрата. На перфорированном листе находится фильтровальная ткань. Нижняя часть плиты представляет собой раму, которая при сжатии плит образует камеру, куда подается осадок. Между верхней и нижней частями фильтровальных плит расположены эластичные водонепроницаемые диафрагмы.

Ленточные прессы относительно просты и по конструкции и в эксплуатации. Пресс имеет нижнюю горизонтальную фильтрующую ленту и верхнюю прижимную ленту. Фильтрация и отжим осуществляются в пространстве между этими лентами. Обезвоженный осадок срезается ножом и сбрасывается в транспортер. Фильтрующая лента промывается водой, подаваемой по трубопроводу 4. Фильтрат и промывная вода отводятся по трубопроводу 5.

Гравитационные фильтры не нашли еще достаточного применения для обработки осадков сточных вод. Фильтр имеет два полых вращающихся барабана с решетчатой боковой поверхностью. Барабаны протягивают нейлоновую фильтровальную ленту. Одна торцовая стенка барабана-сгустителя глухая, а вторая — с отверстием посередине, куда по трубопроводу подается осадок. Фильтрат собирается в поддоне, а сгущенный осадок выносится лентой и через прозоры в решетке попадает внутрь барабана, где дополнительно обезвоживается. Осадок в виде комьев удаляется из барабана через отверстие в торце и сбрасывается на транспортер.

Виброфильтры. Просты по конструкции и требуют малых энергетических затрат. Они могут применяться для обезвоживания труднофильтруемых осадков без предварительного кондиционирования. Однако после обработки на виброфильтрах осадок имеет относительно высокую влажность, а фильтрат содержит загрязнения высокой концентрации. Но несмотря на низкое качество фильтрата после виброфильтров, эксплуатационные затраты на обезвоживание оказываются в 2 раза меньшими по сравнению с затратами на обезвоживание кондиционированного осадка на вакуум-фильтрах.

Виброфильтры применяются для обезвоживания осадков сточных вод предприятий пищевой промышленности. Обезвоженный осадок влажностью 75—81 % используется в качестве удобрения.

Центрифугирование осадков в последние годы находит все большее распространение. Достоинствами этого метода являются простота, экономичность и управляемость процессом. После обработки на центрифугах получают осадки низкой влажности.

Центрифугирование осадков производится с применением минеральных реагентов и флокулянтов или без них. При использовании флокулянтов осадок после обезвоживания имеет меньшую влажность, а центрифуга — большую пропускную способность; фугат, образующийся при центрифугировании, — меньшую загрязненность. При центрифугировании осадков без применения флокулянтов образующийся фугат имеет высокие БПК, ХПК и содержание взвешенных веществ. Для дальнейшей обработки фугат направляется обычно на сооружения биологической очистки, увеличивая тем самым нагрузку на них.

Термическая сушка предназначена для обеззараживания и уменьшения массы осадков сточных вод, предварительно обезвоженных на вакуум-фильтрах, центрифугах или фильтр-прессах. 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.

Высушенный осадок представляет собой сыпучий зернистый материал.

Термическая сушка может являться заключительным этапом обработки осадка или этапом подготовки осадка к ликвидации его путем сжигания.

Сжигание осадков производится в тех случаях, когда их полезные свойства невозможно или экономически нецелесообразно использовать. Осадки сжигаются в камерных, циклонных, многоподовых и распылительных печах, а также в печах с псевдоожиженным слоем. Наиболее производительными являются циклонные печи и печи с псевдоожиженным слоем.

При сжигании осадков большинство их используется как топливо, поскольку по составу горючей массы и теплоте сгорания они близки к бурому углю и торфу. Зола, образующаяся при сжигании осадков, может использоваться для подщелачивания почв, в промышленности строительных материалов, в качестве присадочного материала в процессе кондиционирования осадков перед их обезвоживанием.

Тема 6 Водоотведение и очистка производственных сточных вод отдельных отраслей промышленности

#ТеоретическийРаздел

Транспортные предприятия. Нефтеперерабатывающие заводы и нефтебазы. Предприятия машиностроения и приборостроения. Комбинаты строительных материалов и заводы железобетонных конструкций.

Предприятия горнодобывающей отрасли. Предприятия легкой промышленности. Комбинаты бытового обслуживания, прачечные, бани.

Заводы по производству синтетических волокон и лекарственных препаратов. Предприятия целлюлозно-бумажной и лесохимической промышленности. Предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции. Предприятия пищевой промышленности. Животноводческие комплексы и птицефабрики.

Спиртовые, дрожжевые и крахмалопаточные заводы

Спиртовые заводы в зависимости от вида перерабатываемого сырья делятся на две группы: 1) перерабатывающие крахмалсодержащее сырье (картофель и зерновые культуры); 2) перерабатывающие мелассу (отход свеклосахарного производства). На спиртовых заводах, перерабатывающих крахмалсодержащее сырье, организовано производство сухих кормовых дрожжей, выращиваемых на зернокартофельной барде, и производство пищевой жидкой углекислоты, получаемой из газов спиртового брожения. На меласно-спиртовых комбинатах имеется производство хлебопекарных дрожжей, выделяемых из меласной бражки; производство сухих кормовых дрожжей, выращиваемых на меласной барде, и производство жидкой пищевой углекислоты, получаемой из газов спиртового брожения.

Производство крахмала включает следующие стадии: гидротранспортирование и мойку картофеля, его измельчение, отделение клеточного сока от измельченного картофеля, трехкратную промывку оставшейся массы для выделения крахмала, обезвоживание мезги.

Крахмальную патоку получают путем кислотного гидролиза крахмала с последующей нейтрализацией, очисткой и осветлением паточного сиропа активированным углем и упариванием сиропа.

Источники образования сточных вод

На спиртовых заводах первой группы сточные воды образуются:

- а) при промывке и замочке зерна на солод;
- б) при гидротранспортировании зеленого солода;
- в) при увлажнении воздуха в увлажнительной камере солодовни;
- г) при мойке солодовенных сит;
- д) при мойке технологического оборудования;
- е) при промывке фильтров установки химической водоочистки;
- ж) при продувке паровых котлов;
- з) в процессе ректификации спирта — лютерная вода;
- и) при охлаждении продуктов и полупродуктов производства.

При переработке картофеля дополнительно образуются транспортно-моечные воды.

На спиртовых заводах второй группы сточные воды образуются:

- а) при мойке технологического оборудования;
- б) при промывке и регенерации фильтров установки химической водоочистки;
- в) в процессе ректификации спирта — лютерная вода;
- г) при охлаждении продуктов и полупродуктов производства.

На заводах хлебопекарных дрожжей сточные воды образуются:

- а) в результате сепарирования дрожжей (последрожжевая бражка — высококонцентрированный сток);
- б) при промывке биомассы дрожжей;
- в) в результате прессования дрожжей;
- г) при мойке технологического оборудования, трубопроводов, полов, салфеток, фильтр-прессов или вакуум-фильтров;
- д) при охлаждении питательных сред, дрожжевой суспензии, воздуха, подшипников компрессоров и воздуходувных машин.

На крахмало-паточном заводе сточные воды образуются:

- а) при транспортировании и мойке клубней картофеля;
- б) в результате многократной промывки крахмала и мезги;
- в) при мойке технологического оборудования, сит;
- г) при смыве фильтр-прессной грязи;
- д) в процессе выпаривания и уваривания сиропа (конденсат вторичного пара);
- е) при охлаждении продуктов, полупродуктов и машин.

Сахарные заводы

На сахарных заводах вода расходуется на гидротранспортирование и мойку свеклы; охлаждение продуктов в аппаратах и нужды ТЭЦ; мойку аппаратов и прочее; разбавление отходов. Побочными продуктами сахарных заводов являются меласса и жом. Расход свежей холодной воды колеблется от 250 до 1400% к весу свеклы.

Состав и свойства сточных вод

На заводах, перерабатывающих сахарную свеклу, сточные воды разделяются на три категории:

Категория I - от освежения (продувки) охлаждающей оборотной воды; эта вода сбрасывается в канализацию сточных вод категории 3.

Категория II - от гидротранспортера, свекломойки, мойки проб свеклы в сырьевой лаборатории, соломоловушки, камнеловушки, свеклонасосов и от свекловичного элеватора. После механической очистки и дезинфекции вода используется в обороте на те же цели; избыток этой воды сбрасывается в канализацию категории 3.

Категория III - от промывки сатурационного газа; избыточная вода категории 2 с загрязнениями из отстойников транспортно-моечной воды; с

фильтрационным осадком от мойки фильтрополотен; кислая вода из жомохранилища; от мойки аппаратов и полов, а также сбросная вода из циклов охлаждения и транспортно-моечного.

Состав сточных вод сахарных заводов

Показатели	Состав сточных вод сахарных заводов		
	Барометрическая вода	Вода от гидротранспорта	Вода от диффузора и прес-са
Расход $KMnO_4$	50-250	90-2000	15 000-25 000
Общее количество	5-10	10-50	30-100
Азот аммиака,	2-9	5-30	5-10
Органический азот, мг/л	2-5	5-50	25-90
Органические кислоты, мг/л		100-2000	
Сахар, мг/л	-	-	1500-3000
БПК ₅ , мг O ₂ /л	-	200	1250

Сточные воды сахарных заводов содержат ядовитый для рыб сапонин, предел токсичности которого равен 5 мг/л. Его токсическое действие прекращается только при 5-6-кратном разбавлении воды от диффузоров и фильтрпрессов.

Сточные воды предприятий машиностроения

К машиностроительной отрасли относятся заводы: автомобильные, тракторные, комбайностроения, сельскохозяйственных машин, автотракторной электроаппаратуры, подшипниковые, станкостроительные, инструментальные, ремонтные и др. Технологические операции и процессы основного производства на этих заводах во многом аналогичны, так как их основными цехами являются: сборочные, механические, инструментальные, кузнечно-прессовые, литейные, термические, защитных покрытий и окраски, вспомогательные.

Количество ПСВ на машиностроительных заводах может изменяться в значительных пределах в зависимости от характера и культуры производства, его мощности. Сточные воды большинства заводов машиностроительной промышленности можно разделить на следующие основные категории:

- I- чистые от охлаждения основного технологического оборудования (50-80% общего количества);
- II- загрязненные механическими примесями и маслами (10-15%);
- III- загрязненные кислотами, щелочами, солями, соединениями хрома, циана и другими химическими веществами (5-10%);
- IV- отработанные смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) или эмульсии (до 1%);
- V- загрязненные пылью вентиляционных систем и горелой землей литейных

цехов (10-20%);

VI- поверхностные (дождевые, талые, поливочно-мочные).

Характеристика сточных вод заводов машиностроительной промышленности

Показатели загрязнений, г/л	Значения показателей сточных вод по категориям						
	I	II	III		IV	V	VI
			промывные воды	отработанные растворы			
Механические примеси	До 0,2	0,1-0,3	До 0,05	До 0,3	0,05-0,2	0,5-15 ¹ 15-100	0,15-2,0
Масла, нефтепродукты	>0,01	0,05-0,4	>0,002	>0,05	10-80 ²	-	0,05-0,3
Общее солесодержание	>1	0,3-0,4 ²	0,5-1	10-300	До1	0,3-1 ²	До 0,5
Железо	-	-	0.02-0.2	40-80	—	—	—
Хром (VI)	-	-	0.01-0.08	50-250	—	-	—
Циан	-	-	0.01-0.06	10-150	—	—	—
Мель	-	-	0.01-0.05	10-150	—	—	—
Никель	-	-	0.01-0.05	50-200	—	—	—
Цинк	-	-	0.01-0.06	10-100	—	—	—
Кадмий	-	-	0.005-	5-50	—	—	—

¹Сбрасываются не чаще 1 раза в 1-2 недели. ²В зависимости от качества воды источника водоснабжения. ³В зависимости от марки применяемого эмульсола. ⁴Над чертой даны механические примеси, в основном от пыли вентиляционных систем, под чертой - от горелой земли.

Сточные воды I категории следует использовать в системе оборотного водоснабжения с охлаждением на градирне, в брызгальном бассейне или в закрытом теплообменном аппарате.

Стоки II категории после их очистки до концентрации мехпримесей 10-30 мг/л и масел 5-20 мг/л целесообразно возвращать прежде всего для подпитки систем оборотного водоснабжения тех технологических процессов, откуда они были получены, и (или) использовать для подпитки оборотных систем других производств и полива территории. Если вода используется для подпитки оборотных систем, она должна быть предварительно стабилизирована.

Стоки III категории (гальванических цехов и травильных отделений) могут быть концентрированными (отработанные растворы и электролиты с концентрацией загрязнений 200-250 г/л) и разбавленными (промывные воды после различных технологических операций с концентрацией 100-200 мг/л). По характеру загрязнений стоки делятся на кислотно-щелочные, циан- и хромсодержащие:

Наименование загрязнени	Концентрации по видам		
	цианисты	хромовые	кислотн о-
РН	7-9.5	3-6	5-11
Содержание взвешенных в-в	0.1-0.4	0.05-0.20	0.3-3.5

сухого остатка	0,5-1,2	0,30-0,80	0,6-3,6
хлоридов	Менее	Менее	0,1-0,7
сульфатов	Менее 0,1	0,5-0,2	0,1-0,8
тяжелых	0,005-	0,05-0,10	0,01-0,2
цианидов	0,1	-	-

Кислотно-щелочные стоки образуются при промывке деталей после травления, химической активации, обезжиривания, лужения, фосфатирования, анодирования алюминия, оксидирования сталей, свинцевания, никелирования и кадмирования.

Цианосодержащие стоки образуются после цианистого меднения, цинкования и кадмирования. К ним относятся и обезжиривающие растворы, содержащие соли циана, а также отработанные электролиты. Циан в стоках находится в виде комплексных цианистых соединений и свободного цианида.

Хромсодержащие стоки - это стоки от промывки деталей после хромирования, пассивирования, полирования нержавеющей стали, снятия меди и никеля, отработанные электролиты данных процессов. Доля хромсодержащих стоков составляет около 40% от общего количества сточных вод гальванических цехов и травильных отделений.

Перед гальванической обработкой окислы с поверхности деталей удаляются травлением их поверхности кислотой. При травлении стальных заготовок используют серную или соляную кислоты. Концентрация серной кислоты в исходном растворе 15-20%, в отработанном - 4-5%, концентрация соляной - соответственно 12-18 и 2-4%. Количество концентрированных стоков (отработанных растворов) при использовании H_2SO_4 достигает 10 м^3 на 1 т расходуемой кислоты или $0,3-0,6\text{ м}^3$ на 1 т протравленной стали.

Доля маслосодержащих вод IV категории (отработанные смазочно-охлаждающие технологические средства - СОТС, моющие и дезинфицирующие растворы, утечка из систем смазки и маслохозяйств и пр.) в общем заводском стоке может составлять 40-60 процентов. Самая большая сложность возникает при очистке стоков типа «масло-вода», содержащих в себе эмульгаторы-стабилизаторы, ингибиторы коррозии, легирующие добавки и пр.

Предприятия по производству лекарственных препаратов

Лекарственные препараты получают главным образом путем органического синтеза или в результате микробиологических процессов. Различают следующие группы лекарственных препаратов: антибиотики, витамины, синтетические лекарственные средства, фитохимические (из растительного сырья) и органопрепараты (из животного сырья).

Источники образования сточных вод, их количество и характеристика

Сточные воды предприятий по производству лекарственных препаратов образуются:

1. при подготовке сырья;

2. в технологических процессах получения промежуточных и готовых продуктов;
3. при регенерации и утилизации растворителей;
4. при водной очистке газовых выбросов;
5. в процессах фильтрации, экстракции, химической очистки препаратов;
6. при промывке оборудования и т. д.

Количество производственных сточных вод по отдельным группам лекарственных препаратов приведено в таблице.

**КОЛИЧЕСТВО ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИИ ПО ВЫПУСКУ
ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ (ОБЩИЙ СТОК)**

Вид продукции по группам препаратов	Среднегодовое количество сточных вод, м ³ на 1 т продукции
Синтетические лекарственные средства, включая витамины:	
крупнотоннажные	700
мелкотоннажные	4150
Синтетические антибиотики	3890
Биосинтетические антибиотики	18 200
Фитохимические препараты:	
крупнотоннажные	6280
мелкотоннажные	46 630

Значительная часть сырья, полупродуктов, растворителей производства лекарственных препаратов не входит в состав этих препаратов, т. е. представляет собой отходы. В ряде случаев нормируемое количество отходов во много раз превышает количество готового продукта. Например, при получении 1 кг теобромбина образуется 38,5 кг отходов в виде загрязняющих веществ. Наибольшая загрязненность свойственна маточным и концентрированным растворам, сброс которых в канализацию недопустим. В частности, концентрированный раствор, образующийся при производстве амидопирина, характеризуется ХПК, равной 64000 мг О₂/л, сухим остатком, равным 40000 мг/л, окраской по степени разбавления - 1 : 250.

Номенклатура и количество продуктов, выпускаемых предприятиями по производству лекарственных препаратов, как правило, не являются постоянными, а изменяются в течение года и даже в более короткий срок, поэтому невозможно установить состав сточных вод, который был бы постоянным и характерным для данного предприятия в целом.

Сточные воды заводов по производству синтетических волокон

К синтетическим волокнам относятся полиамидное волокно — капрон, полиэфирное волокно — лавсан и акрилонитрильное волокно — нитрон.

Основное сырье и химикаты, применяемые при производстве этих

волокон: капролактам, адипиновая кислота и гексаметилендиамин, диметилтерефталат, этиленгликоль, метанол, нитрилакриловая кислота, метилакрилат, роданид натрия.

Производственные загрязненные сточные воды образуются в процессах отмычки волокна капрон, формования и отмычки волокна нитрон, регенерации мономеров и растворителей.

Концентрированные жидкие отходы, образующиеся в промежуточных процессах производства синтетических волокон, в канализацию не сбрасываются, а направляются на сжигание в специальных печах. Загрязненные сточные воды, за исключением вод от установок крашения волокна лавсан, кристаллизации и экстракции роданистых растворов производства волокна нитрон, как правило, загрязнены остатками органических веществ в концентрациях, позволяющих направлять воду после усреднения непосредственно на общегородские или районные сооружения биологической очистки.

**КОНЦЕНТРАЦИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА
СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН**

Загрязняющие вещества	Концентрация загрязняющих веществ, кг на 1 т продукции		
Капролактам	10-20	-	-
Диметилтерефталат	-	2	-
Акрилонитрил	-	-	20
Прочие органические вещества	-	-	40
Роданид натрия	-	-	35
Метанол	-	7	-
Этиленгликоль	-	16	-
Серная кислота	-	20	230
Едкий натр	-	25	-
Сульфат натрия	-	20	230
Органические кислоты	-	80	-
Замасливатели	2-15	30	-
Красители	В зависимости от количества окрашенного		
ПАВ	волокна		
БПК _{полн} , кг О ₂ /т	80	50	120
Взвешенные вещества	60	60	60

Удельное количество загрязненных сточных вод на 1 т продукции составляет для производства волокна капрон — 50-180 м³, лавсан — 20-100 м³ и нитрон — 110 м³.

Сточные воды животноводческих комплексов

Характеристика и местная очистка сточных вод

На животноводческих комплексах крупного рогатого скота и свиней образуются следующие виды сточных вод: навозные, производственные (загрязненные и незагрязненные), дождевые (загрязненные и малозагрязненные) и бытовые. На птицефабриках образуются сточные воды тех же видов, за исключением навозных.

Навозные сточные воды отводятся непосредственно из помещений для содержания животных через каналы со щелевым покрытием или по поверхности полов при бесканальной системе.

Загрязненные производственные воды на животноводческих комплексах образуются на убойно-санитарных пунктах, в ветеринарно-санитарных пропускниках, карантинных помещениях, при мойке корнеплодов для приготовления корма, на доильных площадках, топливозаправочных пунктах, в установках химической водоочистки, в гаражах и т. д.

На птицефабриках (разведение кур яичного и мясного направления, уток, гусей, индеек) загрязненные производственные сточные воды образуются при мытье оборудования, тары, полов птичников, в цехах убоя птицы, в инкубаторах, при обработке тушек, утилизации отходов и т. д. Удаление помета на птицефабриках предусматривается в основном механическим способом с последующей тепловой или биотермической обработкой его для использования в качестве удобрения. В канализацию попадают лишь остатки помета. Незагрязненные производственные сточные воды на рассматриваемых объектах отводятся от охлаждающих систем компрессоров, холодильных установок, дымососов и т. д.

Загрязненные дождевые сточные воды образуются на открытых площадках для содержания животных, на постоянных стоянках автотранспорта и другого технического оборудования.

УДЕЛЬНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЭКСКРЕМЕНТОВ И УДЕЛЬНЫЕ РАСХОДЫ НАВОЗНЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Система удаления	Комплекс по откорму и выращиванию свиней		Комплекс крупного рогатого скота			
			откормочный		молочный	
	Расходы, л/сут на 1 голову скота					
воды для удаления экскрементов	навозных сточных вод	воды для удаления экскрементов	навозных сточных вод	воды для удаления экскрементов	навозных сточных вод	

Самотечная: непрерывного действия (самосплавная)	1.5	18	8-9	56	15-16	171
периодического действия (шиберная)	5-8	21,5	15-7	63	30-32	193
Смывная: гидросмывные установки (бесканальная система)	15	27	-	-	-	-
баки, насадки (в каналах с решетками)	20-25	37	30-50	100	4-60	256

Примечания: 1. На промывку навозоприемных каналов после завершения цикла производства расходуют в зависимости от их ширины от 0,1 до 0,3 м³ воды на 1 м их длины. В целях уменьшения расхода воды предусматривается поочередная промывка каналов.

2. Расходы навозных сточных вод даны с учетом сточных вод, образующихся при подтекании поилок, мытье полов, оборудования, дезинфекции помещений, и с учетом коэффициента суточной неравномерности 1,25.

2 Практический раздел

[#Структура](#)

Методические рекомендации к выполнению курсового проекта по дисциплине «Водоотведение промышленных предприятий» на тему «Водоотведение промышленного предприятия»

Перечень вопросов, подлежащих разработке

2.1 Определение необходимой степени очистки производственных сточных вод перед сбросом в городскую водоотводящую сеть или водоем.

2.2. Разработка технологической схемы очистки производственных сточных вод.

2.3. Расчет расходов очищаемой воды и образующихся осадков.

2.4. Проектирование и расчет сооружений механической очистки производственных сточных вод.

2.5. Проектирование и расчет сооружений физико-химической очистки производственных сточных вод.

2.6. Проектирование и расчёт сооружений биологической очистки производственных сточных вод.

2.7. Проектирование и расчёт сооружений доочистки производственных сточных вод.

2.8. Проектирование и расчёт сооружений для обработки осадков производственных сточных вод.

2.9. Разработка генплана площадки и компоновочного плана здания локальных очистных сооружений производственных сточных вод.

Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Водоотведение промышленных предприятий»

Лабораторная работа № 1 НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД

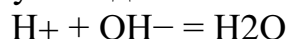
[#ПрактическийРаздел](#)

Цель работы: Произвести нейтрализацию модельного образца ПСВ до заданного значения рН с использованием различных реагентов.

Теоретическая часть

Производственные сточные воды (ПСВ) многих отраслей промышленности имеют кислую ($\text{pH} < 7$) или щелочную ($\text{pH} > 7$) реакцию. Кислые стоки часто содержат соли тяжелых металлов, обладающие высокой токсичностью. В целях предупреждения разрушения материалов канализационных сетей и сооружений, перевода в нерастворимое состояние ионов тяжелых металлов, а также предупреждения нарушения биохимических процессов, происходящих в биологических окислителях и водоемах сточные воды, рН которых ниже 6,5 или выше 8,5 подвергают нейтрализации.

Нейтрализация – это химическая реакция между ионами водорода (H^+) и гидроксидом (OH^-), в результате которой образуется недиссоциированная молекула воды:



При равенстве концентраций ионов водорода и гидроксидов происходит их полная нейтрализация, реакция раствора в этом случае является нейтральной, что соответствует концентрации ионов водорода и гидроксидов в чистой воде (10^{-7} моль/л при 25°C).

Для выражения реакции растворов вместо концентрации ионов водорода указывают ее десятичный логарифм, взятый с обратным знаком. Данная величина называется водородным показателем и обозначается через рН:

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$$

Для приближенного измерения рН используют реактивы (индикаторы), окраска которых меняется в зависимости от концентрации ионов водорода. Более точно водородный показатель определяют электрометрическим методом с помощью электродной системы, состоящей из измерительного стеклянного электрода и электрода сравнения, подключенных к

измерительному прибору. При изменении рН на единицу потенциал стеклянного электрода изменяется на 59,1 мВ (при 25⁰С), причем зависимость между потенциалом электрода и значением рН раствора, в который он погружен, практически линейна, это облегчает калибровку измерительных электродов с помощью буферных растворов. При электрометрическом методе определения рН результаты измерений практически не зависят от присутствия в растворе взвешенных и коллоидных частиц, железа, сероводорода, красителей, окислителей и восстановителей, данный метод позволяет определять рН водных сред с высокой точностью, поэтому он широко используется при анализе ПСВ.

При очистке ПСВ применяют следующие способы нейтрализации:

- а) взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод;
- б) фильтрование кислых стоков через твердые щелочные материалы (известняк, доломит, мел, мрамор, магнезит);
- в) нейтрализация щелочных стоков дымовыми газами, содержащими кислотообразующие оксиды (СО₂, SO₂, NO₂);
- г) введение соответствующих реагентов (щелочей или кислот).

Наиболее часто используют реагентный способ нейтрализации, поскольку в отличие от других способов он может применяться на любых предприятиях.

В качестве реагентов в основном используют негашеную или гашеную известь (СаО, Са(ОН)₂), кальцинированную соду (Na₂CO₃), каустическую соду (NaOH), раствор серной кислоты (H₂SO₄), раствор аммиака (NH₄OH).

Массовый расход реагента (в пересчете на 100%) для нейтрализации ПСВ, если известно значение рН стоков и их расход, определяют по формуле:

$$g_p = \frac{M_p \cdot N \cdot Q}{n}, \text{ кг/ч} \quad (1.1)$$

где M_p – молекулярная масса реагента, г/моль;

n – основность кислоты или кислотность основания, используемых в качестве реагента для нейтрализации ПСВ;

Q – расход сточных вод, м³/ч;

N – нормальность ПСВ, г-экв/л.

- при рН<7 нормальность ПСВ равна:

$$N = \frac{1}{10^{рН}}, \text{ г-экв/л} \quad (1.2)$$

- при рН>7 нормальность ПСВ равна:

$$N = \frac{1}{10^{14-рН}}, \text{ г-экв/л} \quad (1.3)$$

С учетом концентрации и плотности рабочего раствора реагента определяют его объемный расход:

$$q_p = \frac{100 \cdot g_p}{\rho \cdot C}, \text{ л/ч} \quad (1.4)$$

где g_p – массовый расход 100%-ного реагента, кг/ч;
 ρ – плотность рабочего раствора реагента, кг/дм³;
 C – концентрация рабочего раствора реагента, %.

Методика выполнения работы

1. Электрометрическим методом определить величину рН модельного образца ПСВ (приложение 1).
2. Рассчитать необходимую дозу реагента для доведения рН модельного образца ПСВ до заданного значения (объем нейтразуемого модельного образца ПСВ задается преподавателем).
3. Отобрать в сосуд с мешалкой заданный объем модельного образца ПСВ и при перемешивании добавить рассчитанный объем (при использовании твердого вещества – рассчитанную массу) реагента, до завершения реакции продолжать перемешивание.
4. Электрометрическим методом определить рН модельного образца ПСВ после добавления реагента.
5. Сравнить значение рН образца ПСВ после нейтрализации с заданным значением рН, если отклонение от заданного значения превышает 0,5 ед. рН, следует проверить расчеты и повторно выполнить нейтрализацию.
6. Аналогично согласно п. 2-5 выполнить нейтрализацию модельного образца ПСВ с помощью следующих реагентов (всего 3 реагента).
Результаты измерений и расчетов занести в таблицу.

Обработка экспериментальных данных

Таблица 1.1. Результаты измерений и расчетов

№ опыта	рН ПСВ до нейтрализации, ед. рН	Объем ПСВ, см ³	Заданное значение рН ПСВ после нейтрализации, ед. рН	Используемый реагент	Расчетная доза 100%-ного реагента, г	Концентрация технического реагента, %	Расчетный объем (доза) технического реагента, см ³ (г)	Полученное значение рН ПСВ после нейтрализации, ед. рН	Отклонение полученного значения рН от заданного, ед. рН
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Расчетная доза 100%-ного реагента определяется по формуле:

$$G_p = \frac{M_p \cdot N \cdot V}{n}, \text{ г} \quad (1.5)$$

где M_p – молекулярная масса реагента, г/моль;

n – основность кислоты или кислотность основания, используемых в качестве реагента для нейтрализации ПСВ;

V – объем нейтрализуемого образца ПСВ, дм³;

N – нормальность ПСВ (рассчитанная по формулам 1.2, 1.3), г-экв/л.

Расчетный объем рабочего раствора реагента определяется по формуле:

$$v_p = \frac{100 \cdot G_p}{\rho \cdot C}, \text{ см}^3 \quad (1.6)$$

где G_p – доза 100%-ного реагента, г;

ρ – плотность рабочего раствора реагента, г/см³;

C – концентрация рабочего раствора реагента, %.

При использовании в качестве реагента твердого или пастообразного вещества его доза определяется по формуле:

$$v_p = \frac{100 \cdot G_p}{C}, \text{ г} \quad (1.7)$$

Отклонение полученного значения рН от заданного:

$$\Delta pH = | pH_{\text{зад.}} - pH_{\text{фак.}} | \quad (1.8)$$

Контрольные вопросы

1. В каких случаях и по каким причинам необходимо осуществлять нейтрализацию ПСВ?

2. С помощью какой величины выражают кислотность или щелочность растворов и ПСВ? Как данная величина связана с концентрацией ионов водорода?
3. Какими методами определяют реакцию растворов и ПСВ? Какие методы более точные?
4. Укажите способы нейтрализации, которые применяют при очистке ПСВ. Какой способ используется наиболее часто? По каким причинам?
5. Перечислите основные реагенты, применяемые для нейтрализации ПСВ.

Лабораторная работа № 2 ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

#ПрактическийРаздел

Цель работы: Произвести очистку модельного образца ПСВ от соединений хрома (VI) химическим методом

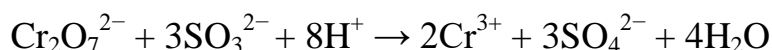
Теоретическая часть

Практически на всех предприятиях, на которых имеются гальванические цеха и участки, а также на кожевенных заводах, текстильных предприятиях и некоторых химических производствах образуются сточные воды, содержащие ионы тяжелых металлов (в основном Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} , Cr^{6+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} ; значительно реже Pb^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} и др.). Особенно широкое распространение в гальванике получил процесс хромирования – нанесения слоя хрома на металлические поверхности. При осуществлении процесса хромирования образуются промывные воды и отработанные технологические растворы, содержащие шестивалентный хром (Cr^{6+}), который находится в растворах в виде анионов хромовых кислот (хромовой CrO_4^{2-} и двуххромовой $Cr_2O_7^{2-}$). Обработкой известью анионы хромовых кислот из раствора не удаляются, поскольку кальциевые соли данных кислот растворимы в воде. Ионы, содержащие Cr^{6+} являются сравнительно высокотоксичными (ПДК = 0,05 мг/л для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения), попадание их в окружающую водную среду недопустимо. Ионы трехвалентного хрома (Cr^{3+}) являются менее токсичными (ПДК = 0,5 мг/л), в слабощелочной среде (при pH = 8 – 9) образуют нерастворимое в воде основание $Cr(OH)_3$. Поэтому химический метод очистки ПСВ от ионов, содержащих Cr^{6+} основан на восстановлении Cr^{6+} до ионов Cr^{3+} и последующем переводе ионов Cr^{3+} в осадок в виде нерастворимого основания.

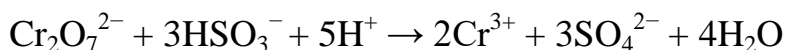
Для восстановления ионов, содержащих Cr^{6+} до ионов Cr^{3+} в качестве восстановителей в основном используют соли сернистой кислоты (Na_2SO_3 , $NaHSO_3$, $Na_2S_2O_5$) или соли двухвалентного железа ($FeSO_4$, $FeCl_2$).

С солями сернистой кислоты реакция протекает в кислой среде:

1) с сульфитом:

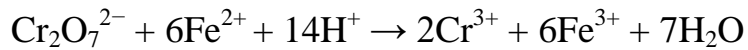


2) с гидросульфитом (бисульфитом):

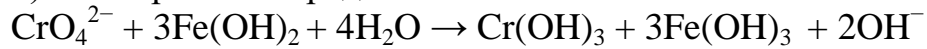


С солями двухвалентного железа реакция восстановления шестивалентного хрома происходит не только в кислой, но также в нейтральной и слабощелочной средах:

1) в кислой среде:



2) в нейтральной среде:



Недостатком использования в качестве восстановителей солей двухвалентного железа является 4-х кратное увеличение объема образующегося осадка (по сравнению с применением сульфитов), плохо отдающего влагу.

Для проведения реакции с достаточной скоростью рН хромосодержащих стоков доводят до 2 – 3,5 добавлением реагентов или кислых стоков. Затем добавляют восстановитель и перемешивают в течение 5 – 15 минут до завершения реакции восстановления. Далее обработанные восстановителем ПСВ нейтрализуют и осветляют совместно с другими кислыми стоками. Для нейтрализации используют известь, соду, гидроксид натрия, при этом рН стоков не должно превышать 9, поскольку при дальнейшем увеличении рН начинает увеличиваться растворимость гидроксида хрома. При рН >12 гидроксид трехвалентного хрома переходит в растворимое состояние с образованием хромит-ионов:



Критерием оценки эффективности очистки ПСВ от ионов хрома является его остаточная концентрация, которая для химического метода очистки при правильном проведении не превышает 0,3 мг/л для ионов Cr^{3+} , и полном отсутствии шестивалентного хрома.

В соответствии с вышеприведенными уравнениями реакций восстановления анионов хромовых кислот для восстановления одной массовой единицы хрома требуется:

- сульфита натрия (Na_2SO_3) – 3,63 массовых единиц;
- гидросульфита натрия (NaHSO_3) – 3,06 массовых единиц;
- метабисульфита натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) – 2,74 массовых единиц;
- железного купороса ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) – 16,04 массовых единиц;
- хлорида двухвалентного железа ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) – 11,42 массовых единиц.

Для более быстрого и полного протекания реакции дозу восстановителя по сравнению с теоретической увеличивают в 1,75 – 2,5 раза (для солей сернистой кислоты) или в 1,25 раза (для солей двухвалентного железа).

Массовый расход восстановителя для перевода шестивалентного хрома в трехвалентный, если известна его концентрация в ПСВ, определяют по формуле:

$$g_s = \frac{Q \cdot C_{Cr} \cdot D_s \cdot K \cdot 100}{C_s}, \text{ кг/ч} \quad (2.1)$$

где Q – расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{ч}$;

C_{Cr} – концентрация шестивалентного хрома в ПСВ, $\text{г}/\text{м}^3$ (мг/л);

- D_6 – теоретическая удельная доза используемого восстановителя (в соответствии с уравнением реакции) для восстановления шестивалентного хрома в трехвалентный, г/г;
- K – коэффициент превышения дозы восстановителя по сравнению с теоретической;
- C_6 – концентрация восстановителя в техническом препарате (рабочем растворе), дозируемом в ПСВ, %.

Методика выполнения работы

1. Определить концентрацию шестивалентного хрома в модельном образце ПСВ (приложение 2).
2. Электрометрическим методом определить величину рН модельного образца ПСВ (приложение 1).
3. Рассчитать необходимую дозу реагента для восстановления хрома (VI) в хром (III) и объем 0,1 н. раствора серной кислоты для доведения рН модельного образца ПСВ до значения 2 – 3,5 (объем обрабатываемого модельного образца ПСВ задается преподавателем).
4. Отобрать в сосуд с мешалкой заданный объем модельного образца ПСВ, добавить рассчитанный объем раствора серной кислоты, затем прилить рассчитанный объем раствора восстановителя, перемешивать в течении 15 минут.
5. Электрометрическим методом определить рН модельного образца ПСВ после проведения реакции восстановления.
6. Рассчитать необходимую дозу щелочного реагента для доведения рН образца ПСВ до значения 8 – 9.
7. Добавить рассчитанное количество щелочного реагента к образцу ПСВ, перемешать, дать осесть образовавшемуся гидроксиду хрома $Cr(OH)_3$ в течении 30 минут, профильтровать раствор через бумажный фильтр.
8. Определить концентрацию хрома (VI) и концентрацию общего хрома в очищенном образце ПСВ.
Результаты измерений и расчетов занести в таблицу.

Обработка экспериментальных данных

Таблица 2.1. Результаты измерений и расчетов

Концентрация Cr^{6+} в ПСВ, мг/л	Объем ПСВ, см ³	Используемый реагент (восстановитель)	Расчетная доза 100%-ного реагента, г	Концентрация рабочего раствора реагента, %	Расчетный объем раствора реагента, см ³	Концентрация ионов Cr^{6+} в ПСВ после очистки, мг/л	Эффект очистки ПСВ от Cr^{6+} , %	Концентрация общего хрома в ПСВ после очистки, мг/л	Эффект очистки ПСВ от общего хрома, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Расчетная доза 100%-ного реагента (восстановителя) определяется по формуле:

$$g_e = V \cdot C_{Cr} \cdot D_e \cdot K, \text{ г} \quad (2.2)$$

где V – объем ПСВ, л;

C_{Cr} – концентрация шестивалентного хрома в ПСВ, мг/л;

D_e – теоретическая удельная доза используемого восстановителя (в соответствии с уравнением реакции) для восстановления шестивалентного хрома в трехвалентный, г/г;

K – коэффициент превышения дозы восстановителя по сравнению с теоретической;

Расчетный объем рабочего раствора реагента (восстановителя) определяется по формуле:

$$v_e = \frac{100 \cdot g_e}{\rho \cdot C_e}, \text{ см}^3 \quad (2.3)$$

где g_e – расчетная доза 100%-ного реагента, г;

ρ – плотность рабочего раствора реагента, г/см³;

C_e – концентрация рабочего раствора реагента, %.

Эффект очистки ПСВ от Cr^{6+} и от общего хрома определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{оч} = \frac{C_{исх} - C_{кон}}{C_{исх}} \cdot 100, \% \quad (2.4)$$

где $C_{исх}$ – концентрация Cr^{6+} или общего хрома до очистки, мг/л;

$C_{кон}$ – концентрация Cr^{6+} или общего хрома после очистки, мг/л;

$\mathcal{E}_{оч}$ – эффективность очистки, %.

Контрольные вопросы

1. При осуществлении каких технологических процессов на промышленных предприятиях сточные воды загрязняются соединениями хрома? Какие соединения хрома представляют большую опасность для водоемов? Укажите их ПДК.
2. Перечислите восстановители, наиболее часто применяемые для обработки сточных вод, содержащих соединения хрома (VI). Укажите их преимущества и недостатки.
3. Какое значение pH необходимо выдерживать при осаждении гидроксида хрома (III)? По какой причине?
4. Какой индикатор используют для колориметрического определения концентрации хрома в ПСВ? С какими ионами хрома он взаимодействует?
5. Объясните порядок действий при определении хрома (III) и общего хрома колориметрическим методом.

Лабораторная работа № 3

УДАЛЕНИЕ ИОНОВ МЕДИ ИЗ ПРОМЫВНЫХ РАСТВОРОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ И УЧАСТКОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ

[#ПрактическийРаздел](#)

Цель работы: Произвести очистку модельного раствора линии нанесения медного покрытия от ионов меди методом «цементации».

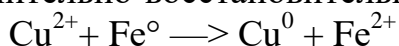
Теоретическая часть

Ввиду высокой тепло- и электропроводности а другим ценным физическим и химическим свойствам медь широко используется в промышленности, особенно в таких отраслях, как электротехника и радиоэлектроника. Также в значительных количествах медь используется для изготовления промышленной аппаратуры, производства сплавов и катализаторов, в сельском хозяйстве, при производстве искусственного шелка, в гальванотехнике. Во всех этих производственных процессах образующиеся сточные воды часто содержат медь в растворенном состоянии. Учитывая высокую стоимость меди и ее токсичность в высоких концентрациях для водных организмов, очистка медьсодержащих стоков с последующей утилизацией, медного шлама является важной задачей.

В водных растворах медь может присутствовать в виде простых ионов (Cu^{2+}) и в виде комплексных ионов ($[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$). В последнем случае выделение меди из раствора методом осаждения в виде гидроксида сильно осложняется. Кроме химического осаждения для выделения меди из технологических и промывных растворов также используются такие методы,

как электролиз, ионный обмен, электродиализ, обратный осмос, контактное выделение из раствора более активным металлом (метод «цементации»).

Метод «цементации» имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами выделения меди из растворов - простота аппаратного оформления, достаточно высокая эффективность очистки, отсутствие внесения в очищаемую воду анионов и образования загрязненных растворов. В качестве металлов, контактно вытесняющих медь из водных растворов, могут применяться цинк, железо, никель, алюминий. По экономическим соображениям в основном используется железо. При этом происходит окислительно-восстановительная реакция, описываемая уравнением:



В результате данной реакции медь выделяется из раствора на поверхности железа в виде красной губчатой массы, а железо переходит в раствор в виде ионов Fe^{2+} . Для ускорения протекания реакции железо используют в виде стружки, опилок, мелкой дроби, которые загружают в непрерывно вращающиеся барабаны - реакторы. Медьсодержащие растворы могут в них обрабатываться как в непрерывном, так и в периодическом режиме. Вращение реакторов приводит к интенсивному механическому трению частиц железной загрузки между собой и о стенки реактора, поэтому выделяющаяся медь диспергируется, и выводится из реактора вместе с обработанным раствором в виде тяжелого шлама. Данный шлам легко отделяется от раствора при отстаивании. Обработанный раствор, содержащий Fe^{2+} , направляется на дальнейшую очистку совместно с другими стоками, содержащими ионы тяжелых металлов (Ni^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cd^{2+} , и др.). Медьсодержащий шлам после механического обезвоживания сдается на переработку.

Методика выполнения работы

1. Определить концентрацию ионов меди в модельном образце промывного раствора линии меднения методом инверсионной вольтамперометрии (приложение 3).
2. Подготовить к работе реактор с железной загрузкой. Для этого необходимо проверить герметичность крышки реактора, затем интенсивно встряхивать его в течение одной минуты, после этого открыть крышку и слить из реактора воду с образовавшейся взвесью. После этого снова залить в реактор дистиллированную воду по уровень загрузки, закрыть крышку и повторить операцию интенсивного встряхивания и слива воды. Реактор готов к работе.
3. С помощью мерного цилиндра отмерить необходимый объем промывного раствора и влить его в подготовленный реактор с железной загрузкой, плотно закрыть крышку, затем интенсивно встряхивать реактор (приблизительно 60 встряхиваний в минуту) в течение заданного промежутка времени. Объем обрабатываемого раствора и время обработки задаются преподавателем.

4. После завершения обработки открыть крышку реактора и слить из него обработанный раствор вместе с образовавшимся шламом в лабораторный стакан, не высыпая загрузку.
5. Дать обработанному раствору немного отстояться и слить осветленный раствор в другой стакан с выпавшего шлама.
6. К осветленному раствору добавить 0,5 мл раствора пероксида водорода с концентрацией 10% и 6 мл раствора NaOH с концентрацией 40 г/л (1 и).
7. Перемешивать реакционную смесь в течение 1-ой минуты и затем профильтровать обработанный раствор через бумажный фильтр «синяя лента».
8. Определить концентрацию ионов меди в обработанном профильтрованном образце промывного раствора методом инверсионной вольтамперометрии (приложение 3).
9. Аналогично согласно п. 3.. .8 выполнить обработку и анализ модельного образца промывного раствора при другом времени реакции (всего 3. ..5 различных значений по заданию преподавателя).

Лабораторная работа № 4 **СИЖЕНИЕ ОКРАСКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ** **ПРОМЫШЛЕННОСТИ ОЗОНИРОВАНИЕМ**

[#ПрактическийРаздел](#)

Цель работы: Построить график зависимости окраски по степени разбавления от удельной дозы озона для модельного образца ПСВ. Определить оптимальную дозу озона для снижения окраски ПСВ до заданного уровня.

Теоретическая часть

Сточные воды текстильных предприятий характеризуются высоким содержанием загрязняющих веществ. Они содержат взвешенные вещества, характеризуются высоким химическим поглощением кислорода (ХПК), часто содержат ионы тяжелых металлов. Но одним из самых характерных показателей загрязнения сточных вод текстильных предприятий является их окраска.

Окраска сточных вод при производстве текстильных изделий в основном обуславливается широким применением органических красителей. Окрашиванию в процессе производства подвергаются волокна, ткани, готовые изделия. В процессе крашения значительная часть красителей (от 10% до 50%) остается в отработанных технологических растворах и в промывных водах, образующихся после промывки окрашенных изделий. В результате окраска сточных вод, отводимых с текстильных предприятий, может достигать 1:500, 1:1000 по степени разбавления. При этом максимально допустимая окраска по степени разбавления производственных, сточных вод, сбрасываемых как в городскую водоотводящую сеть, так и в поверхностные водные объекты не должна превышать 1:20.

Синтетические красители, применяемые в настоящее время для колорирования текстильных материалов, являются стойкими органическими соединениями, практически не поддающимися биологическому окислению. Поэтому при поступлении в сточные воды данные соединения практически без изменений проходят через сооружения биологической очистки и попадают в поверхностные водные объекты, оказывая отрицательное влияние на их экосистему.

Для удаления красителей, обуславливающих окраску сточных вод могут использоваться следующие методы: реагентная коагуляция, электрокоагуляция, сорбция, барометрические методы, деструктивные методы (окисление, восстановление, УФ обработка). Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки и должен использоваться исходя из условий конкретного производства. Одним из наиболее универсальных методов является озонирование.

Чистый озон при нормальных условиях представляет собой газ бледно-фиолетового цвета, растворим в воде. Молекула озона построена в результате особого сочетания трех атомов кислорода, образующих треугольник, и описывается формулой O_3 . В отличие от двухатомной молекулы обычного кислорода, молекула озона является нестабильной, и легко распадается по схеме: $2 \cdot O_3 \rightleftharpoons 3 \cdot O_2 + 71 \text{ ккал}$. На промежуточных стадиях разложения озона образуется атомарный кислород, поэтому озон обладает очень сильными окислительными свойствами (окислительный потенциал при нормальных условиях $E_0 = 2,07 \text{ В}$).

Озон является токсичным газом, он действует на органы дыхания и может поражать центральную нервную систему. Предельно допустимое содержание озона в воздухе помещений, где работают люди, составляет $0,0001 \text{ мг/л}$. Поэтому в лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 1, предусмотрен деструктор остаточного озона.

Применение озона позволяет разрушать практически все водорастворимые органические соединения. При этом озон проявляет свои высокие окислительные свойства при любых значениях pH. Наиболее энергично озон взаимодействует с ненасыщенными связями:

этиленовой >C=C< , азометиновой >C=N- , азо -N=N- , тиокарбонильной >C=S . Однако, с карбонильной связью >C=O реакция идет не очень активно.

При взаимодействии озона с органическими красителями, которые являются производными ароматических либо гетероциклических соединений, он одновременно взаимодействует с двойными связями ароматических колец и с азосвязями молекул красителя, поэтому применение озона очень эффективно для снижения окраски сточных вод.

Доза озона, необходимая для снижения окраски сточных вод до уровня ПДК зависит от многих факторов: от химического строения красителя, от наличия в сточных водах кроме красителей других органических соединений

и неорганических восстановителей, от pH раствора.

В данной работе изучается влияние дозы озона на снижение окраски ПСВ, обусловленной органическими красителями. Для точного установления вводимой дозы озона используется метод точного дозирования, разработанного преподавателями кафедры ВВиОВР. Данный метод заключается в дозировании озона в виде раствора в дистиллированной воде, что позволяет точно учесть вводимую дозу озона в реакционную смесь.

Раствор озона получается барботированием через пористую насадку озono-кислородной смеси в стеклянной колонке, высотой 1,5 м., заполненной дистиллированной водой (рис. 1).

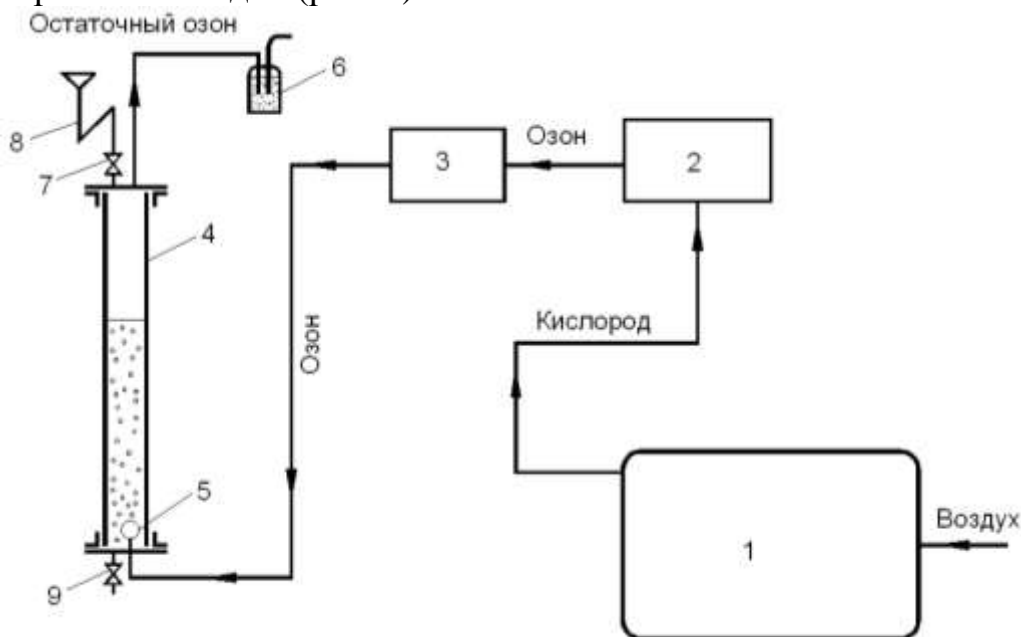


Рисунок 4.1 – Схема лабораторной установки для получения озонированной воды.

1 – концентратор кислорода Atmung oху 6000; 2 – озонатор PLATON 10/2; 3 – озонометр МЕДОЗОН 254/5; 4 – контактная колонка; 5 – диспергатор; 6 – деструктор остаточного озона; 7 – вентиль для заливки воды; 8 – гидравлический затвор; 9 – вентиль для отбора озонированной воды.

Кислород (концентрация кислорода 95%), вырабатываемый концентратором кислорода 1 поступает в озонатор 2, где вырабатывается озон. Озоно-кислородная смесь подается в контактную колонку 4 через диспергатор 5, при этом вода насыщается озоном. Далее обедненная озоном озоно-кислородная смесь поступает в деструктор 6, представляющий собой склянку Дрекселя, заполненную насадкой, разрушающей озон. Озонированная вода из контактной колонки 4 отбирается с помощью вентилей 9. Новые порции воды в контактную колонку 4 вводятся через гидравлический затвор 8 с помощью вентилей 7.

Равновесная концентрация озона в воде определяется по формуле Гомела:

$$C_{p_оз_вода} = R_t \cdot C_{оз_газ} \cdot \frac{P}{P_a} \quad (4.1)$$

где $C_{p \text{ оз вода}}$ — равновесная концентрация озона в воде, мг/л;
 R_t — коэффициент распределения (при 20°C $R_t = 0,22$ $R_t = 0,22$);
 $C_{\text{оз газ}}$ — концентрация озона в газе, мг/л;
 p — общее давление воды и газа в аппарате, Па;
 p_a — атмосферное давление, Па.

Методика выполнения работы

1. С помощью спектрофотометра СФ-2000 снять спектр поглощения исходного модельного образца ПСВ. Обработать полученный спектр с помощью программы «Спектр-статистика», с помощью полученного ИКП–критерия рассчитать окраску по степени разбавления исследуемого образца (приложение 4).
 2. В учебной лаборатории 3/117а «Очистка производственных сточных вод» запустить учебный стенд получения озонированной воды, получить раствор озона в дистиллированной воде, определить концентрацию озона в растворе с помощью жидкостного анализатора озона «МЕДОЗОН 245/8 (Ж-30)» (приложение 5).
 3. С учетом концентрации раствора озона, полученного в барботажной колонке, определить максимальную вводимую дозу озона, при этом минимальная доза озона принимается равной 2 мг/л. Задаться промежуточными дозами озона (не менее 5-ти точек) для снижения окраски модельного образца ПСВ (объем обрабатываемого модельного образца ПСВ по заданию преподавателя).
 4. Отобрать из адсорбционной колонки около 1 литра озонированной воды, определить концентрацию озона в растворе, рассчитать по формуле (5) объем озонированной воды, необходимый для введения необходимой дозы озона.
 5. При непрерывном перемешивании прилить расчетный объем озонированной воды к заданному объему модельного образца ПСВ, довести общий объем обработанного образца ПСВ до 1 литра.
 6. С помощью спектрофотометра СФ-2000 снять спектр поглощения обработанного озоном модельного образца ПСВ. Определить окраску по степени разбавления обработанного образца ПСВ (приложение 4).
 7. В соответствии с пунктами 4...6 провести обработку модельного образца ПСВ другими дозами озона.
- Результаты измерений и расчетов занести в таблицу.

Обработка экспериментальных данных

Таблица 4.1. Результаты измерений и расчетов

№ опыта	Объем обрабатываемого образца ПСВ, л	Доза озона, мг/л	Средняя концентрация озона в озонированной воде, мг/л	Вводимый объем озонированной воды, л	ИКП-критерий	Окраска по степени разбавления
1	2	3	4	5	6	7

Максимальная доза озона в серии опытов для построения графика определяется с учетом полученной концентрации озона в озонированной воде:

$$d_{oz_макс} = \frac{C_{oz} \cdot (1 - V_{ПСВ})}{V_{ПСВ}} \quad (4.2)$$

где $d_{oz_макс}$ — максимальная доза озона в серии опытов, мг/л;

C_{oz} — концентрация озона в озонированной воде, мг/л;

$V_{ПСВ}$ — объем обрабатываемого образца ПСВ, л.

Объем обрабатываемого образца ПСВ задается преподавателем в пределах 0,2...0,5 л.

Минимальная доза озона принимается равной 2 мг/л.

Объем озонированной воды для введения расчетной дозы озона определяется по формуле:

$$V_{oz} = \frac{d_{oz} \cdot V_{ПСВ}}{C_{oz}} \quad (4.3)$$

где V_{oz} — объем озонированной воды для введения заданной дозы озона, л;

d_{oz} — заданная доза озона, мг/л;

$V_{ПСВ}$ — объем обрабатываемого образца ПСВ, л;

C_{oz} — концентрация озона в озонированной воде, мг/л.

Контрольные вопросы

1. На чем основана биологическая очистка сточных вод? Объясните роль ферментов в процессе биологической очистки.
2. Какие факторы влияют на процесс биологической очистки сточных вод? Перечислите основные показатели качества сточных вод, которые необходимо контролировать при биологической очистке.

3. Что такое биохимическое потребление кислорода (БПК) и химическое потребление кислорода (ХПК)? Что показывает их отношение?
4. Какие типы аэротенков вы знаете? Объясните принцип их работы и области применения.
5. Как можно оценить технологическую эффективность работы аэротенка?

Лабораторная работа № 5

ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОЗОНИРОВАНИЕМ

#ПрактическийРаздел

Цель работы: Исследовать эффективность разрушения стойких органических загрязнений ПСВ с помощью озонирования. Построить график зависимости остаточной концентрации ароматического органического соединения в модельном образце ПСВ от дозы озона. Определить дозу озона, достаточную для полного разрушения данного вещества.

Теоретическая часть

Сточные воды предприятий химической, нефтехимической, текстильной и многих других отраслей промышленности содержат биологически стойкие органические вещества, поэтому очистка биологическая очистка сточных вод данных предприятий вызывает большие трудности. Для очистки данных стоков более приемлемыми являются методы физико-химической очистки, такие как реагентная коагуляция, электрокоагуляция, сорбция, барометрические методы, деструктивные методы (окисление, восстановление, УФ обработка). Одним из наиболее универсальных методов является озонирование.

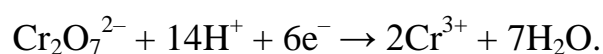
Применение озона позволяет разрушать практически все органические загрязнения, присутствующие в сточных водах. При этом озон проявляет свои высокие окислительные свойства при любых значениях pH.

Интегральный показатель, характеризующий суммарное содержание в воде органических загрязнений, называется химическим потреблением кислорода (ХПК). Этот показатель используется повсеместно при контроле качества природных вод и сточных вод. Определения ХПК основано на способности практически всех органических соединений окисляться под действием сильных окислителей, поэтому показатель ХПК выражается в миллиграммах потребленного кислорода, выделяемого в процессе реакции окисления соответствующим окислителем на 1 л воды ($мг O_2/л$).

Однако не все органические вещества в равной степени участвуют в реакции химического окисления. Так же, как и при биохимическом окислении, при химическом окислении можно выделить группы легко и тяжело окисляющихся органических веществ. Поэтому всегда существует разница между теоретически возможным и практически достигаемым значениями ХПК. Теоретическим значением ХПК ($ХПК_{теор}$) называют количество кислорода (или окислителя в пересчете на кислород) в $мг O_2/л$,

необходимое для полного окисления содержащихся в пробе органических веществ, т.е. всех способных окисляться элементов из состава органического соединения. При таком окислении углерод теоретически количественно окисляется до CO_2 , а сера и фосфор (если они присутствуют в соединении) – до SO_3 и P_2O_5 . Азот превращается в аммонийную соль; кислород, входивший в состав окисляемых органических молекул, является «строительным материалом» для образующихся продуктов окисления, а водород переходит в структуру H_2O или аммонийной соли.

Существуют различные методы определения ХПК: сжигание в кислороде, окисление в водной среде с помощью персульфатов, периодатов, бихроматов, перманганатов. В настоящее время практическое применение в области контроля качества сточных вод применяется исключительно дихроматный метод определения ХПК. В основе дихроматного окисления лежит реакция:



Окисление дихроматом проводится в концентрированном растворе серной кислоты (разбавление 1:1) в присутствии катализатора сульфата серебра при длительном кипячении раствора. В этих условиях окисляются практически все органические вещества на 95...98 % от $\text{ХПК}_{\text{теор}}$ (за исключением некоторых ароматических и гетероциклических соединений).

Озонирование является одним из наиболее эффективных методов очистки производственных сточных вод по показателю ХПК. Преимуществом озонирования для снижения уровня загрязненности по ХПК является то, что он действует в любых концентрациях при любых значениях рН, при этом не образуется осадков, в сточные воды не добавляются дополнительные солеобразующие ионы, технология озонирования проста в аппаратурном оформлении и эксплуатации.

Чистый озон при нормальных условиях представляет собой газ бледно-фиолетового цвета, растворим в воде. Молекула озона построена в результате особого сочетания трех атомов кислорода, образующих треугольник, и описывается формулой O_3 . В отличие от двухатомной молекулы обычного кислорода, молекула озона является нестабильной, и легко распадается по схеме: $2 \cdot \text{O}_3 \rightleftharpoons 3 \cdot \text{O}_2 + 71 \text{ ккал}$. На промежуточных стадиях разложения озона образуется атомарный кислород, поэтому озон обладает очень сильными окислительными свойствами (окислительный потенциал при нормальных условиях $E_0=2,07 \text{ В}$).

Озон является токсичным газом, он действует на органы дыхания и может поражать центральную нервную систему. Предельно допустимое содержание озона в воздухе помещений, где работают люди, составляет $0,0001 \text{ мг/л}$. Поэтому в лабораторной установке, схема которой представлена на рисунке 5.1, предусмотрен деструктор остаточного озона.

Доза озона, необходимая для снижения ХПК сточных вод до заданного уровня зависит от многих факторов: от химического строения загрязнений, обуславливающих ХПК, от концентрации в сточных водах неорганических

восстановителей, от рН раствора.

В данной работе изучается влияние времени озонирования заданным расходом озono-кислородной смеси с заданной концентрацией озона на снижение ХПК производственных сточных вод.

Озонирование модельного образца ПСВ осуществляется в стеклянной барботажной колонке высотой 1,5м озono-кислородной смесью через пористый диспергатор (рисунок 5.1).

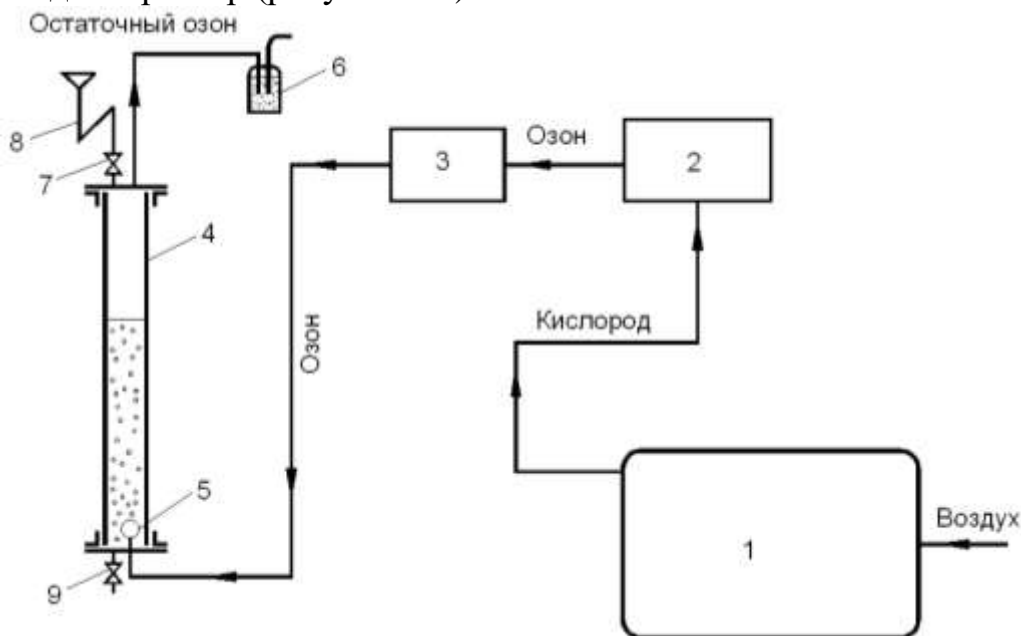


Рисунок 5.1 – Схема лабораторной установки для озонирования воды.

1 – концентратор кислорода Atmung oxy 6000; 2 – озонатор PLATON 10/2; 3 – озонометр МЕДОЗОН 254/5; 4 – контактная колонка; 5 – диспергатор; 6 – деструктор остаточного озона; 7 – вентиль для заливки воды; 8 – гидравлический затвор; 9 – вентиль для отбора проб.

Кислород (концентрация кислорода 95%), вырабатываемый концентратором кислорода 1 поступает в озонатор 2, где вырабатывается озон. Озono-кислородная смесь подается в контактную колонку 4 через диспергатор 5, при этом сточная вода обрабатывается озонem. Далее обедненная озонem озono-кислородная смесь поступает в деструктор 6, представляющий собой склянку Дрекселя, заполненную насадкой, разрушающей озон. Пробы обработанной озонem сточной воды из контактной колонки 4 отбираются с помощью вентиля 9. Заливка сточной воды в контактную колонку 4 производится через гидравлический затвор 8 с помощью вентиля 7.

Масса озона, введенная при озонировании сточных вод, определяется по формуле:

$$G_{oz} = q_{oz} \cdot C_{oz} \cdot t_{oz} \quad (5.1)$$

G_{oz} — масса озона вводимая при озонировании, г;

q_{oz} — расход озонсодержащего газа, м³/мин;

C_{oz} — концентрация озона в озонсодержащем газе, г/м³;

t_{oz} — время озонирования, мин.

Коэффициент использования озона при периодической обработке сточных вод (показывает долю озона, вступившего в химические реакции с разрушаемым загрязнителем):

$$k_u = \frac{d_{oz} \cdot V_{ПСВ} \cdot (C_{з.исх} - C_{з.ост})}{G_{oz}} \quad (5.2)$$

где k_u — коэффициент использования озона;

d_{oz} — удельная доза озона, необходимая для разрушения одного грамма загрязнителя, *г/г вещества*;

$V_{ПСВ}$ — объем производственных сточных вод, подвергаемых озонированию, *м³*;

$C_{з.исх}$ — исходная концентрация загрязнителя в производственных сточных водах, *г/м³*;

$C_{з.ост}$ — остаточная концентрация загрязнителя в производственных сточных водах после озонирования, *г/м³*;

G_{oz} — масса озона, введенная при озонировании, *г*.

Методика выполнения работы

1. Определить ХПК модельного образца ПСВ (приложение 3).
2. В учебной лаборатории 3/117а «Очистка производственных сточных вод» запустить учебный стенд озонирования (установить заданный расход кислорода и концентрацию озона в озono-кислородной смеси).
3. Залить модельный образец ПСВ в барботажную колонку, начать отсчет времени эксперимента. Через каждые 3 минуты из барботажной колонки с помощью вентиля 9 отбирать пробы модельного образца ПСВ.
4. Определить ХПК отобранных проб (приложение 3).
Результаты измерений и расчетов занести в таблицу.

Обработка экспериментальных данных

Таблица 5.1. Результаты измерений и расчетов

№ опыта	Расход озono-кислородной смеси, л/мин	Концентрация озона в озono-кислородной смеси, мг/л	Время обработки пробы озонoм, мин	Масса озона, введенная за время опыта, мг	Удельная доза озона, мг/л	Объем обрабатываемого образца ПСВ, л	Исходное ХПК модельного образца ПСВ, мг O ₂ /л	Остаточное ХПК модельного образца ПСВ, мг O ₂ /л	Δ ХПК, мг O ₂ /л	Коэффициент использования озона	Эффект очистки по ХПК, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Масса озона, введенная за время опыта, определяется по формуле:

$$G_{O_3} = q_{O_3} \cdot C_{O_3} \cdot t_{O_3} \quad (5.3)$$

G_{O_3} — масса озона вводимая при озонировании, мг;

q_{O_3} — расход озоносодержащего газа, л/мин;

C_{O_3} — концентрация озона в озоносодержащем газе, мг/л;

t_{O_3} — время озонирования, мин.

Коэффициент использования озона:

$$k_u = \frac{d_{O_3} \cdot V_{ПСВ} \cdot (ХПК_{исх} - ХПК_{ост})}{G_{O_3}} \quad (5.4)$$

где k_u — коэффициент использования озона;

d_{O_3} — удельная доза озона, необходимая для снижения ХПК на 1 мг O_2 /л, мг/л;

$V_{ПСВ}$ — объем озонируемого модельного образца ПСВ, л;

$ХПК_{исх}$ — исходная ХПК модельного образца ПСВ, мг O_2 /л;

$ХПК_{ост}$ — остаточная ХПК модельного образца ПСВ, мг O_2 /л;

G_{O_3} — масса озона, введенная при озонировании, мг.

Эффект очистки по ХПК определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ХПК} = \frac{ХПК_{исх} - ХПК_{ост}}{ХПК_{исх}} \cdot 100 \quad (5.5)$$

$\mathcal{E}_{ХПК}$ — эффект очистки по ХПК, %.

$ХПК_{исх}$ — исходная ХПК модельного образца ПСВ, мг O_2 /л;

$ХПК_{ост}$ — остаточное ХПК модельного образца ПСВ, мг O_2 /л.

Контрольные вопросы

1. На чем основана биологическая очистка сточных вод? Объясните роль ферментов в процессе биологической очистки.
2. Какие факторы влияют на процесс биологической очистки сточных вод? Перечислите основные показатели качества сточных вод, которые необходимо контролировать при биологической очистке.

Лабораторная работа № 6 ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОРОДСКИХ СООРУЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

[#ПрактическийРаздел](#)

Цель работы: Произвести оценку эффективности работы городских сооружений биологической очистки (аэротенков) по снижению концентрации органических веществ в сточных водах.

Теоретическая часть

Биологическая очистка сточных вод основана на биохимическом разрушении органических веществ с участием живых организмов разного уровня организации. Эффект очистки и обеззараживания воды достигается за счет утилизации органических и неорганических загрязнений активным илом, представляющим собой многовидовой микробный ценоз в виде хлопьев, сформированных колониями аэробных микроорганизмов, а также простейшими, коловратками, червями, водными грибами, дрожжами. Микроорганизмы и простейшие активного ила в процессе своей жизнедеятельности способны утилизировать сложные химические соединения (углеводы, белки, жиры, алифатические, ароматические, полициклические углеводороды и их производные, содержащие азот, серу, некоторые металлы). Утилизация различных веществ осуществляется микроорганизмами благодаря наличию в их клетках биологических катализаторов-ферментов, обладающих высокой каталитической активностью. Ферменты вырабатываются клеткой в соответствии с ее потребностями; некоторые ферменты появляются только тогда, когда в них возникает необходимость (индуктивные и индуцированные ферменты). Наличие индуктивных ферментов обеспечивает высокую активность обмена веществ у организмов, делает их «всеядными» и обеспечивает исключительно высокую приспособляемость к окружающим условиям.

Процесс расщепления органических соединений микроорганизмами может идти при участии кислорода (аэробное окисление) и без него (анаэробное окисление). Как правило, очистка сточных вод осуществляется в аэробных условиях, а обработка осадков – в анаэробных.

Скорость процесса и качество биологической очистки сточных вод сильно зависят от состава загрязнений. Многие соединения оказывают токсическое воздействие на микроорганизмы активного ила. Наличие этих веществ в сточных водах, их концентрация определяют длительность адаптации ила – она может продолжаться от 1–2 сут. до нескольких месяцев.

Большое влияние на жизнедеятельность микроорганизмов оказывает температура, по отношению к которой все микроорганизмы делятся на мезофиллы (нормально существуют при 20–40°C), психрофилы (нормально существуют при 3–10°C) и термофилы (нормально существуют при 50–70°C). Однако все микроорганизмы лучше переносят пониженные температуры, чем повышенные, поэтому процесс биологической очистки сточных вод ведут при температуре 10–20°C.

Важное значение для жизнедеятельности микроорганизмов имеет активная реакция среды. Большинство микроорганизмов приспособлено к существованию в нейтральной среде, поэтому при биологической очистке поддерживают рН воды в пределах от 4 до 9.

Важнейшим фактором, влияющим на рост и развитие микроорганизмов в аэробных условиях является насыщение воды кислородом. Недостаток кислорода в среде служит причиной угнетения жизнедеятельности микроорганизмов, вследствие чего замедляется процесс и ухудшается

качество очистки воды, повышается иловый индекс.

В сточных водах, богатых органическими веществами, микроорганизмы не испытывают недостатка в источниках углерода, но для их жизнедеятельности также необходимы другие элементы: фосфор, азот, калий, магний, железо и т. д. Многие элементы не приходится дополнительно вносить в питательную среду, так как их достаточно содержится в воде. Однако фосфор и азот иногда приходится вносить в сточную воду, подлежащую биологической очистке, чаще всего в соотношении БПК : N : P = 100 : 5 : 1. Недостаток фосфора и азота приводит к снижению скорости и качества очистки сточных вод.

Все факторы, влияющие на процесс биологической очистки, тесно взаимосвязаны, поэтому необходимо постоянно контролировать качество поступающей на очистку воды: рН, содержание токсичных веществ и эндогенных элементов, БПК, ХПК, температуру.

БПК (биохимическое потребление кислорода) – это количество кислорода в мг, израсходованного в определенный промежуток времени на аэробное биохимическое разложение органических веществ, содержащихся в литре исследуемой воды.

ХПК (химическое потребление кислорода) – это количество кислорода в мг, необходимое для окисления всех примесей в воде (органических и неорганических), содержащихся в литре воды и реагирующих с окислителями.

Из определений видно, что ХПК характеризует общее содержание примесей в воде, а БПК – только тех из них, которые поддаются биохимическому разложению.

Для биологической очистки значительных количеств сточных вод наиболее часто применяют аэротенки различных типов. Они представляют собой резервуары, в которых очищаемая сточная вода и активный ил насыщаются воздухом и перемешиваются. Сточные воды поступают в аэротенки, как правило, после сооружений механической очистки, концентрация взвешенных веществ в них не должна превышать 150 мг/л.

Аэротенки могут быть одноступенчатыми и двухступенчатыми, с регенерацией ила и без нее. Одноступенчатые аэротенки без регенерации применяют при БПК_{полн} сточной воды не более 150 мг/л, с регенерацией – более 150 мг/л и при наличии вредных производственных примесей. Двухступенчатые аэротенки применяют при очистке высококонцентрированных сточных вод.

По структуре движения потоков очищаемой сточной воды и возвратного активного ила различают:

аэротенки-вытеснители – сточная вода и возвратный активный ил подаются сосредоточенно с одной из торцевых сторон аэротенка, выпускаются также сосредоточенно с другой торцевой стороны;

аэротенки-смесители – подача и выпуск сточной воды и ила осуществляется равномерно вдоль длинных сторон коридора аэротенка;

аэротенки с рассредоточенной подачей – сточная вода подводится в нескольких точках по длине аэротенка, а отводится сосредоточенно из его торцевой части; возвратный ил подается сосредоточенно в начало аэротенка.

Аэротенки-вытеснители применяют при БПК_{полн} поступающей сточной воды до 300 мг/л, а аэротенки-смесители – при БПК_{полн} до 1000 мг/л.

Окислительная мощность аэротенков колеблется от 0,3 до 2 кг в сутки на 1 м³ полезного объема сооружения в зависимости от технологического режима его работы, она в значительной мере определяется концентрацией в них активного ила. При очистке производственных сточных вод доза ила обычно составляет 2–3 г/л, считая по сухому веществу. Некоторые виды слабоконцентрированных стоков можно очищать при значительно меньших дозах ила без снижения общего эффекта очистки. При концентрациях активного ила 4 г/л и более возникают затруднения с разделением иловой смеси в обычных отстойниках, это ограничивает применение высоких доз активного ила, хотя окислительная мощность аэротенков при таких дозах значительно возрастает.

На Брестских очистных сооружениях эксплуатируется 3 типа аэротенков:

1. Аэротенки-вытеснители (2 секции) 3-х коридорные с регенераторами, установленные на первой очереди очистных сооружений, длиной 64 м, шириной 6 м, рабочей глубиной 4,4 м. Общая емкость – 13305 м³.
2. Аэротенки-смесители (2 секции) 3-х коридорные с регенераторами, установленные на второй очереди очистных сооружений, длиной 64 м, шириной 6 м, рабочей глубиной 5 м. Общая емкость – 15120 м³.
3. Аэротенки 2-х коридорные с рассредоточенным впуском сточных вод без регенератора (2 секции), установленные на третьей очереди очистных сооружений, длиной 84 м, шириной 6 м, рабочей глубиной 4,65 м. Общая емкость – 9374 м³.

Качество сточной воды, очищенной в аэротенках оценивают по показателю БПК_{5 отс}:

$$L_{t5} = 4 + \left(\frac{ХПК}{БПК_5} \right)^3 + 0,015 \cdot N \cdot \frac{15}{t}, \text{ мг/л} \quad (3.1)$$

где L_{t5} – БПК_{5 отс} очищенной в аэротенке, отстаиванной сточной воды, мг/л;

$ХПК$ – величина химической потребности в кислороде поступающей в аэротенк сточной воды, мг/л;

$БПК_5$ – величина биохимической потребности в кислороде поступающей в аэротенк сточной воды, мг/л;

N – нагрузка на 1 г беззольного сухого вещества активного ила, мг БПК₅/г·сут;

t – температура сточной воды, поступающей в аэротенк, °С.

Нагрузку на 1 г беззольного сухого вещества активного ила определяют по формуле:

$$N = \frac{Q_{cp} \cdot БПК_5}{W \cdot a_{cp} (1 - S)}, \text{ мг БПК}_5/\text{г} \cdot \text{сут} \quad (3.2)$$

где Q_{cp} – среднесуточный приток сточной воды, м³/сут;
 $БПК_5$ – величина биохимической потребности в кислороде поступающей в аэротенк сточной воды, г/м³;
 W – суммарный объем аэротенка и регенератора, м³;
 a_{cp} – средняя доза ила в сооружении, г/л;
 S – зольность ила в долях единицы.

Технологически эффективно работающими аэротенками считаются такие, у которых качество очищенной воды по БПК_{5 отс} отличается от рассчитанной по данной методике не более чем на 30%.

Методика выполнения работы

1. По данным службы эксплуатации и технологической карты работы аэротенка заполнить ячейки, соответствующие столбцам 1, 2 и 4 таблицы 3.1.
2. По данным лаборатории о составе поступающих на аэротенки и выходящих из вторичных отстойников сточных вод и заполнить ячейки, соответствующие столбцам 5 и 8 таблицы 3.1.
3. При проведении процесса биологической очистки с регенерацией активного ила рассчитать его среднюю концентрацию в сооружении.
4. Определить ХПК поступающей в аэротенк и отстаиванной очищенной сточной воды (приложение 3).
5. Рассчитать отношение ХПК/БПК поступающих и очищенных стоков.
6. С учетом данных лабораторного анализа о средней температуре очищаемых стоков и зольности активного ила по формулам 3.1 – 3.2 рассчитать нагрузку на 1 г беззольного сухого вещества активного ила и расчетное БПК_{5отс} очищенных стоков.
7. По формуле 3.3 рассчитать процент отклонения фактического БПК_{5отс} от расчетного.
8. Сделать выводы о технологической эффективности работы соответствующих аэротенков по показателям БПК_{5отс} и ХПК.
 Результаты измерений и расчетов занести в таблицу.

Обработка экспериментальных данных

Таблица 3.1. Результаты измерений и расчетов

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Номер и тип аэротенка	Объем аэротенка (с регенератором), м ³	Средняя концентрация активного ила, г/л	Расход сточных вод, м ³ /сут	БПК ₅ поступающих стоков, мг/л	ХПК поступающих стоков, мг/л	Отношение ХПК/БПК ₅ поступающих стоков	БПК _{5отс} очищенных стоков, мг/л	ХПК _{отс} очищенных стоков, мг/л	Отношение ХПК _{отс} /БПК _{5отс} очищенных стоков	Нагрузка на 1 г безз. в-ва акт. ила, мг БПК ₅ /г · сут	Расчетное БПК _{5отс} очищенных стоков, мг/л	Отклонение БПК _{5отс} фактического от

Средняя концентрация активного ила в аэротенке при проведении процесса с регенерацией:

$$a_{cp} = \frac{a_{aep} W_{aep} + a_{peg} W_{peg}}{W}, \text{ г/л} \quad (3.3)$$

где a_{aep} – концентрация активного ила в аэротенке, г/л;

a_{peg} – концентрация активного ила в регенераторе, г/л;

W_{aep} – объем аэротенка, м³;

W_{peg} – объем регенератора, м³;

W – суммарный объем аэротенка и регенератора, м³.

Отклонение фактического БПК_{5отс} от рассчитанного по формуле (3.1) определяется из соотношения:

$$O = \frac{БПК_{5отс} - L_{t5}}{L_{t5}} \cdot 100, \% \quad (3.4)$$

где $БПК_{5отс}$ – фактическое биохимическое потребление кислорода отстоянной сточной водой после биологической очистки, мг/л;

L_{t5} – расчетное биохимическое потребление кислорода отстоянной сточной водой после биологической очистки, мг/л.

Контрольные вопросы

1. На чем основана биологическая очистка сточных вод? Объясните роль ферментов в процессе биологической очистки.
2. Какие факторы влияют на процесс биологической очистки сточных вод? Перечислите основные показатели качества сточных вод, которые необходимо контролировать при биологической очистке.
3. Что такое биохимическое потребление кислорода (БПК) и химическое потребление кислорода (ХПК)? Что показывает их отношение?

4. Какие типы аэротенков вы знаете? Объясните принцип их работы и области применения.
5. Как можно оценить технологическую эффективность работы аэротенка?

Лабораторная работа № 7

ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ СВИНЦА

[#ПрактическийРаздел](#)

Цель работы: Выполнить исследования по влиянию дозы реагента-осадителя и активной реакции среды на очистку производственных сточных вод от свинца методом осаждения.

Теоретическая часть

Источником сточных вод, содержащих свинец, являются заводы по обогащению руды, выплавке свинца, изготовлению свинцовых аккумуляторных батарей, силовых кабелей, а также предприятия по переработке аккумуляторов.

Свинец относится к токсичным загрязнениям, поэтому сточные воды должны подвергаться очистке перед сбросом в канализацию. Предельно допустимая концентрация свинца в водопроводной воде не должна превышать 0,01 мг/л.

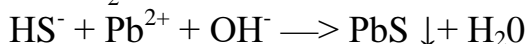
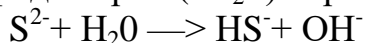
Очистка воды от свинца может осуществляться следующими методами: реагентным осаждением, электрофлотацией, ионным обменом.

Основной принцип реагентного осаждения состоит в подборе реагентов, способных образовывать нерастворимые в воде соли свинца. Для характеристики растворимости солей используют постоянную величину, называемую произведением растворимости (ПР). Произведение концентраций ионов малорастворимой соли в насыщенном при данной температуре растворе есть величина постоянная. Например, для соли $A+B$ - $ПР = [A^+][B^-]$, где концентрации ионов $[A^+]$ и $[B^-]$ измеряются в моль/л. Значения ПР при 10⁰С для сульфида свинца $ПР_{PbS} = 3,4 \cdot 10^{-28}$.

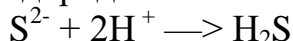
Принцип электрофлотации заключается в электролизе воды, содержащей ионы свинца, в присутствии ионов фтора в массовом соотношении 1:3. При этом рН очищаемой воды доводят до значения 9,5 и дополнительно вводят смесь солей Fe (II) и Fe (III) при массовом соотношении свинца к смеси 1:0,9, при этом соотношение ионов Fe(II):Fe(III) составляет 2:3. Подают токовую нагрузку на аппарат. Электролиз ведут при плотности тока 7,5 мА/см² в течение 4 минут. В результате образующихся электролитических газов кислорода и водорода из объема на поверхность воды всплывают ферриты металлов, которые удаляются механически.

Удаление ионов свинца из очищаемой воды методом ионного обмена осуществляется с помощью катионитов. Если концентрация металла велика, ионный обмен объединяют с методом осаждения.

В данной лабораторной работе для удаления ионов свинца используется метод реагентного осаждения. В качестве реагента применяется сульфид натрия (Na_2S). При растворении в воде он подвергается гидролизу:



Характеристика образующегося осадка зависит в значительной степени от pH и дозы реагента-осадителя. При низких значениях pH растворимость сульфида свинца увеличивается, в результате осадок не образуется, а сульфид-ионы взаимодействуют с ионами водорода с образованием сероводорода:



Для получения максимального эффекта осаждения свинца при минимальном расходе реагента-осадителя, процесс следует проводить в нейтральной или слабощелочной среде.

Методика выполнения работы

1. Приготовить основной раствор азотнокислого свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с концентрацией 5000 мг-ион/л, для этого 4 грамма $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ перенести в мерную колбу на 500 мл и довести объем дистиллированной водой до метки, 1 мл основного раствора содержит 5 мг-ионов Pb^{2+} ;
2. Рассчитать необходимую дозу реагента для доведения концентрации свинца в модельном (рабочем) растворе в пределах 5...20 мг-ион/л (задается преподавателем). Например, для приготовления 1 литра раствора с концентрацией 10 мг-ион/л необходимо 2 мл основного раствора перенести в мерную колбу на 1000 мл и довести объем воды водопроводной водой до метки.
3. Приготовить основной раствор реагента-осадителя с концентрацией 1000 мг/л Na_2S , для этого 1000 мг Na_2S переносят в мерную колбу на 1000 мл и доводят объем раствора до метки, 1 мл раствора содержит 1 мг Na_2S . В соответствии со стехиометрическим отношением для осаждения 207 мг-ионов Pb^{2+} необходимо 32 мг-ионов S^{2-} или 78 мг Na_2S . Для облегчения дозирования следует приготовить рабочий раствор Na_2S с концентрацией 100 мг/л, для этого в мерную колбу на 100 мл внести 10 мл основного раствора Na_2S и довести объем до метки, в 1 мл рабочего раствора содержится 0,1 мг Na_2S .
4. В коническую колбу отобрать 100 мл рабочего раствора $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (модельная сточная вода), внести аликвотное количество рабочего раствора Na_2S , отстоять 15 минут и затем профильтровать через бумажный фильтр «синяя лента». В отфильтрованном растворе с помощью прибора АВА-3 определяется остаточная концентрация ионов Pb^{2+} (см, приложение 4).
5. Исследовать процесс осаждения в кислой и щелочной среде, для этого в колбу на 200 мл отобрать 100 мл рабочего раствора модельной сточной воды, довести pH до значений, указанных преподавателем добавлением 0,1 к. HCl и 0,1н. NaOH, провести исследования в соответствии с пунктом 4.

6. Исследовать влияние дозы реагента-осадителя на эффективность удаления свинца. Для этого в три колбы отобрать по 100 мл рабочего модельного раствора, внести различные дозы Na_2S (по рекомендации преподавателя), провести исследования в соответствии с пунктом 4.

Лабораторная работа № 8

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СТОКОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ

#ПрактическийРаздел

Цель работы: На теоретическом уровне изучить технологическую схему очистки гальванических стоков методом электрокоагуляции

Теоретическая часть

Состав сточных вод. Гальванические стоки, образующиеся на территории ПРУП “Брестский электротехнический завод”, разделяются на два потока:

- кислотно-щелочные электролиты (-К8-);
- промывные кислотно-щелочные и хромсодержащие стоки (-К10-).

Гальванические стоки содержат ионы металлов, сульфаты, фосфаты, хлориды с концентрациями:

- $\text{Cr}^{6+} = 25 \text{ мг/дм}^3$;
- $\text{Ni}^{2+} = 6,1 \text{ мг/дм}^3$;
- $\text{SO}_4^{2-} = 56,3 \text{ мг/дм}^3$;
- $\text{PO}_4^{3-} = 3,8 \text{ мг/дм}^3$;
- $\text{Cl}^- = 17,8 \text{ мг/дм}^3$;
- $\text{pH} = 2,74$.

После очистки часть сточных вод возвращается на повторное использование, а оставшаяся часть сбрасывается в городской коллектор. Качество воды должно удовлетворять следующим требованиям: $\text{Cr}^{6+} = 0,1 \text{ мг/дм}^3$, $\text{Ni}^{2+} = 0,3 \text{ мг/дм}^3$, $\text{pH} = 6,5-8,5$.

Выбор метода очистки. Основной задачей подготовки кислотно-щелочного стока к сбросу в бытовую канализацию и на повторное использование является его очистка от ионов тяжелых металлов переводом их в гидроксиды и последующим выделением в осадок.

Технология обработки стоков предусматривает усреднение в накопителе гальванического стока и далее его обработку методом электрокоагуляции, в установке проточного типа с пластинчатыми электродами из низкоуглеродистой стали.

Технологическая схема очистки гальваностоков (приложение 7). Промывные кислотно-щелочные и хромовые стоки из гальванического участка самотеком поступают в подземные усреднители поз. К10.1. Концентрированные кислотно-щелочные электролиты сливаются в лоток, по которому самотеком также поступают в усреднители поз. К 10.1, после чего проходят очистку совместно с промывными стоками.

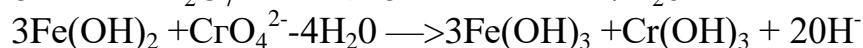
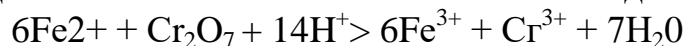
В усреднители также поступает декантат из илоуплотнителя поз. О1.1, вода от промывки сорбционных фильтров поз. В10.3, фильтрат из ресивера поз. О1.4, слив и перелив осадка из корыта вакуум-фильтра поз. О1.3, отработанные регенерационные растворы щелочи и магнезия, а также слив и перелив осветленной воды из бака поз. В10.1. Время пребывания стоков составляет 3 часа.

Из усреднителей поз. К10.1 промывные кислотнo-щелочные и хромсодержащие стоки насосами поз. К10.2 подаются для предварительной электрохимической обработки в электроионный сепаратор поз. К10.3.

Сущность метода заключается в следующем:

- в анодные камеры сепаратора поз. К10.3 (элемент блока электрохимической обработки) подается насосами поз. Р2.2 из статического гальванокоагулятора с рецикловым баком поз. Р2.1 раствор, содержащий ионы Fe^{2+} , а в катодные камеры поступают очищаемые стоки;

- ионы Fe^{2+} под воздействием электрического тока проходят через полупроницаемую мембрану в катодные камеры, где смешиваются с очищаемым стоком и восстанавливают Cr^{6+} до Cr^{3+} по следующей схеме:



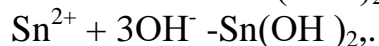
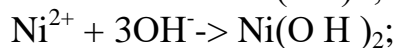
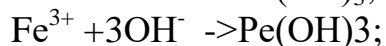
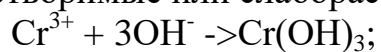
Статичекий гальванокоагулятор с рецикловым баком поз, Р2.1 осуществляет подачу раствора железа Fe^{2+} с помощью насосов поз. Р2.2. Нарботка железа происходит в статическом гальванокоагуляторе, заполненного стальной стружкой при циркуляции через нее суспензии катодного вещества.

Поддержание рН в рецикловом баке поз. Р2.1 осуществляется путем подачи концентрированной кислоты в рецикловый бак поз. Р2.1 посредством дозирочного насоса поз. Р3.2 No1, из бутылки с кислотой, с регулировкой объема кислоты, обеспечивающего концентрацию раствора железа Fe^{2+} в рецикловом баке, необходимую для обезвреживания шестивалентного хрома усредненных промывных стоков.

Электроснабжение электроионного сепаратора осуществляется от выпрямительного агрегата поз. К10.6.

Прошедшие электрохимическую очистку стоки поступают в смеситель, поз. К10.4 коридорного типа, блока очистки поз. К10.5, где смешиваются с раствором щелочи, подаваемым из дозатора щелочи поз. Р1,3 через вентиль с электроприводом У1, управляемый автоматически, по показаниям рН-метра, установленного на выходе из смесителя, для поддержания рН в пределах 8,5..9,5.

В результате подщелачивания стоков до рН=8,5...9,5 образуются нерастворимые или слаборастворимые гидроксидные соединения, например:



На выходе из смесителя поз. К 10,4 стоки смешиваются с раствором флокулянта, подаваемым по мере необходимости, из дозатора поз. Р7.1, для улучшения процесса осаждения осадка.

Образовавшиеся гидроксиды железа интенсивно коагулируют примеси и другие гидроксиды в крупные плотные частицы, легко выпадающие в осадок, которые захватывают и часть растворенных примесей, таких как фосфаты, сульфаты, карбонаты, кальций, магний и другие.

Далее стоки проходят камеру хлопьеобразования, где интенсивно происходит процесс образования осадка, после чего направляются для осветления в тонкослойный модуль блока очистки поз. К10.5, непосредственно над которым расположен фильтр из вспененного полистирола, обеспечивающий удаление мелкодисперсных примесей и повышение эффективности очистки гальваностоков.

Осветленная от загрязнений вода, пройдя фильтр из вспененного полистирола, сливается в бак поз. В10.1, из которого насосами поз. В10.2 подается для доочистки на сорбционные фильтры поз. В 10.3, загруженные алюмосиликатным адсорбентом.

Промывка сорбционных фильтров поз.В10.3, осуществляется водой, подаваемой насосом поз.В 11.2 из бака поз.В 11.1. Промывка фильтра производится в течении 5... 10 мин.

Промывная вода от фильтров поз. В 10.3 (ФОВ-1-0.6) отводится в усреднители поз. К10.1.

Регенерация алюмосиликатной загрузки сорбционных фильтров поз. В10.3 осуществляется путем рециркуляции через слой загрузки последовательно раствора щелочи и серноокислого (хлористого) магния.

Отработанные регенерационные растворы щелочи и магния сбрасываются в усреднители промывных стоков поз. К10.1.

Регенерация сорбционных фильтров проводится со следующей периодичностью:

- регенерация раствором щелочи - 1 раз в год со сбросом регенерационного раствора в усреднители поз, К 10.1 ;■

- регенерация раствором магния - 1 раз в три месяца, после чего отработанный регенерационный раствор может использоваться несколько раз (сброс отработанного регенерационного раствора магния производится 2 раза в год).

После сорбционных фильтров, полностью очищенная вода, под остаточным напором, поступает в подземный резервуар очищенной воды поз. В 11.1 из которого часть очищенной воды сбрасывается в сеть бытовой канализации, а часть возвращается на повторное использование.

Образующийся в процессе очистки гальваностоков осадок из блока очистки поз, К10.5 периодически сбрасывается в двухсекционный илоуплотнитель поз.01.1. Одновременно, за счет движения жидкости сверху вниз, удаляются частицы, задержанные полистирольным фильтром, то есть происходит их регенерация.

После 3-5 часового отстаивания происходит снижение влажности осадка и уменьшение его объема.

Декантат, образующийся в илоуплотнителе поз.01.1, в процессе отстаивания осадка, самотеком сбрасывается в усреднители поз, К 10.1.

Уплотненный в осадкоуплотнителе поз. 01.1 осадок, насосом поз. 01.2 подается на вакуум-фильтр поз. 01.3, где обезвоживается до влажности 70% и вывозится на захоронение.

Методика выполнения работы

1. Занятия в лаборатории.

На теоретическом уровне изучить сущность метода электрокоагуляции при очистке гальванических стоков (на примере технологической схемы очистки сточных вод на локальных очистных сооружениях (ЛОС) ПРУП “Брестский электротехнический завод”).

2. Экскурсия на ЛОС ПРУП “Брестский электротехнический завод”.

2.1. Практически закрепить теоретические знания по очистке гальванических сточных вод методом электрокоагуляции

2.2. Изучить конструкцию и принцип работы оборудования, применяемого в технологической схеме очистки гальванических стоков.

2.3. По данным журнала лабораторного контроля за ходом очистки сточных вод, оцепить качество воды до и после очистки по показателям: рН, концентрация хрома (ИЗ), хрома (VI), концентрация никеля (II) и др.

2.4. Дать оценку технологической эффективности метода электрокоагуляции при обезвреживании гальванических сточных вод.

3 Раздел контроля знаний

[#Структура](#)

Перечень вопросов, выносимых на экзамен по учебной дисциплине «Водоотведение промышленных предприятий»

1. Классификация ПСВ
2. Показатели загрязнения ПСВ
3. Нормы водоотведения, расчетные расходы ПСВ
4. Режим водоотведения
5. Системы и схемы водоотведения промышленных предприятий
6. Условия выпуска ПСВ в городскую водоотводящую сеть
7. Общие условия выпуска ПСВ в водные объекты
8. Нормативы качества воды водоемов хозяйственно-бытового назначения
9. Нормативы качества воды водоемов рыбохозяйственного назначения
10. Определение необходимой степени очистки сточных вод по ПДК, допустимым к сбросу
11. Механическая очистка ПСВ. Применяемые сооружения и процессы.
12. Усреднение ПСВ
13. Тонкослойные отстойники
14. Отстойники-осветлители со взвешенным слоем осадка
15. Нефтеловушки
16. Гидроциклоны
17. Фильтры
18. Флотация
19. Барботажный, механический и гидродинамический метод флотации
20. Компрессионный и электрохимический методы флотации
21. Очистка ПСВ методом сорбции
22. Ионный обмен
23. Экстракция ПСВ
24. Обратный осмос и ультрафильтрация
25. Нейтрализация ПСВ
26. Очистка ПСВ коагуляцией и флокуляцией
27. Окисление ПСВ
28. Электрокоагуляция и электроокисление
29. Термоокислительные методы очистки ПСВ
30. Особенности процесса биохимической очистки ПСВ. Аэробный и анаэробный методы
31. Аэротенки
32. Биофильтры
33. Биопруды
34. Обеззараживание ПСВ
35. Рациональное использование ПСВ на предприятиях
36. Совместная очистка бытовых сточных вод и ПСВ

37. Классификация осадков ПСВ и методов обработки
38. Складирование и захоронение осадков ПСВ. Утилизация осадков ПСВ в РБ
39. Система экологической сертификации. Инженерно-экологическая служба предприятия
40. Законодательство в области охраны гидросферы в РБ.

4 Вспомогательный раздел

[#Структура](#)

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Водоотведение промышленных предприятий» для специальности:

1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор БрГТУ

_____ М.В. Нерода

« _____ » _____ 2021 г.

Регистрационный № УД- _____ /уч.

Водоотведение промышленных предприятий

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1–70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»

2021 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1–70 01 01–2019, утв. Постановлением Министерства образования Республики Беларусь № 188 от 24.12.2019 и учебного плана специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», направления специальности.

СОСТАВИТЕЛЬ:

С.Г. Белов, заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.Г. Новосельцев, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции учреждения образования «Брестский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент.

С.А. Новик, главный специалист отдела комплексного проектирования №2 УП «Институт «Брестстройпроект».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

Заведующий кафедрой _____ к.т.н., доцент С.Г. Белов, (протокол № _____ от _____ 2021 г.)

Методической комиссией факультета инженерных систем и экологии

Председатель методической комиссии _____ к.т.н., доцент О.П. Мешик.
(протокол № _____ от _____ 2021 г.);

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № _____ от _____ 2021 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Код компетенции СК-9.

«Водоотведение промышленных предприятий» – инженерная дисциплина, в которой изучаются особенности водоотводящих систем и методы проектирования и расчёта локальных очистных сооружений промышленных предприятий на основе современных достижений науки и техники.

Цель преподавания дисциплины – подготовка специалистов, способных решать комплексные инженерные задачи в области проектирования систем водоотведения промышленных предприятий с целью обезвреживания всех видов сточных вод перед их выпуском в городскую водоотводящую сеть или водные объекты.

Задачи изучения дисциплины – получение знаний о системах водоотведения промышленных предприятий, методах очистки производственных сточных вод, принципах проектирования внутриплощадочных очистных сооружений водоотведения, особенностях водоотведения предприятий отдельных отраслей промышленности. В результате изучения дисциплины студент должен научиться производить выбор и обоснование системы и схемы водоотведения промышленного предприятия, выполнять проектирование и расчет внутриплощадочных сетей водоотведения, рассчитывать предельно допустимые концентрации и предельно допустимый сброс загрязняющих веществ в городскую водоотводящую сеть и в водоемы, производить выбор и обоснование методов очистки производственных сточных вод, разрабатывать технологическую и балансовую схему водоотведения промышленного предприятия, производить проектирование и расчет сооружений.

Перечень дисциплин, знание которых необходимо для изучения курса:

«Сети водоотведения», «Технология очистки сточных вод», «Оборудование сооружений по очистке природных и сточных вод».

Для закрепления теоретического материала, овладения методикой проектирования и расчета предусмотрено проведение лабораторных и практических занятий по ключевым темам и выполнение курсового проекта.

План учебной дисциплины для дневной формы получения
высшего образования

Код специальности (направление специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Сам. Работа		
1- 70 04 03	«Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»	4	7	160	4	84	34	34	16	76	60	экзамен

1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Лекционные занятия, их содержание

1.1.1. Водоотведение промышленных предприятий

Введение. Нормы и режимы водоотведения сточных вод промышленных предприятий. Схемы водоснабжения и водоотведения. Водоотводящие сети промышленных предприятий. Состав и свойства производственных сточных вод. Условия выпуска производственных сточных вод в городскую водоотводящую сеть и в водоемы. Определение необходимой степени очистки производственных сточных вод.

1.1.2. Механическая очистка производственных сточных вод

Решетки. Песколовки. Усреднители. Отстойники. Отстойники специального назначения. Фильтры. Механические сита и сетчатые барабанные фильтры. Гидроциклоны. Центрифуги.

1.1.3. Физико-химическая очистка производственных сточных вод

Нейтрализация. Коагулирование и флокуляция. Флотация. Сорбция. Ионный обмен. Экстракция. Окисление. Озонирование. Ультрафильтрация и обратный осмос. Электрохимические методы очистки.

1.1.4. Биологическая очистка производственных сточных вод

Особенности процесса биологической очистки производственных сточных вод. Аэротенки. Окситенки. Биофильтры. Поля орошения и поля фильтрации. Биологические пруды. Биологическая очистка в анаэробных условиях.

1.1.5. Глубокая очистка и обеззараживание производственных сточных вод

Глубокая очистка от взвешенных веществ. Удаление растворенных биологически-стойких органических загрязнений. Удаление биогенных элементов. Обеззараживание. Насыщение глубокоочищенных сточных вод кислородом.

1.1.6. Обработка осадков производственных сточных вод

Состав и свойства осадков производственных сточных вод. Классификация методов обработки. Анаэробное сбраживание. Аэробная стабилизация. Уплотнение. Кондиционирование. Обезвоживание на иловых площадках. Механическое обезвоживание. Термическая сушка и сжигание. Обеззараживание. Обезвреживание и захоронение.

1.1.7. Водоотведение и очистка производственных сточных вод отдельных отраслей промышленности

Транспортные предприятия. Нефтеперерабатывающие заводы и нефтебазы. Предприятия машиностроения и приборостроения. Комбинаты строительных материалов и заводы железобетонных конструкций. Предприятия горнодобывающей отрасли. Предприятия легкой промышленности. Комбинаты бытового обслуживания, прачечные, бани. Заводы по производству синтетических волокон и лекарственных препаратов. Предприятия целлюлозно-бумажной и лесохимической промышленности. Предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции. Предприятия пищевой промышленности. Животноводческие комплексы и птицефабрики.

1.2. Лабораторные занятия, их содержание

1.2.1. Нейтрализация производственных сточных вод.

1.2.2. Очистка сточных вод гальванических цехов от соединений хрома химическим методом.

1.2.3. Удаление ионов меди из промывных растворов гальванических цехов и участков обработки поверхности.

1.2.4. Очистка производственных сточных вод от свинца.

1.2.5. Изучение технологической схемы очистки гальванических стоков методом электрокоагуляции.

1.2.6. Снижение интенсивности окраски сточных вод предприятий легкой промышленности озонированием.

1.2.7. Изучение процесса адсорбции органических загрязнений в статических условиях.

1.2.8. Глубокая очистка сточных вод от стойких органических загрязнений озонированием.

1.2.9. Определение пригодности биологических методов для очистки производственных сточных вод по соотношению БПК/ХПК.

1.2.10. Применение реагентов для увеличения влагоотдачи осадков производственных сточных вод при центрифугировании.

1.3. Практические занятия, их содержание

1.3.1. Определение необходимой степени очистки производственных сточных вод перед сбросом в городскую водоотводящую сеть или водоем.

1.3.2. Разработка технологической схемы очистки производственных сточных вод.

1.3.3. Расчет расходов очищаемой воды и образующихся осадков.

1.3.4. Проектирование и расчет сооружений механической очистки производственных сточных вод.

1.3.5. Проектирование и расчет сооружений физико-химической очистки производственных сточных вод.

1.3.6. Проектирование и расчёт сооружений биологической очистки производственных сточных вод.

1.3.7. Проектирование и расчёт сооружений доочистки производственных сточных вод.

1.3.8. Проектирование и расчёт сооружений для обработки осадков производственных сточных вод.

1.3.9. Разработка генплана площадки и компоновочного плана здания локальных очистных сооружений производственных сточных вод.

1.4. Курсовой проект и его характеристика

В рамках изучения дисциплины программой предусмотрено выполнение курсового проекта на тему «Водоотведение промышленного предприятия» – 50 ч (1 з.е.).

Курсовой проект состоит из пояснительной записки (30-35 страниц) и графического материала (1 лист формата А1 и 1 лист формата А2).

В состав пояснительной записки входят следующие разделы: изучение режима стокообразования предприятия, проектирование и расчет внутриплощадочных водоотводящих сетей, анализ качества образующихся производственных сточных вод, расчет необходимой степени их очистки перед выпуском в городскую водоотводящую сеть, выбор методов очистки и разработка технологической схемы очистки производственных сточных вод, определение расходов воды и осадка на всех участках

технологической схемы, расчет сооружений технологической схемы, разработка компоновочного плана станции очистки.

Графический материал включает: компоновочный план локальной станции очистки производственных сточных вод промышленного предприятия с внутриплощадочными сетями водоотведения (М 1:100 – 1:200), технологическую схему очистки с указанием расходов воды и концентраций загрязнений на каждом этапе очистки, чертежи (план и два разреза) одного из сооружений станции очистки (М 1:10 – 1:50).

1.5. Учебно-методическая карта учебной дисциплины

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1.	Водоотведение на промышленных предприятиях	4	2					
2.	Механическая очистка производственных сточных вод	4	2		4			
3.	Физико-химическая очистка производственных сточных вод	12	4		12			
4.	Биологическая очистка производственных сточных вод	4	2		4			
5.	Глубокая очистка и обеззараживание производственных сточных вод	2	2		6			
6.	Обработка осадков производственных сточных вод	2	2		4			
7.	Водоотведение и очистка производственных сточных вод отдельных отраслей промышленности	6	2		4			

2. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Основная литература

- 2.1.1. ТКП 45-4.01-262-2012. Очистные сооружения сточных вод. Правила проектирования.
- 2.1.2. ТКП 45-4.01-202-2010. Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования.
- 2.1.3. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006.– 704 с.
- 2.1.4. Воронов Ю.В., Алексеев В.П. Водоотведение. Учебник. – М.: Инфра-М, 2007. – 415 с.
- 2.1.5. Иванов В.Г., Черников Н.А. Водоснабжение и водоотведение промышленных предприятий. СПб.: ОМ-Пресс, 2013. – 592 с.
- 2.1.6. Алексеев В.И., Винокурова Т.Е., Пугачев Е.А. Проектирование сооружений переработки и утилизации осадков сточных вод с использованием элементов компьютерных информационных технологий: учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2003. – 176 с.

2.2. Дополнительная литература

- 2.2.1. Яковлев С.В. и др. Водоотводящие системы промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1990. – 511 с.
- 2.2.2. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности/СЭВ, ВНИИ ВОДГЕО. М.: Стройиздат, 1982 – 528 с.
- 2.2.3. Алферова Л.А., Нечаев А.П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. М.:Стойиздат,1984. – 272 с.
- 2.2.4. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Очистка производственных сточных вод: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1985. – 336 с.
- 2.2.5. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского. Справочное пособие. – 5-е изд. М.:Стойиздат,1987. – 152 с.
- 2.2.6. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. М.: Стройиздат, 1984. – 116 с.
- 2.2.7. Методические указания для выполнения курсового проекта для студентов специальности 1- 70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» – дневной и заочной форм обучения по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение промышленных предприятий» / Н.В. Левчук, А.Г. Новосельцева; БрГТУ. – Брест, 2015. – 46 с.
- 2.2.8. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: Стройиздат. 1986.
- 2.2.9. А.И. Жуков, И.П. Монгайт, И.Д. Родзиллер. Методы очистки производственных сточных вод. (Справочное пособие) М.: Стройиздат,1977. – 204 с.

- 2.2.10. Ласков Ю.М. и др. Примеры расчетов канализационных сооружений. М.: Стройиздат, 1987. – 255с.
- 2.2.11. Канализация населенных мест и промышленных предприятий (Справочник проектировщика). Под ред. В.Н. Самохина. М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.

2.3. Наглядные пособия, технические средства обучения

- 2.3.1. Лабораторная установка для озонирования природных и сточных вод.
- 2.3.2. Лабораторные комплексы АВА-1 и АВА-3 для определения концентраций тяжелых металлов в воде.
- 2.3.3. Спектрофотометры СФ-2000 и для определения оптической плотности жидких сред.
- 3.3.4. Лабораторная центрифуга для обезвоживания осадков сточных вод.

2.4. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине используется следующий диагностический инструментарий:

- промежуточные аттестации;
- устный опрос на практических и лабораторных занятиях.

2.5. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающимися по учебной дисциплине

Основной учебной работой студента является самостоятельная работа в течение всего срока обучения. Начинать изучение дисциплины необходимо с ознакомления с целями и задачами дисциплины, а также знаниями и умениями, приобретаемыми в процессе изучения. Далее следует проработать рекомендуемую литературу, рассмотрев темы лекционных, практических и лабораторных занятий. Все неясные вопросы по дисциплине студент может решить на консультациях.

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение

1. Схемы водоснабжения и водоотведения (2.1.5)
2. Условия выпуска производственных сточных вод в городскую водоотводящую сеть и в водоемы (2.1.6)
3. Механические сита и сетчатые барабанные фильтры (2.1.4)
4. Гидроциклоны (2.1.4)
5. Экстракция (2.2.4)
6. Окисление (2.2.4)
7. Окситенки (2.2.4)
8. Поля орошения и поля фильтрации (2.2.9, 2.2.10)
9. Удаление биогенных элементов (2.2.9)
10. Обезвоживание на иловых площадках (2.2.11)
11. Обезвреживание и захоронение (2.1.5)

12. Предприятия горнодобывающей отрасли (2.2.3)
13. Комбинаты бытового обслуживания, прачечные, бани (2.2.3)
14. Предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции (2.2.3)
15. Животноводческие комплексы и птицефабрики (2.2.3)