

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»**
ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**
по дисциплине

«ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ ВОДЫ И ВОЗДУХА»

Направление подготовки
20.03.01 «Техносферная безопасность»
Направленность (профиль, специализация) образовательной программы
Инженерная защита окружающей среды
Квалификация
бакалавр
Форма обучения
очная

Кафедра: Строительство дорог и инженерная экология

Настоящие методические указания к Курсовой работе по дисциплине «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ ВОДЫ И ВОЗДУХА» разработаны к основной профессиональной образовательной программе по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» (уровень: бакалавриат).

Чебоксары

СОДЕРЖАНИЕ

Цели и задачи курсового проектирования

Этапы выполнения курсового проекта

Пример проектирования очистных сооружений

1. Характеристика способов очистки сточных вод

1.1. Механический

1.2. Биологический

1.3. Биохимический

1.4. Химический

1.5. Физико-химический

2. Схемы очистки сточных вод от медных примесей

3. Технологический расчет очистки сточных вод от медных примесей сточных вод

Заключение

Список использованных источников

Приложение А. Образец оформления титульного листа

Приложение Б. Образец оформления содержания отчета о выполнении курсового проекта

Приложение В. Пример оформления списка использованных источников

Приложение Г. Перечень тем курсовых работ

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовой проект призван способствовать формированию у студентов навыков самостоятельной творческой работы, освоению передовых методик научных исследований, а также углубленному изучению конкретного вопроса, темы или раздела учебной дисциплины.

Курсовое проектирование реализуется в рамках учебной дисциплины «Процессы и аппараты защиты воды и воздуха».

Выполнение курсового проекта предполагает самостоятельную работу студента при научном консультировании преподавателя.

Курсовой проект призван способствовать формированию у студентов компетенций в области самостоятельной творческой работы, освоению передовых методологий научных изысканий, а также углубленному постижению проблематики, тематики или отдельного раздела изучаемой дисциплины.

Цели курсового проектирования:

- систематизация и углубление теоретических знаний: обеспечение более глубокого понимания и прочного усвоения изученного материала;
- развитие практических навыков: формирование компетенций в области проектирования и освоение методик выполнения технических расчетов;
- подготовка к будущей профессиональной деятельности: создание основы для успешной разработки дипломного проекта и дальнейшей самостоятельной работы в профессиональной сфере.

Предлагается следующая тема для курсового проектирования: «Методы очистки сточных вод от медных примесей»

ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Первый этап. Обзор современного понимания проблемы влияния химического загрязнения на экологические системы.

На данном этапе необходимо определить источники химического загрязнения водоема, проанализировать воздействие этого загрязнения на водную биоту, изучить нормативы ПДК химических веществ, рассмотреть все доступные методы очистки сточных вод от химических загрязнений, с описанием принципа действия и области применения каждого метода. Все используемые литературные источники должны быть указаны.

Второй этап. Анализ методов очистки СВ от ВВ.

Исходя из предоставленных данных и требуемого уровня очистки сточных вод, необходимо оценить пригодность различных методов удаления взвешенных веществ (таких как процеживание, пескоулавливание, отстаивание, фильтрование, флотация, центрифугирование, физико-химические методы и другие). Требуется определить наиболее эффективную последовательность применения очистных мероприятий, включая пескоулавливание, отстаивание и фильтрацию, а также подобрать соответствующие конструкции аппаратов, например, горизонтальные песколовки и радиальные отстойники. Представить детальное описание выбранного оборудования, сопроводив его соответствующей иллюстрацией. Процесс очистки включает в себя расчет количества уловленных взрывчатых веществ на каждом этапе, основываясь на эффективности выбранного для этого этапа оборудования.

Третий этап. Анализ методов очистки СВ от химического загрязнителя.

Проанализировав результаты обзора, посвященного методам очистки сточных вод от химических загрязнителей, следует отобрать наиболее подходящий способ, исходя из имеющихся исходных данных и заданных стандартов качества очищенной воды. Осуществите выбор конкретной конструкции аппаратов, которые будут использоваться для процесса очистки от заданного химического вещества. Затем детально опишите выбранное оборудование, подкрепив описание наглядным графическим изображением (рисунком).

Четвертый этап. Проверка согласованности технологических операций и используемого оборудования, отобранных на стадиях 2 и 3.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1. ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Деятельность многих отраслей народного хозяйства приводит к загрязнению сточных вод:

- нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность;
- металлургия и горнодобывающая индустрия;
- химическая и целлюлозно-бумажная промышленность;
- предприятия по изготовлению пищевых продуктов и ряд других производств.

Огромный вред сточным водам наносит неправильное использование удобрений и пестицидов в сельском хозяйстве. Часть соединений очень трудно удаляются из стоков, в их число входят поверхностно-активные вещества, содержащиеся в синтетических моющих средствах.

Большую опасность представляют радиоактивные загрязнения. Данные примеси появляются при переработке ядерного горючего, нарушении технологии очистки урановых руд и в ряде других ситуаций.

Загрязняющие вещества сточных вод можно подразделить на три большие группы:

1.Физические – песок, глина, ил, шлам, взвешенные твердые частицы, радиоактивные элементы. Органолептические загрязнители, влияющие на цвет и запах жидкости.

2.Биологические – дрожжевые и плесневые грибки, лигнины и водоросли, различные болезнетворные организмы.

3.Химические – кислоты и щелочи, нефть и нефтепродукты, соли и фенолы, диоксиды и пестициды, тяжелые металлы, аммонийный и нитритный азот, СПАВы.

Реже встречается тепловое загрязнение сточных вод. При смешивании высоких температур технологических вод с более прохладными массами происходит изменение химического и газового состава стоков. Это несет опасность размножения анаэробных бактерий, выделения ядовитых газов – метана и сероводорода, роста гидробионтов.

Вид загрязнения влияет на выбор способа очистки сточных вод. Часто используют комбинированные методы для достижения наилучшего результата. Основные способы очистки сточных вод:

- механический – применяется для удаления нерастворимых примесей;
- биологический – очищение жидкости осуществляется без использования химикатов;
- биохимический – наряду с химическими реагентами применяются микроорганизмы, которые питаются загрязняющими веществами;
- химический – используется для удаления из стоков различных кислот и щелочей;
- физико-химический – включает в себя несколько способов удаления загрязнений.

1.1. Механические методы очистки сточных вод

Для удаления взвешенных частиц из сточных вод используют гидромеханические процессы (периодические и непрерывные), процеживание, отстаивание (гравитационное и центробежное), фильтрование. Выбор метода зависит от размера частиц примесей, физико-химических свойств и концентрации взвешенных частиц, расхода сточных вод и необходимой степени очистки.

При механической очистке из производственных сточных вод путем процеживания, отстаивания и фильтрования удаляются до 90% нерастворимых механических примесей различной степени дисперсности (песок, глинистые частицы, окалину и др.), а из бытовых сточных вод — до 60%. Для этих целей применяют решетки, песколовки, песчаные фильтры, отстойники различных типов

Процеживание. Перед более тонкой очисткой сточные воды процеживают через решетки и сита, которые устанавливают перед отстойниками с целью извлечения из них крупных примесей, которые могут засорить трубы и каналы. Решетки изготавливают из металлических стержней с зазором между ними 5-25 мм. Они устанавливаются в коллекторах сточных вод вертикально или под углом 60-70° к горизонту. Скорость сточной воды в зазорах между стержнями не должна превышать 0.8-1 м/с. При эксплуатации решетки должны очищаться. Очистка, как правило, производится механически или вручную. Снятые с решеток примеси направляют на переработку. Для измельчения отходов используют дробилки.

Отстаивание. Отстаивание применяют для осаждения из сточных вод грубодисперсных примесей. Осаждение происходит под действием силы тяжести. Для проведения процесса используют песколовки, отстойники и осветлители. В осветлителях одновременно с отстаиванием происходит фильтрация сточных вод через слой взвешенных частиц.

Песколовки. Их применяют для предварительного выделения минеральных и органических загрязнений (0.2-0.25 мм) из сточных вод. Горизонтальные песколовки (рис. 1.1) представляют собой резервуары с треугольным или трапециидальным поперечным сечением.

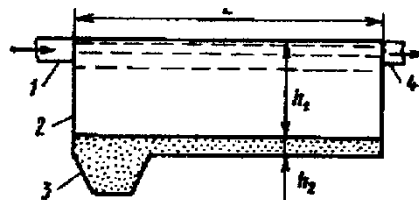


Рис. 1.1. Схема горизонтальной песколовки

На рисунке: 1 — подводный патрубок, 2 — песколовка, 3 — иламосборник, 4 — выходной патрубок.

Скорость движения воды в них не превышает 0.3 м/с. Вертикальные песколовки имеют прямоугольную или круглую форму. В них сточные воды

движутся с вертикальными восходящими потоками со скоростью 0.05 м/с. Конструкцию песколовки выбирают в зависимости от количества сточных вод, концентрации взвешенных веществ. Чаще всего используют горизонтальные песколовки.

Горизонтальные отстойники. Они представляют собой прямоугольные резервуары, имеющие два или более одновременно работающих отделения (рис.10.2). Вода движется с одного конца отстойника к другому. Глубина отстойников равна $H=1,5-4$ м, длина $8-12H$, а ширина коридора 3-6 м. Равномерное распределение сточной воды достигается при помощи поперечного лотка. Горизонтальные отстойники рекомендуется применять при расходах сточных вод свыше $15000 \text{ м}^3/\text{сутки}$.

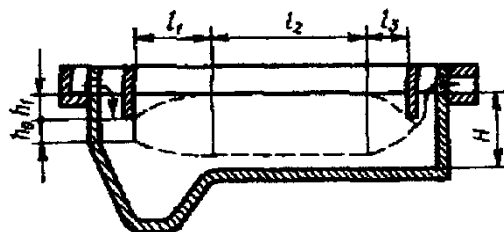


Рис. 1.2. Схема горизонтального отстойника

Эффективность отстаивания достигает 60%. Горизонтальная скорость движения воды в отстойнике принимается не более 0,01 м/с, а продолжительность отстаивания 1-3 часа.

Вертикальный отстойник. Отстойник (рис.1.3) представляет собой цилиндрический (или квадратный в плане) резервуар с коническим дном.

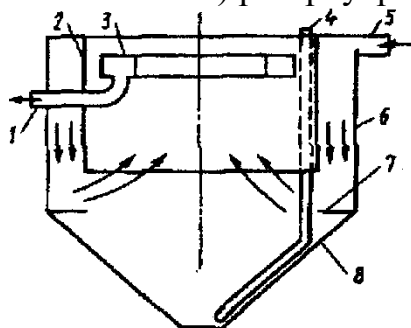


Рис. 1. 3. Схема вертикального отстойника

На рисунке: 1 - трубопровод для вывода очищенной воды из отстойника, 2 - цилиндрическая перегородка, 3 - кольцевой водосборник, 4 - трубопровод для удаления шлама, 5 - подводный трубопровод, 6 - корпус отстойника, 7 - кольцевой отражатель, 8 - шламоборник.

Сточную воду подводят по центральной трубе. После поступления внутрь отстойника вода движется снизу вверх по желобу. Для лучшего распределения и предотвращения образования мути трубу делают с раструбом и распределительным щитом. Высота зоны осаждения составляет 4-5 м. В вертикальных отстойниках должно выполняться условие - вертикальная скорость движения жидкости должна быть меньше скорости осаждения частиц ($W_{ос} > V$).

Фильтрация. Фильтрация применяют для выделения из сточных вод тонкодиспергированных твердых веществ, удаление которых отстаиванием затруднено. Разделение проводят при помощи пористых перегородок, пропускающих жидкость и задерживающих диспергированную фазу. Процесс идет под действием гидростатического давления столба жидкости, повышенного давления над перегородкой или вакуума после перегородки.

Для очистки сточных вод используют два класса фильтров:

1. зернистые, в которых очищаемую жидкость пропускают через насадки не связанных пористых материалов;
2. микрофильтры - фильтроэлементы изготовлены из связанных пористых материалов.

В зернистых фильтрах широко используют в качестве фильтроматериалов кварцевый песок, дробленый шлак, гравий, антрацит, и др. Зернистые фильтры изготавливают однослойными и многослойными. Скорость фильтрации в таких фильтрах невысока и составляет 0,0014 - 0,002 м/с. Для выделения из сточных вод механических загрязнений с размерами частиц менее 0,01 мм применяют микрофильтры, в которых фильтрующий элемент изготавливают из одного или нескольких слоев металлических сеток с размерами ячейки (2-4)-105 м или из натуральных или искусственных тканей. Для очистки сточных вод машиностроительных предприятий применяют барабанные или пластинчатые конструкции микрофильтров.

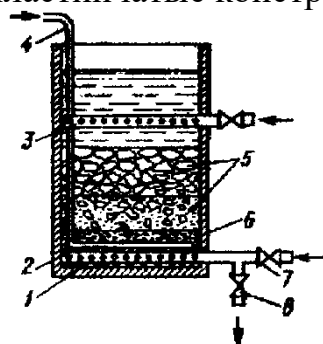


Рис. 1.4. Схема каркасно-насыпного фильтра

На рис. 1.4 представлена схема каркасно-насыпного фильтра. Очищаемая сточная вода поступает по коллектору 3 и через отверстия в нем равномерно распределяется по сечению фильтра. Нисходящий поток сточной воды проходит через слой гравия 5 и песка 6, через перфорированное днище 2, установленное на поддерживающем слое гравия 1 и через трубопровод 8 отводится из фильтра. Регенерацию фильтра осуществляют продувкой сжатого воздуха, подаваемого в фильтр по трубопроводу 4, с последующей обратной промывкой водой через вентиль 7.

1.2. Биологический методы очистки сточных вод

После этапа механической фильтрации (удаления нерастворимых частиц) сточные воды попадают на биологическую очистку. Принцип

основан на способности некоторых микроорганизмов расщеплять органические соединения до простых веществ – воды, углекислого газа, метана, сероводорода. Органика является источником энергии для бактерий и простейших. Сточные воды включают в себя нитраты, аммиак, аминокислоты – они содержат азот, который обеспечивает жизнедеятельность микроорганизмов. Чем больше в сточных водах этих веществ, тем интенсивнее размножение микроорганизмов и эффективнее очистка.

Выделяют две большие группы методов биоочистки:

-Естественные. Для улучшения качества сточных вод используются природные процессы, протекающие в воде, почве, растительных экосистемах. Загрязнения удерживаются, минерализуются, трансформируются или переносятся. Естественные экосистемы используются для доочистки сточных вод перед их спуском в водоемы.

-Искусственные методы. Для их реализации используются сооружения, созданные человеком. В них помещаются аэробные или анаэробные микроорганизмы и обеспечиваются благоприятные условия для переработки загрязнений.

Биологическая очистка сточной воды в промышленных условиях избавляет от 98% загрязнений. Справка. Септики перерабатывают только 45-50% органики. Чтобы поддерживать процесс, нужно все время вносить активные микроорганизмы.

Биологический метод помогает переработать такие загрязняющие вещества и их соединения: аммонийный азот; легкоокисляющиеся органические соединения: бензол, глюкозу, ацетон, этанол и т.д.; калий; фосфор; кальций; белки, жиры, углеводы.

Преимущества биологической очистки: малое количество отходов, системы для биологической очистки работают автономно, стоимость реализации биотехнологий ниже, чем на другие способы очистки воды, естественные реакции создают экологически чистый цикл природного использования.

Для улучшения качества сточных вод используется два метода: аэробная и анаэробная биологическая очистка. В первом случае процесс протекает с помощью кислорода, во втором – без него.

Классическая схема аэробной очистки выглядит так:

Сточные воды попадают в анаэробную зону аэротенка-вторичного отстойника. Там они перемешиваются с активным илом. В установку нагнетается кислород, при необходимости вводятся компоненты, способствующие переработке. Происходит два биохимических процесса: окисление органического углерода и нитрификация. Осуществляется один или несколько рециклов: воды снова перемешиваются с активным илом и обогащаются кислородом. Переработанные стоки отстаиваются – происходит гравитационное разделение иловой смеси. Избыточный активный ил поступает на переработку, а часть массы возвращается на исходную позицию. Очищенные воды поступают на доочистку или спускаются в

водоем. Этапы очистки отличаются в разных системах, но суть метода остается той же.

Этот метод применяется, когда в сточных водах большое количество органических загрязнений, твердых осадков и активного ила. В ходе метаногенеза (так называется процесс анаэробной очистки) загрязнения конвертируются в биогаз, который состоит из метана и углекислого газа.

Технологическая схема классической анаэробной очистки: сточные воды попадают в отсек, где происходит метановое брожение. После взаимодействия анаэробных бактерий с загрязнениями образуется метан, углекислый газ, сероводород. Эти газы утилизируются. Сброженный осадок поступает в следующий отсек, где происходит обезвоживание ила в центрифуге. Затем очищенная вода спускается в водоем. Обезвоженный ил поступает в барабанную сушилку. Выделившуюся воду утилизируют. Сухой ил обеззараживается и становится материалом для компостирования.

Для искусственной аэробной очистки чаще всего используют такие сооружения:

- Аэротенк – резервуар, в котором стоки смешиваются с активным илом. Часто он разделен на несколько камер, где происходят разные этапы биоочистки. Резервуар оснащен аэратором – системой подачи кислорода.

- Биотенк – разновидность аэротенков, в которой специальная загрузка позволяет увеличить общее количество биомассы.

- Биофильтр – бассейн с дренажем на днище. Очистка стоков происходит путем минерализации. Биоценоз – пленка аэробных микроорганизмов.

- Станция биологической очистки – локальное сооружение, которое устанавливается там, где нет возможности провести общесплавную канализацию. Очищенные стоки спускаются в грунт, а отходы используются в качестве удобрения. Станции перерабатывают объем сточных вод от 5 до 1000 куб. м. ЛОС очищают от 98-99% загрязнений.

Процессы анаэробной очистки зачастую проходят в таких традиционных сооружениях:

- Анаэробная лагуна – один или несколько отстойников, где стоки находятся от 1 недели до 2 месяцев. Газы выделяются в атмосферу.

- Септитенк – отстойник закрытого типа, в котором осадок из образовавшихся твердых частиц перегнивает и расщепляется анаэробами.

- Метантенк – конструкция, внешне похожая на септитенк. Но в резервуаре происходит перемешивание, обогрев и контроль основных параметров.

В некоторых случаях после биологического этапа воды должны пройти доочистку. Это нужно, когда:

- Их планируют спускать в маломощные водоемы, особенно предназначенные для рыбного хозяйства;

- Их будут использовать в промышленности или в бытовых целях.

Распространенный метод доочистки – отстаивание в биопрудах с естественной и искусственной аэрацией. В таких водоемах создаются

благоприятные условия для массового развития микроорганизмов, которые расщепляют остатки загрязнений и борются с патогенами. Несколько месяцев воды отстаиваются в биопрудах, и после удовлетворительного лабораторного анализа поступают в конечный пункт.

1.3. Биохимический метод очистки сточных вод

Процесс очистки основан на способности определённых микроорганизмов использовать указанные вещества для питания: органические вещества для микроорганизмов являются источником углерода. Микроорганизмы частично разрушают их, превращая в CO_2 , H_2O , нитрат и сульфат-ионы, частично используют для образования собственной биомассы. Процесс биохимической очистки по своей сути – природный, его характер одинаков для процессов, протекающих как в природных водоёмах, так и в очистных сооружениях.

Биологическое окисление осуществляется сообществом микроорганизмов (биоценозом), включающим множество различных бактерий, простейших и более высокоорганизованных организмов (водорослей, грибов), связанных между собой в единый комплекс сложными взаимоотношениями. Это сообщество называют активным илом, он содержит от 10^6 до 10^{14} клеток на 1 г сухой биомассы (около 3 г микроорганизмов на 1 литр сточной воды).

Известны аэробные и анаэробные методы биохимической очистки сточных вод.

Аэробный процесс. Для его осуществления используются группы микроорганизмов, для жизнедеятельности которых необходимы постоянный приток кислорода (2 мг O_2 /л), температура 20 – 30 °С, pH среды 6,5 – 7,5, соотношение биогенных элементов БПК : N : P не более 100 : 5 : 1. Ограничением метода является содержание токсичных веществ не выше: тетраэтилсвинца 0,001 мг/л, соединений бериллия, титана, Cr^{6+} и оксида углерода 0,01 мг/л, соединений висмута, ванадия, кадмия и никеля 0,1 мг/л, сульфата меди 0,2 мг/л, цианистого калия 2 мг/л.

Аэробная очистка сточных вод проводится в специальных сооружениях: биологических прудах, аэротенках, окситенках, биофильтрах.

Сооружения для искусственной биологической очистки по признаку расположения в них активной биомассы можно разделить на две группы:

- активная биомасса находится в обрабатываемой сточной воде во взвешенном состоянии (аэротенки, окситенки);
- активная биомасса закрепляется на неподвижном материале, а сточная вода обтекает его тонким плёночным слоем (биофильтры).

Анаэробный процесс. Здесь происходит биологическое окисление органических веществ в отсутствие молекулярного кислорода за счёт химически связанного кислорода в таких соединениях, как SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , CO_3^{2-} . Процесс протекает в две стадии: на первой образуются органические кислоты, на второй стадии образовавшиеся кислоты преобразуются в метан и CO_2 : органические соединения + O_2 + кислотообразующие бактерии →

летучие кислоты + CH_4 + CO_2 + H_2 + новые клетки + другие продукты $\rightarrow$ летучие кислоты + O_2 + метанобразующие бактерии $\rightarrow$ CH_4 + CO_2 + новые клетки.

Основной процесс проводится в метантенках. В них перерабатывается активный ил и концентрированные сточные воды (обычно БПК > 5000), содержащие органические вещества, которые разрушаются анаэробными бактериями в ходе метанового брожения. Указанное брожение в естественных условиях протекает на болотах.

Основная цель анаэробной очистки – уменьшение объёма активного ила или количества органических веществ в сточной воде, получение метана (до 0,35 м³ при нормальных условиях на 1 кг ХПК) и хорошо фильтрующего и без запаха осадка. Осадки после фильтрации могут быть использованы в качестве удобрения в растениеводстве (если содержание в них тяжёлых металлов ниже ПДК). Получаемый в метантенках газ содержит до 75 % (об.) метана (остальное – CO_2 и воздух) и используется в качестве горючего. В то же время анаэробный процесс весьма чувствителен к залповым выбросам, что приводит к выходу из «строя» микрофлоры. На её восстановление может быть потрачено от 1 до 6 месяцев. В связи с образованием метана этот процесс взрыво- и пожароопасен.

Биологическая очистка загрязнённых вод может быть, помимо биологических прудов, осуществлена в естественных условиях, для чего используют специально подготовленные участки земли (поля орошения и фильтрации). В этих случаях для освобождения сточных вод от загрязняющих примесей используется очищающая способность самой почвы. Фильтруясь сквозь слой почвы, вода оставляет в ней взвешенные, коллоидные и растворённые примеси. Микроорганизмы почвы окисляют органические загрязняющие вещества, превращая их в простейшие минеральные соединения – диоксид углерода, воду, соли.

1.4. Химический метод очистки сточных вод

Химические методы очистки сточных вод применяют для удаления растворимых веществ в замкнутых системах водоснабжения, при этом концентрация органических загрязняющих веществ может достигать 30 000 мг/л, неорганических — всего 500 мг/л. Данный вид методов основан на стандартных химических реакциях: нейтрализации, окислении (сюда включают также электрохимическую обработку) и восстановлении.

1.5 Физико-химический метод очистки сточных вод

Физико-химический метод очистки сточных вод основан на сочетании физических процессов и действия химических реагентов. Позволяет удалять несколько видов загрязнений: твёрдые частицы, взвешенные вещества, масла, жиры, растворённые органические соединения, токсичные ионы тяжёлых металлов, ПАВ и другие соединения, которые плохо разрушаются биологическим способом. vodopolis.ru

Методы применяются на промышленных объектах, предприятиях ЖКХ, в сельском хозяйстве, на энергетических установках. Часто используются в комбинированных системах, где физико-химические методы работают в связке с биологическими и механическими способами. vodopolis.ru

Виды

Некоторые физико-химические методы очистки сточных вод:

Коагуляция — применение химических реагентов (коагулянтов) для агрегации взвешенных частиц в более крупные хлопья. Чаще всего используют соли алюминия или железа.

Флокуляция — добавление флокулянтов, которые ускоряют образование плотных структур. В результате примеси легко удаляются отстаиванием или фильтрацией.

Флотация — подача воздуха через специальные устройства, множество пузырьков воздуха прикрепляются к примесям, которые поднимаются на поверхность. Позволяет удалять жиры, масла, нефтепродукты, тонкодисперсные примеси.

Экстракция — применение органических растворителей, загрязняющие вещества переходят в другой слой, затем отделяются. Метод эффективен для удаления специфических органических соединений, нефтепродуктов.

Концентрирование — методы помогают увеличить концентрации загрязняющих веществ для последующего удаления. Применяют выпаривание, мембранные технологии, фильтрацию.

Принцип работы

Загрязняющие вещества переводятся в форму, удобную для отделения. Они выпадают в осадок, отделяются от гидрофильных фаз, концентрируются, адсорбируются или образуют хлопья.

Например, при коагуляции под воздействием коагулянта мелкодисперсные частицы укрупняются и агрегируются. Эффективность удаления примесей коагуляцией максимальна для частиц размерами 1–100 мкм.

2. Схемы очистки сточных вод от медных примесей

Для очистки сточных вод от медных примесей используют разные схемы, которые могут включать реагентный метод, фильтрацию, электрофлотацию или ионообменную очистку. Выбор метода зависит от концентрации меди в исходной воде, объёма воды и требуемой степени очистки.

Реагентный метод

Основан на химическом преобразовании растворимых соединений меди в нерастворимые формы с последующим осаждением. Некоторые особенности схемы:

Применяют гидроксиды кальция и натрия, повышающие pH раствора до 9–11 и способствующие образованию гидроксида меди, а также сульфиды натрия для получения практически нерастворимого сульфида меди.

Для повышения эффективности используют коагулянты и флокулянты, ускоряющие формирование и осаждение хлопьев.

Осаждение образующихся в процессе реагентной обработки нерастворимых соединений осуществляют в отстойниках.

Недостатки метода: образование значительного количества осадков, требующих утилизации, и частичное удаление полезных минеральных веществ из воды.

Фильтрация

В отдельных случаях перед сбросом очищенных сточных вод в канализацию или при последующем их обессоливании методами ионного обмена или электродиализа требуется снижение концентрации взвешенных веществ в очищенной воде. Осветление стока в этом случае осуществляют путём фильтрования через фильтры с песчаной или двухслойной загрузкой (песок, керамзит), а также через фильтры с плавающей загрузкой.

Электрофлотация

Метод основан на образовании пузырьков газа (водорода и кислорода) при электролизе воды. Эти пузырьки прикрепляются к мелким взвешенным частицам в воде и выносят их на поверхность, где они накапливаются в виде слоя пены. Затем эта пена удаляется с помощью системы скребков.

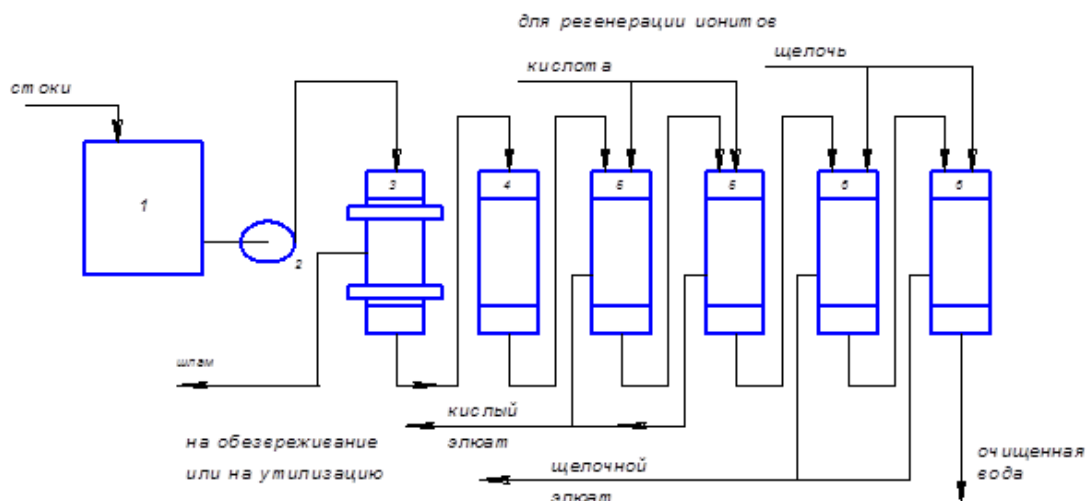
Достоинства метода: высокая эффективность очистки, возможность автоматизации процесса, создание локальных систем требуемого объёма и отсутствие вторичного загрязнения воды.

Недостаток: в большинстве случаев метод эффективен только при работе с отработанными растворами, содержащими высокие концентрации тяжёлых металлов (более 1 г/л), и не подходит для очистки промывных сточных вод, в которых концентрации тяжёлых металлов 0,01–0,02 г/л.

Метод электрофлотации



На рисунке изображен электрофлотационный модуль глубокой очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Предназначен для глубокой очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов с последующим сбросом очищенной воды в систему канализации или возвратом на повторное использование. Работа модуля основана на электрохимических процессах выделения водорода и кислорода за счёт электролиза воды и флотационного эффекта. Электрофлотационный модуль состоит из электрофлотатора с нерастворимыми электродами, системы сбора флотошлама, источника постоянного тока, вспомогательных ёмкостей для реагента, сточной и очищенной воды, насосов.



3. Технологический расчет очистки сточных вод от медных примесей

Технологические расчёты производятся для решёток, песколовок, отстойников и сооружений биохимической очистки сточных вод.

В результате этих расчетов определяется:

- количество сооружений (с учетом резервных);
- основные габаритные и технологические размеры сооружений.

Результаты расчетов иллюстрируются расчетными схемами, на которых указываются основные размеры сооружения и его элементов.

Расчет решеток

Расход сточных вод, приходящийся на одну решетку, м³/с

$$q = \frac{Q}{N_1} = \frac{1,7}{2} = 0,85$$

где: Q - максимальный суммарный расход сточных вод, Q = 6103,34 м³/ч = 1,70 м³/с;

N₁ - число рабочих решеток, N₁ = 2 ед.

Общее число прозоров в решетках, ед.

$$n = \frac{q}{bh_1v_p} k_3 = \frac{0,85}{0,019 \cdot 1 \cdot 1} \cdot 1,05 = 46,97.$$

Здесь: b - ширина прозоров решетки, b = 19 мм = 0,019 м;

h₁ - глубина воды перед решеткой, h₁ = 1 м;

v_p - средняя скорость движения воды в прозорах решетки, v_p = 1 м/с;

k₃ - коэффициент, учитывающий стеснение прозоров решетки граблями и задержанными примесями, k₃ = 1,05.

Принимаем n = 47 ед.

Ширина решетки, м

где s - толщина стержней решетки, $s = 10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}$.

Принимаем $B_p = 1,35 \text{ м}$.

Скорость движения воды в камере решетки, м/с

$$v = \frac{q}{B_p h_1} = \frac{0,85}{1,35 \cdot 1} = 0,63 > 0,4.$$

Ширина подводящего и отводящего каналов, м

$$B_k = \frac{q}{h_1 v_k} = \frac{0,85}{1 \cdot 0,8} = 1,06,$$

где v_k - скорость движения сточных вод в канале, $v_k = 0,8 \text{ м/с}$.

Принимаем $B_k = 1,1 \text{ м}$

Длины участков расширения и сужения, м

$$l_k = \frac{B_p - B_k}{2 \cdot \operatorname{tg} \phi} = \frac{1,35 - 1,1}{2 \cdot \operatorname{tg} 15^\circ} = 0,47.$$

Здесь ϕ - угол раскрытия канала (сужения камеры решетки), $\phi = 15^\circ$.

Принимаем $l_k = 0,5 \text{ м}$

Средняя длина камеры перед решеткой, м

где k_1 - безразмерный коэффициент, $k_1 = 1,5$.

Принимаем $l_1 = 2,1 \text{ м}$

Средняя длина камеры за решеткой, м

где k_2 - безразмерный коэффициент, $k_2 = 0,8$.

Принимаем $l_2 = 1,1 \text{ м}$

Длина камеры решетки, м

Полная длина камеры решетки, м

Высота расположения пола над дном камеры решетки, м

Здесь, h_2 - высота расположения пола над расчетным уровнем сточных вод в канале, $h_2 = 1 \text{ м}$.

Необходимая длина стержней в решетке, м

где β - угол наклона решетки к горизонту, $\beta = 60^\circ$.

Коэффициент местного сопротивления решетки

$$\xi = \beta \left(\frac{s}{b} \right)^{\frac{4}{3}} \sin \alpha = 2,42 \cdot \left(\frac{0,01}{0,019} \right)^{\frac{4}{3}} \cdot \sin 60^\circ = 0,89,$$

где β - коэффициент зависящий от формы стержней решетки, для прямоугольных стержней $\beta = 2,42$.

Потери напора в решетках, м

$$h = \xi \frac{v^2}{2g} P = 0,89 \cdot \frac{0,63^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 3 = 0,05.$$

Здесь: g - ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

P - коэффициент, учитывающий увеличение потерь напора, вследствие засорения решетки, $P = 3$.

Приведенное число жителей, чел.

$$N_{\text{пр}} = \frac{1000 Q_{\text{ср}}}{N_{\text{в/о}}} = \frac{1000 \cdot 81418}{250} = 325672,$$

где $N_{\text{в/о}}$ - усредненная норма водоотведения, $N_{\text{в/о}} = 250 \text{ л/(чел} \cdot \text{сут)}$.

Объем задерживаемых решетками примесей, м³/сут

$$V_{\text{гр}} = \frac{N_{\text{гр}} V_{\text{н}}}{1000 \cdot 365} = \frac{325672 \cdot 8}{1000 \cdot 365} = 7,14,$$

где $V_{\text{н}}$ - удельное количество отбросов, $V_{\text{н}} = 8$ л/(чел•год).

Масса задерживаемых примесей, т/сут

$$M_{\text{гр}} = \frac{V_{\text{гр}} \rho}{1000} = \frac{7,14 \cdot 750}{1000} = 5,35.$$

Здесь: ρ - средняя плотность задерживаемых примесей, $\rho = 750$ кг/м³.

Общее количество решеток, ед.

где N_2 - число резервных решеток, $N_2 = 1$ ед.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоговая часть курсовой работы содержит синтез основных положений и результатов, полученных в процессе исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

В настоящем разделе представлен полный список использованной литературы, на которую опирался автор при выполнении курсового проекта

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»
ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра Строительство дорог и инженерной экологии

Дисциплина Процессы и аппараты защиты воды и воздуха

КУРСОВАЯ РАБОТА

Тема: Методы очистки сточных вод от медных примесей

Выполнил: (ФИО
студента)

Проверил(а): _____

Чебоксары, 20__ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ
КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. Характеристика способов очистки сточных вод

1.1. Механический

1.2. Биологический

1.3. Биохимический

1.4. Химический

1.5. Физико-химический

2. Схемы очистки сточных вод от медных примесей

3. Технологический расчет очистки сточных вод от медных примесей

сточных вод

Заключение

Список литературы

Приложения

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Байрамова, Айтен Интенсификация флотационной очистки сточных вод / Айтен Байрамова. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2016. - 132 с.
2. Благоразумова, А. М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод. Учебное пособие / А.М. Благоразумова. - М.: Лань, 2020. - 208 с.
3. Благоразумова, А.М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод / А.М. Благоразумова. - М.: Лань, 2020. - 493 с.
4. Ветошкин, Александр Григорьевич Инженерная защита гидросферы от сбросов сточных вод. Учебное пособие / Ветошкин Александр Григорьевич. - М.: Инфра-Инженерия, 2016. - 997 с.
5. Воронов, Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю.В. Воронов. - М.: АСВ, 2016. - 203 с.
6. Воронов, Юрий Викторович Водоотведение и очистка сточных вод. Учебное издание. Гриф МО РФ / Воронов Юрий Викторович. - М.: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2016. - 734 с.
7. Гавриленков, А.М. Оборудование для очистки воздушных выбросов и сточных вод пищевых предприятий. Учебное пособие. Гриф УМО МО РФ / А.М. Гавриленков. - М.: Гиорд, 2018. - 684 с.
8. Дзювина, Оксана Коагуляционное обесцвечивание лигнинсодержащих сточных вод / Оксана Дзювина. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2020. - 208 с.
9. Динар, Фазуллин Методы очистки и утилизации водоземлемых сточных вод / Фазуллин Динар , Геннадий Маврин und Рубен Мелконян. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2020. - 152 с.
10. Карякин, А. В. Методы оптической спектроскопии и люминесценции в анализе природных и сточных вод / А.В. Карякин, И.Ф. Грибовская. - М.: Химия, 2021. - 304 с.
11. Кира, Владимировна Калиниченко Биоминеральные удобрения на основе илов муниципальных сточных вод / Кира Владимировна Калиниченко, Галина Николаевна Никовская und Зоя Рудольфовна Ульберг. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2021. - 401 с.
12. Латыпова, Марина und Севостьянова Ольга Исследование процессов биохимической очистки токсичных сточных вод / Латыпова Марина und Севостьянова Ольга. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2018. - 227 с.
13. Левадный, В. С. Дренаж и очистка сточных вод: монография / В.С. Левадный. - М.: ИЗДАТЕЛЬСТВО АДЕЛАНТ, 2021. - 345 с.
14. Левин, Г.М. Защита водоемов от загрязнений сточными водами предприятий черной металлургии. / Г.М. Левин, Г.С. Пантелют, И.А. Вайнштейн. - Москва: СПб. [и др.] : Питер, 2020. - 193 с.
15. Луканин, А.В. Инженерная экология: процессы и аппараты очистки сточных вод и переработки осадков. Учебное пособие / А.В. Луканин. - М.: ИНФРА-М, 2018. - 959 с.
16. Лурье, Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. - М.: ЁЁ Медиа, 2017. - 171 с.
17. Маннанова, Гринада Васфиевна Методы Очистки Промышленных Сточных Вод / Маннанова Гринада Васфиевна. - Москва: РГГУ, 2019. - 815 с.
18. Мелкерт, А.И. К вопросу о загрязнении рек промышленными и городскими сточными водами / А.И. Мелкерт. - Москва: Высшая школа, 2019. - 822 с.
19. Насос погружной дренажный для сточных вод Elpumps BTSZ400. - Москва: ИЛ, 2020. - 632 с.

20. Насос погружной дренажный для сточных вод Elpumps BTSZ600 Special. - Москва: Огни, 2018. - 582 с.
21. Насос погружной дренажный для сточных вод Elpumps Neptun Inox. - Москва: Машиностроение, 2021. - 685 с.
22. Насос погружной дренажный для сточных вод Elpumps Neptun. - Москва: СПб. [и др.] : Питер, 2017. - 601 с.
23. Никита, Корзун Биотехнологии очистки сточных вод городов предприятий / Корзун Никита , Эльвира Василевич und Анна Комарова. - М.: Palmarium Academic Publishing, 2018. - 252 с.
24. Никифоров, Леонид Локальная очистка жиросодержащих сточных вод / Леонид Никифоров. - М.: Palmarium Academic Publishing, 2020. - 172 с.
25. Оксана, Евгеньевна Безбородова Комплексная утилизация сточных вод предприятий / Оксана Евгеньевна Безбородова. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2019. - 124 с.
26. Савельев, Сергей Интенсификация очистки сточных вод / Сергей Савельев. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2016. - 144 с.
27. Самойлов, В. С. Дренаж и очистка сточных вод / В.С. Самойлов, В.С. Левадный. - М.: Аделант, 2017. - 288 с.
28. Степанов, С.В. Биологическая очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов / С.В. Степанов. - М.: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2017. - 561 с.
29. Степанова, Светлана Обезвреживание сточных вод производства полисульфидных каучуков / Светлана Степанова. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2016. - 140 с.
30. Туровский, И. С. Обработка осадков сточных вод / И.С. Туровский. - М.: Стройиздат, 2017. - 224 с.
31. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 N 644 (ред. от 28.11.2023) "Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации".

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ КУРСОВЫХ РАБОТ

1. Охрана атмосферного воздуха при строительстве и эксплуатации автозаправочных станций.
2. Охрана атмосферного воздуха при строительстве и эксплуатации автостоянок.
3. Охрана атмосферного воздуха при строительстве автомобильных дорог.
4. Охрана атмосферного воздуха при эксплуатации автомобильных дорог.
5. Охрана атмосферного воздуха при строительстве и эксплуатации
6. Охрана поверхностных и подземных вод при строительстве и эксплуатации автозаправочных станций.
7. Охрана поверхностных и подземных вод при строительстве и эксплуатации автостоянок.
8. Охрана поверхностных и подземных вод при строительстве и эксплуатации
9. Охрана окружающей среды при обращении с отходами
10. Охрана растительности и животного мира при строительстве и эксплуатации
11. Процессы и аппараты защиты водных систем. очистные сооружения города.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

ГРИГОРЬЕВ СТАНИСЛАВ ГЕОРГИЕВИЧ
ГРИГОРЬЕВА СТЕЛЛА ГЕОРГИЕВНА

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ ВОДЫ И ВОЗДУХА

Методические указания к выполнению курсового проекта

Подписано в печать 03.03.2026. Формат 60х90/16. Бумага офсетная
Печать оперативная. Усл.печ.л. 5,4. Тираж 100 экз.