

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ Т.А. Кулагина
подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2018 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Повышение качества очистки нефтесодержащих сточных вод ТЭК»

20.04.01 «Техносферная безопасность»

20.04.01.01 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

Научный руководитель _____ к.т.н., доцент И.В. Андруняк
подпись, дата

Выпускник _____ Я.Г. Турубанова
подпись, дата

Рецензент _____ к.т.н., доцент О.Г. Дубровская
подпись, дата

Красноярск 2018

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Повышение качества очистки нефтесодержащих сточных вод ТЭК» содержит 108 страниц текстового документа, 5 приложений, 31 использованных источников, 6 листов графического материала.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, СОРБЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД, НЕФТЕСОДЕРЖАЩИЕ СТОКИ, СТОЧНЫЕ ВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, ОБОРОТНЫЕ СИСТЕМЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ.

Объект исследования – оборудование для обработки и очистки сточных вод.

Предмет исследования - технологические процессы обработки и корректировки свойств воды.

Цель магистерской диссертации:

-оценка эффективности существующей системы очистки сточных вод предприятий теплоэнергетического комплекса;

- усовершенствование методов, технологических схем и устройств для повышения эффективности работы систем очистки сточных вод тепловых электростанций с помощью сорбционно-фильтрационного блока;

- снижение экологического риска от сброса сточных вод ТЭК.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Современное состояние и анализ методов кондиционирования сточных вод энергетических систем и комплексов	9
1.1 Классификация производственных сточных вод	9
1.2 Методы и сооружения для очистки производственных сточных вод	11
1.2.1 Сорбция.....	35
2 Объекты и методы исследования.....	44
3 Результаты экспериментальных исследований и расчет рекомендуемого оборудования	51
3.1 Расчет контактной камеры.....	51
3.2 Расчет осветлительных фильтров.....	52
3.3 Расчет сорбционных фильтров для очистки многокомпонентной воды.....	55
3.4 Обработка результатов измерений и основные выводы.....	58
4 Сравнение эффективности технологически схем кондиционирования сточных вод стандартными фильтрами и предлагаемым сорбционно-фильтрационным блоком.....	61
5 Оценка достоверности полученных результатов.....	69
6 Техничко-экономическое обоснование применения рекомендуемой технологии.....	71
Заключение.....	85
Список использованных источников.....	86
Приложения.....	89

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы обусловлена необходимостью совершенствования систем очистки технических и сточных вод тепловых электрических станций (ТЭС) на базе новых технологий с целью снижения экономических затрат, а также повышения уровня надежности и безопасности существующих энергетических систем и комплексов.

Объект исследования – оборудование для обработки и кондиционирования сточных вод тепловых электрических объектов.

Предмет исследования - технологические процессы обработки и корректировки свойств воды.

Цель диссертационной работы состоит в усовершенствовании используемых методов, технологических схем и устройств для повышения эффективности работы систем кондиционирования сточных вод тепловых электростанций с помощью сорбционно-фильтрационного блока.

В соответствии с поставленной целью были решены задачи:

1. Произведена оценка эффективности существующей системы очистки сточных вод предприятий ТЭК;
2. Были усовершенствованы методы, технологические схемы и устройства для повышения эффективности работы систем очистки сточных вод тепловых электростанций с помощью сорбционно-фильтрационного блока;
3. Достигнуто снижение экологического риска от сброса сточных вод ТЭК.

В настоящее время кондиционирование сточных вод в большинстве своём осуществляется на морально и физически изношенном оборудовании с использованием традиционных технологий и методов механической и физико-химической обработки. Все большее значение приобретают задачи комплексного и рационального использования водных ресурсов, повышения качества и эффективности очистки и обеззараживания постоянно

возрастающих объемов сточных вод, применения инновационного оборудования, современных материалов, технологий и механизмов.

Одним из вариантов повышения эффективного водопользования является переход на оборотное водоснабжение. При сравнении современных способов очистки и обеззараживания (озонирование, ультрафильтрация, обработка ультрафиолетовым излучением, электро-химическая обработка и др.) были выявлены положительные стороны данных методов и их специфические недостатки, что заставляет искать новые пути развития ресурсо- и энергосберегающих методов и технологий очистки сточных вод.

Возникающие проблемы энергоресурсосбережения и экобезопасности при очистке больших объемов воды тепловых электростанций энергетических комплексов могут быть решены с использованием термодинамических эффектов кавитации – кавитационной технологии. Однако вопросы изменения физико-химических свойств воды (реологических, структурных и др.) и их влияния (на макроуровне) на ход и результат технологических процессов очистки промышленных стоков на современном этапе изучены недостаточно.

В связи с этим определена важность и актуальность данной работы, связанной с определением устойчивых режимов обработки воды в фильтрационных установках сорбционного типа с загрузкой органико-минеральным сорбентом Унисорб-Био.

Для выполнения поставленных задач использовались актуальные и современные методы исследования на основе физико-химических исследованиях веществ: потенциометрия, хроматография, ИК-спектрометрия, стандартные методики кинетических измерений, статистические методы обработки результатов на ПО.

1 Современное состояние и анализ методов кондиционирования сточных вод энергетических объектов

Тысячелетиями люди использовали реки, озера, моря для сброса в них загрязненных сточных вод, и практически повсеместно до начала XX в. это не вызывало особого беспокойства. Солнце, воздух и растворенный в воде кислород обеспечивали самоочищение водных объектов. Всего несколько десятилетий назад загрязненные воды ниже какого-либо города через 20-30 км оказывались совершенно чистыми и забирались водозаборами другого, расположенного ниже по течению населенного пункта. Однако рост городов, бурное развитие промышленности, энергетики, водного транспорта, увеличение добычи полезных ископаемых, площадей орошаемых земель вели с каждым годом ко все большему загрязнению вод. Загрязненными оказались не только ручьи, небольшие реки и озера, но и моря и даже океаны.

1.1 Классификация производственных сточных вод

На территории промышленных предприятий образуются три категории сточных вод: производственные, бытовые и атмосферные.

Производственные сточные воды – воды, образующиеся в технологическом процессе или при добыче и обогащении полезных ископаемых, а также воды от охлаждения продуктов и агрегатов.

Производственные сточные воды делятся на: условно чистые (охлаждающая вода, незагрязняющаяся в процессе производства) и загрязненные.

Бытовые сточные воды (БСВ) – это сточные воды от санитарных узлов, душевых, и др. бытовых объектов.

Атмосферные сточные воды (АСВ) – это дождевые и талые воды.

При сильном загрязнении территории они могут быть загрязнены специфическими продуктами производства, взвешенными веществами минерального и органического происхождения, а также нефтепродуктами.

Производственные сточные воды делятся на две основные категории: загрязненные и незагрязненные (условно чистые).

Загрязненные производственные сточные воды содержат различные примеси и подразделяются на три группы:

1) загрязненные преимущественно минеральными примесями (предприятия металлургической, машиностроительной, рудо – и угледобывающей промышленности; заводы по производству минеральных удобрений, кислот, строительных изделий и материалов и др.);

2) загрязненные преимущественно органическими примесями (предприятия мясной, рыбной, молочной, пищевой, целлюлозно-бумажной, химической, микробиологической промышленности; заводы по производству пластмасс, каучука и др.);

3) загрязненные минеральными и органическими примесями (предприятия нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, текстильной, легкой, фармацевтической промышленности; заводы по производству консервов, сахара, продуктов органического синтеза, бумаги, витаминов и др.)

По концентрации загрязняющих веществ, производственные сточные воды разделяются на четыре группы: $1 \div 500$, $500 \div 5000$, $5000 \div 30000$, более 30000 мг/л.

Производственные сточные воды могут различаться по физическим свойствам загрязняющих их органических продуктов (например, по температуре кипения: менее 120 , $120 - 250$ и более 250°C).

По степени агрессивности эти воды разделяют на слабоагрессивные (слабо-кислые с $\text{pH} = 6 \div 6,5$ и слабощелочные с $\text{pH} = 8 \div 9$), сильноагрессивные (сильнокислые с $\text{pH} < 6$ и сильнощелочные с $\text{pH} > 9$) и

неагрессивные ($\text{pH} = 6,5 \div 8$).

Кроме того, загрязненные производственные сточные воды классифицируются по содержанию токсичных и опасных в эпидемиологическом отношении веществ и примесей, а также по наличию концентрированных отходов производства, не подлежащих спуску в водоотводящую сеть.

Незагрязненные производственные сточные воды поступают от холодильников, компрессорных, теплообменных аппаратов.

Состав сточных вод зависит так же от технологического процесса, применяемых компонентов промежуточных изделий и продуктов, выпускаемой продукции, состава исходной свежей воды, местных условий и др. [1]

1.2 Методы и сооружения для очистки производственных сточных вод

Для очистки бытовых и производственных сточных вод используют следующие методы:

- механические;
- химические;
- физико-химические;
- биологические.

Метод очистки и состав очистных сооружений выбирают в зависимости от требуемой степени очистки, состава загрязнений, пропускной способности очистной станции, грунтовых условий и мощности водного объекта с соответствующим технико-экономическим обоснованием.

В настоящее время требования к степени очистки сточных вод повышаются. В связи с этим их подвергают дополнительной более глубокой очистке (доочистке). В процессе очистки предусматривают также обработку осадков сточных вод и обеззараживание сточных вод перед сбросом в водоем.

Механическая очистка

Механическая очистка сточных вод применяется, как правило, в качестве предварительной, то есть предшествует другим методам очистки. Назначение механической очистки заключается в подготовке производственных сточных вод при необходимости к биологическому, физико-химическому или другому методу более глубокой очистки. Она способствует удалению из сточных вод нерастворенных и частично коллоидных минеральных и органических примесей. Механическая очистка обеспечивает выделение из сточных вод до 90 – 95% взвешенных веществ и снижение органических загрязнений (по БПКполн) на 20 – 25%. В ряде случаев механическая очистка является единственным и достаточным способом для извлечения из производственных сточных вод механических загрязнений и подготовки их к повторному использованию в системах оборотного водоснабжения.

Механическую очистку осуществляют способами процеживания, пескоулавливания, отстаивания, центрифугирования, фильтрования.

Усреднители

Усреднители применяют для регулирования состава или расхода сточных вод, поступающих на очистные сооружения. Иногда усреднение осуществляют по двум показателям одновременно. Это позволяет повысить эффективность и надежность работы устройств механической, биологической и физико-химической очистки.

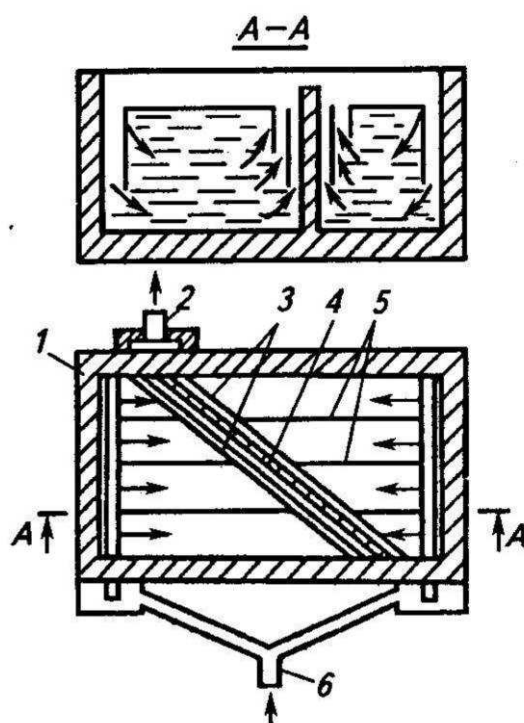
Усреднители выравнивают пиковые расходы и концентрации сточных вод, что позволяет разработать более экономичные очистные сооружения, так как при этом для расчета принимаются усредненные данные. Изменение

концентрации в сточной воде может произойти в результате ее залпового сброса или вследствие циклических колебаний состава вод.

Усреднение проводят в контактных и проточных усреднителях. Контактные усреднители используют при небольших расходах сточной воды, в периодических процессах и для обеспечения высоких степеней выравнивания концентраций.

В большинстве случаев применяют проточные усреднители, которые представляют собой многокоридорные (многоходовые) резервуары или емкости, снабженные перемешивающими устройствами.

Многокоридорные усреднители представляют собой прямоугольные или круглые резервуары, изготовленные из железобетона. Усреднение в них достигается смешением струй сточной воды разной концентрации.

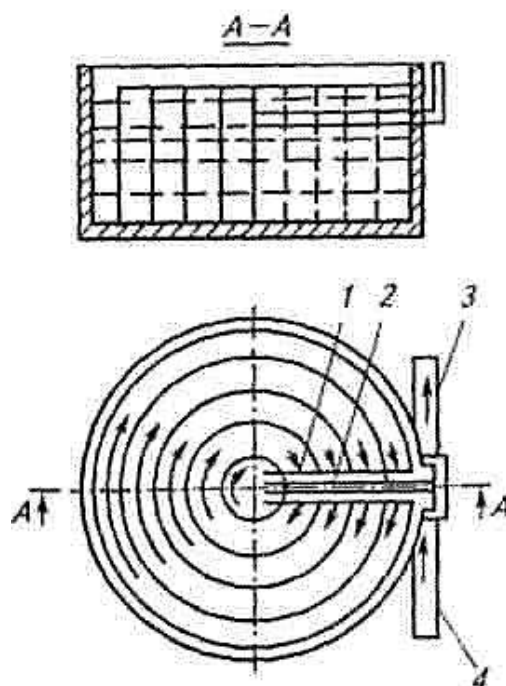


1 – распределительный лоток; 2 – водоотводный канал; 3 – сборные лотки; 4 – глухая перегородка; 5 – вертикальные перегородки; 6 – подвод воды

Рисунок 1 - Схема прямоугольного усреднителя сточных вод.

В отечественной практике применяются усреднители двух типов: с дифференцированием потока сточных вод и с перемешиванием поступающей сточной воды. Схема прямоугольного усреднителя сточных вод представлена на рис. 1.

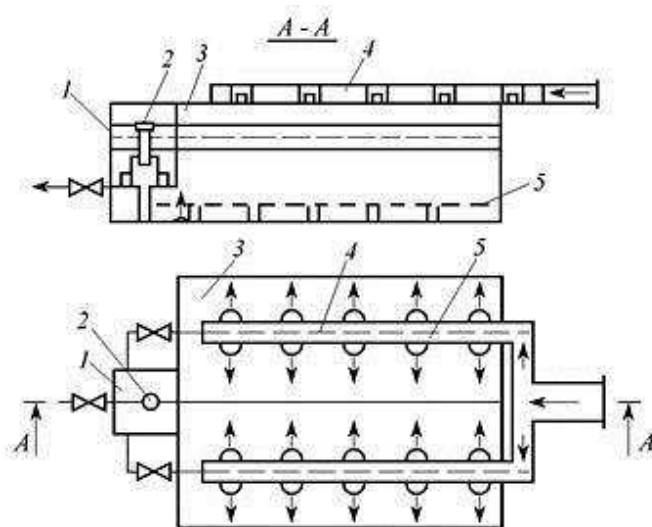
Принцип работы данного усреднителя заключается в следующем. Сточная вода попадает в распределительный лоток 1, из которого по желобам направляется в коридоры усреднителя и собирается затем в диагональные сборные лотки 3, из них сточная вода поступает в водоотводной канал 2. Эффективность усреднения по концентрации достигается за счет разного времени добега отдельных порций сточной воды к сборному лотку. Типовой усреднитель состоит из 4 – 6 параллельно расположенных коридоров. Эти усреднители рекомендуется применять при незначительном количестве взвешенных веществ в поступающих сточных водах и слабой их агрессивности по отношению к бетону. На рис. 2 показана схема круглого усреднителя сточных вод.



1 – распределительный лоток; 2 – перегородка; 3 – сборный лоток;
4 – подвод воды

Рисунок 2 - Круглый усреднитель сточных вод

Усреднение расхода воды достигается также при перекачке ее насосами. В этом случае усреднитель представляет собой простую емкость. Перемешивание жидкости может быть обеспечено и механическими мешалками или барботажем воздуха (рис. 3).



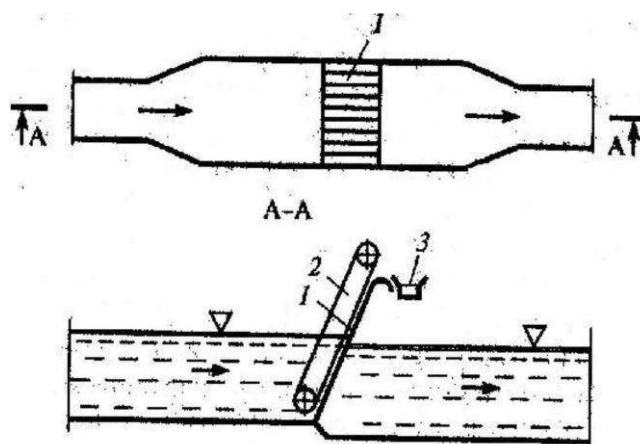
1 – выпускная камера; 2 – выпускное устройство; 3 – корпус;
4 – лоток; 5 – барботер

Рисунок 3 - Усреднитель с перемешивающим устройством

Наиболее удобными в эксплуатации являются усреднители барботажного типа. В них перемешивание производится с помощью сжатого воздуха, для этого устраиваются перфорированные трубчатые барботеры из полиэтилена. При очистке производственных сточных вод также применяются радиальные отстойники - усреднители, в которых совмещены процессы отстаивания и усреднения сточной воды по концентрации загрязнений.

Решетки для процеживания

Для процеживания сточных вод применяют решетки. Они задерживают грубые примеси размером 5 и более мм (крупные, нерастворенные, плавающие загрязнения). Попадание таких отходов в последующие очистные сооружения может привести к засорению труб и каналов, поломке движущихся частей оборудования, т. е. к нарушению нормальной работы. Решетки представляют собой металлическую раму, внутри которой установлен ряд параллельных металлических стержней круглой или чаще прямоугольной формы поперечного сечения (60*10 мм). Стержни устанавливают вертикально или наклонно к потоку под углом 60 – 70° к горизонту. Ширина прозоров решеток (расстояние между стержнями) составляет 16 мм. Схема решетки представлена на рис. 4.



1 – решетка из металлических стержней; 2 – механизм для снятия задержанных решеткой загрязнений; 3 – транспортер для подачи задержанных загрязнений в дробилку

Рисунок 4 - Схема решетки

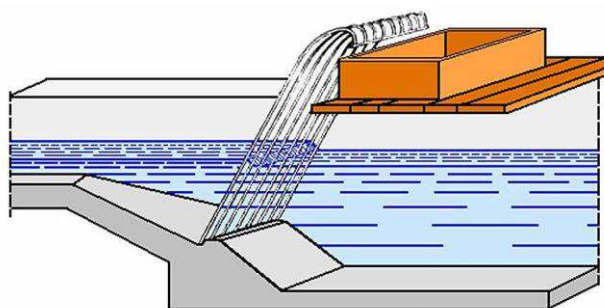
Решетки бывают различных типов:

- подвижные или неподвижные;
- устанавливаемые вертикально или наклонно;
- с ручной или механизированной очисткой от отбросов (механическая очистка производится движущимися граблями, зубцы которых входят в

прозоры, снятые отбросы поступают на конвейер и направляются в дробилку для размельчения);

- решетки-дробилки (комбинированные механизмы), измельчают задерживаемые примеси без извлечения их из сточных вод.

Решетки, требующие ручной очистки, устанавливают в случае, если количество загрязнений не превышает 0,1 м³/сут. При большем количестве загрязнений устанавливают решетки с механическими граблями. Уловленные на решетках загрязнения измельчают в специальных дробилках и возвращают в поток воды перед решетками. Решетки размещают в отдельных помещениях, снабженных грузоподъемными приспособлениями. Решетка с ручным отделением крупных отходов показана на рис. 5.



**Решетка с ручным отделением
крупных отходов**

Рисунок 5 - Решетка с ручным отделением крупных отходов

Для задержания и измельчения загрязнений непосредственно в потоке сточной воды без извлечения их на поверхность применяют решетки-дробилки (типа РД). Решетка-дробилка состоит из щелевого барабана с трепальными гребнями и приводного механизма. Сточная вода поступает на вращающийся барабан. Мелкие фракции загрязнений вместе с потоком воды проходят через щели внутри барабана, а крупные задерживаются в нем и измельчаются. Измельченные отбросы с водой также поступают внутрь барабана и затем выходят из решетки-дробилки. Такая конструкция является компактной, а процесс можно полностью автоматизировать.

Кроме комбинированных решеток-дробилок типа РД промышленность выпускает круглые решетки-дробилки КРД; радиальные – РРД; вертикальные – ВРД.

Сооружения и аппараты для осаждения примесей из сточных вод. Устройства для выделения из сточных вод нерастворимых примесей и под действием гравитационных сил

Работа многочисленных аппаратов, предназначенных для выделения из сточных вод твердых и жидких примесей, основана на гидродинамических закономерностях процесса отстаивания. К таким аппаратам относятся песколовки, первичные и вторичные отстойники, илоуплотнители, нефтеловушки, смоложиромаслоуловители.

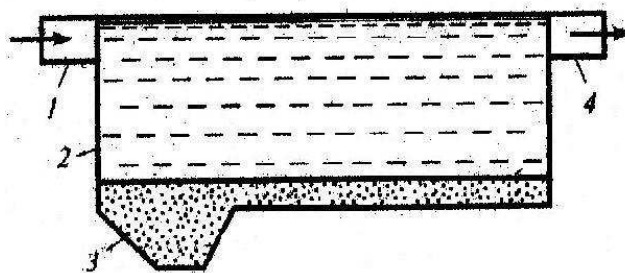
Песколовки

После решеток сточные воды поступают в песколовки. Они предназначены для задерживания минеральных взвесей, главным образом песка крупностью 0,2 – 0,25 мм и более. В результате задерживания песка облегчается эксплуатация последующих сооружений. Легкие частицы органического происхождения должны выноситься из песколовок. Работа песколовок основана на использовании гравитационных сил. Их устанавливают при пропускной способности станции очистки сточных вод более 100 м³/сут. Число отделений песколовок принимают не менее двух, при этом все отделения являются рабочими. Песколовки устраивают из сборных железобетонных унифицированных элементов.

В отечественной практике используются следующие типы песколовок.

А) Горизонтальные песколовки проектируют двух видов: с прямолинейным и круговым движением воды. Схема горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды приведена на рис.6.

Песколовка имеет прямоугольную в плане форму. Для ориентировочных расчетов принимают глубину песколовки $H = 0,25 - 1$ м, соотношение ширины и глубины $B/H = 1: 2$. В расширенной части резервуара под действием силы тяжести происходит осаждение песка. Скорость движения воды в песко-ловке составляет $0,15 - 0,3$ м/с. При скорости более $0,3$ м/с песок не успевает осесть, а при скорости менее $0,15$ м/с начинают оседать органические примеси, что недопустимо. Время пребывания сточных вод в песколовке составляет $0,5 - 2$ мин.



1 – входной патрубок; 2 – корпус песколовки; 3 – шламособорник (песковый приямок); 4 – выходной патрубок

Рисунок 6 - Схема горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды

Отстойники

Отстойник является основным сооружением механической очистки сточных вод. Отстойники применяются для задерживания нерастворенных органических загрязнений.

По назначению отстойники бывают:

- первичные (устанавливаемые перед сооружениями биологической или

физико-химической очистки);

- вторичные (устраиваемые после сооружений для биологической очистки для отделения очищенной воды от активного ила или биопленки).

По характеру движения воды (по конструктивным признакам) отстойники делятся на три вида:

- горизонтальные;
- вертикальные;
- радиальные.

Разновидностью отстойников являются также:

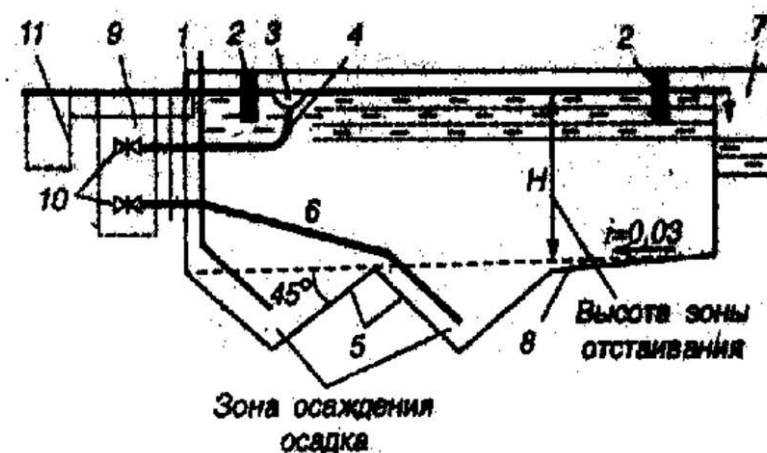
- двухъярусные отстойники;
- осветлители-перегниватели.

В них происходит осветление сточной жидкости и одновременно перегнивание выпавшего осадка.

Первичные отстойники применяют для выделения из сточных вод нерастворимых веществ, которые под действием гравитационных сил оседают на дно отстойника или всплывают на его поверхность. Достижимый эффект осветления по взвешенным веществам составляет 40 – 60% при продолжительности отстаивания 1 – 1,5 ч. Процесс также сопровождается одновременным снижением величины БПК в осветленной сточной воде на 20 – 40% от исходного значения. Выбор типа и конструкции отстойников зависит от количества и состава производственных сточных вод, поступающих на очистку, характеристик образующегося осадка (уплотняемость, транспортируемость) и от местных условий строительной площадки очистных сооружений. В каждом конкретном случае выбор типа отстойников должен определяться в результате технико-экономического сравнения нескольких вариантов. Число отстойников принимают не менее двух, но и не более четырех.

А) Горизонтальный отстойник (рис. 7) применяется для очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод. Он представляет собой прямоугольный в плане железобетонный резервуар, разделенный перегородками на

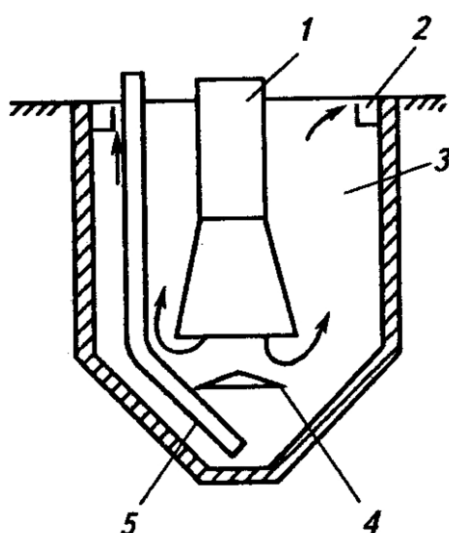
несколько отсеков (не менее двух) для возможности чистки и ремонта. Ширина коридора составляет 3 – 6 м, глубина отстойника колеблется в пределах 1,5 – 4 м, длина отстойника должна в 8 – 12 раз превышать его глубину. В отстойнике происходит гравитационное осаждение взвешенных частиц за счет резкого (по сравнению с подводящим каналом) снижения скорости движения жидкости. Максимальная скорость движения воды в горизонтальном отстойнике составляет 0,7 мм/с. Их применяют на станциях производительностью более 15000 м³/сут. Продолжительность отстаивания составляет 0,5 – 1,5 ч. За это время основная масса взвешенных веществ выпадает в осадок. Эффективность очистки в горизонтальном отстойнике достигает 50 - 60%. Осадок сгребается в иловый приямок скребковым механизмом и удаляется насосами, гидроэлеваторами, грейферами или под гидростатическим давлением. Угол наклона стенок приямка принимают равным 50 – 60°. Днище отстойника имеет уклон к приямку не менее 0,005. Горизонтальный отстойник по сравнению с радиальным имеет более высокий расход железобетона на единицу строительного объема.



- 1 – входной лоток; 2 – полупогруженные перегородки; 3 – жировой лоток;
 4 – жировая труба; 5 – приямки для сбора осадка; 6 – иловая труба; 7 – сборный лоток осветленной воды; 8 – днище отстойника; 9 – иловый колодец; 10 - задвижки;
 11 – распределительная камера

Рисунок 7 - Схема работы горизонтального отстойника

Б) Вертикальный отстойник (рис. 8) применяется для осветления производственных сточных вод, а также их смесей с бытовыми сточными водами, содержащих грубодисперсные примеси. Он представляет собой круглый или квадратный в плане железобетонный резервуар с коническим или пирамидальным днищем соответственно. Отстойник имеет достаточно большую глубину (около 7 м), но меньшую по сравнению с горизонтальным отстойником занимаемую площадь. Диаметр отстойника колеблется в пределах 4 – 9 м. Отстойники просты по конструкции и удобны в эксплуатации, недостатком их является большая глубина сооружений, что ограничивает их максимальный диаметр.



1 – центральная труба; 2 – водослив; 3 – отстойная часть; 4 – отражательный щит;
5 – илопровод

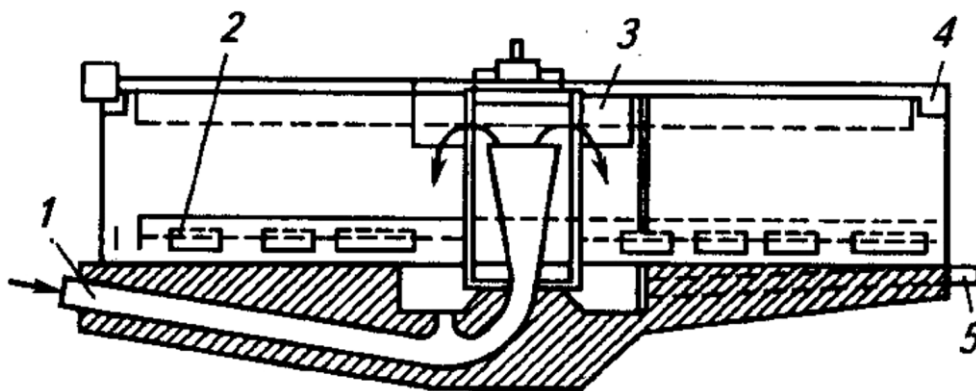
Рисунок 8 - Схема вертикального отстойника

Наиболее распространены отстойники с впуском воды через центральную трубу с раструбом. Сточные воды поступают в центральную круглую трубу, оканчивающуюся раструбом и отражательным щитом, движутся сверху вниз, затем поднимаются по кольцевому пространству между центральной трубой и стенкой отстойника. Осаждение происходит в восходящем потоке, скорость которого составляет 0,5 – 0,6 м/с. Интенсивное разделение жидкой и твердой фаз происходит на повороте потока в нижней части отстойника. Высота зоны осаждения – 4 – 5 м. Осветленные воды

сливаются через кольцевой водослив в сборный лоток.

Вертикальный отстойник имеет самый низкий эффект осветления (на 10 – 20% ниже, чем в горизонтальных отстойниках). Его применяют на станциях небольшой производительности (менее 20000 м³/сут).

В) Радиальный отстойник применяется для очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод. Он представляет собой круглый в плане железобетонный резервуар большого диаметра (18 – 60 м) и относительно малой глубины проточной части (1,5 – 5 м). Известны радиальные отстойники трех конструктивных модификаций: с центральным впуском; с периферийным впуском и с вращающимися сборно-распределительными устройствами. Наибольшее распространение получили отстойники с центральным впуском жидкости (рис. 9).



1 – труба для подачи воды; 2 – скребки; 3 – распределительная чаша;
4 – водослив; 5 – отвод осадка

Рисунок 9 - Схема радиального отстойника

Сточная жидкость подается по центральной трубе, расположенной под днищем отстойника. Труба имеет небольшое расширение для погашения скорости движения жидкости. Сточная вода распределяется по всему объему отстойника с помощью распределительной чаши. Затем поток движется в радиальном направлении с убывающей скоростью от центра к периферии. При этом происходит выпадение осадка, который сгребается к центру скребками, подвешенными к ферме. Из приемка осадок удаляется насосом или под действием гидростатического

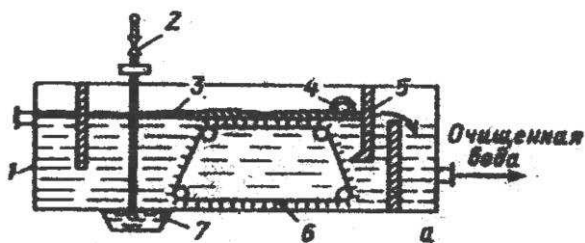
давления. Осветленная вода отводится по кольцевому сборному желобу. Продолжительность отстаивания составляет 1,5 ч. Радиальный отстойник обеспечивает самый высокий эффект осветления (60% и более). Он применяется на станциях большой производительности (более 20000 м³/сут).

Радиальные отстойники по сравнению с горизонтальными имеют некоторые преимущества: просто-та и надежность эксплуатации, экономичность, возможность строительства сооружений большой производительности. Недостаток – наличие подвижной фермы со скребками.

Нефтеловушки

Нефтеловушки применяются для очистки сточных вод, содержащих грубодиспергированные нефть и нефтепродукты, при концентрациях более 100 мг/л. Нефтеловушки сооружают трех типов: горизонтальные, многоярусные и радиальные. Горизонтальные сооружения представляют собой прямоугольные, вытянутые в длину резервуары. В них происходит разделение нефти и воды за счет разности их плотностей. Нефть и нефтепродукты всплывают на поверхность, а содержащиеся в сточной воде минеральные примеси оседают на дно нефтеловушки. Всплывающая нефть скребковым механизмом передвигается к щелевым поворотным трубам и отводится из нефтеловушек. Осадок сгребается в приямок, из которого удаляется гидроэлеватором.

В горизонтальной нефтеловушке (рис.10) нефть всплывает на поверхность очищаемой воды в отстойной камере, которая ограничена нефтеудерживающей перегородкой 5, и удаляется с помощью скребкового транспортера 6 и нефтесборной трубы 4. Горизонтальные нефтеловушки имеют не менее двух секций. Ширина секций составляет 2 – 3 м, глубина отстаиваемого слоя воды 1,2 – 1,5 м, продолжительность отстаивания не менее 2 ч. Скорость движения воды в нефтеловушке $5 \cdot 10^{-3}$ – 10^{-2} м/с, степень очистки от нефтепродуктов – 96 – 98%.



1 – корпус; 2 – гидроэлеватор; 3 – слой нефти; 4 – нефтесборная труба; 5 – нефтеудерживающая перегородка; 6 – скребковый транспортер; 7 – приямок для осадка

Рисунок 10 - Схема горизонтальной нефтеловушки

Жироловушки

Жироловушки устроены по аналогии с нефтеловушками. Они используются для улавливания жиров из сточных вод. Также для этой цели используются такие сооружения, как прямоугольные и радиальные отстойники-смолоуловители.

Гидроциклоны

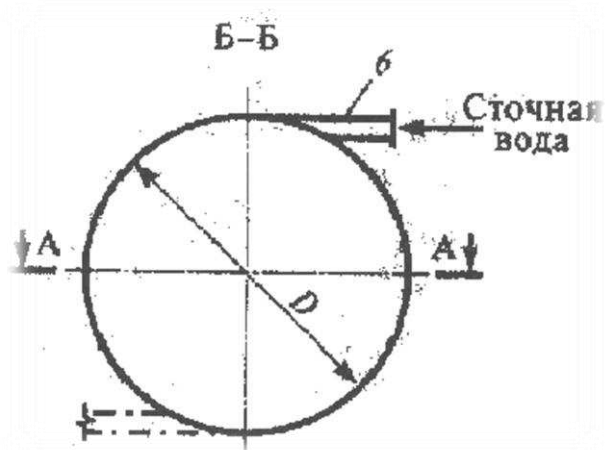
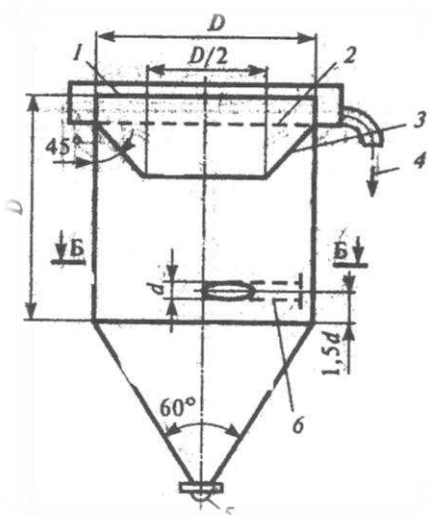
Гидроциклоны – аппараты для осветления производственных сточных вод (для разделения суспензий). Принцип действия гидроциклона основан на осаждении твердых частиц под действием центробежных сил во вращающемся потоке жидкости. Центробежные силы примерно в сотни раз превышают силы тяжести (гравитационные).

К основным преимуществам гидроциклонов следует отнести:

- высокую производительность и высокое качество процессов разделения;
- компактность и простоту устройства;
- сравнительно низкие расходы на строительство и эксплуатацию установок;
- отсутствие вращающихся механизмов, предназначенных для генерирования центробежной силы (центробежное поле создается за счет тангенциального подвода сточной воды).

Гидроциклоны бывают двух типов: открытые и напорные.

Открытые гидроциклоны (рис. 11) работают при атмосферном давлении. Они используются для выделения как оседающих грубодисперсных примесей (в основном минерального происхождения) гидравлической крупностью более 0,2 мм/с, таких как песок, уголь, окалина, компоненты керамики, стекла, строительных материалов и т.п., так и всплывающих примесей. Их также можно применять для выделения скоагулированных взвешенных веществ. Подача воды в аппарат осуществляется из открытого резервуара. В рабочей зоне аппарата образуется вращательное движение потока, которое обеспечивается тангенциальным подводом сточных вод к цилиндрическому корпусу. Число впускных патрубков должно быть не менее двух для более равномерного распределения потока. Скорость впуска воды составляет 0,1 – 0,5 м/с. Диаметр цилиндрической части гидроциклона составляет 2 – 10 м.



1 – кольцевой водослив; 2, 3 – соответственно плоская и коническая диафрагмы; 4 – отвод осветленной воды; 5 – отверстие для удаления шлама; 6 – подача сточной воды

Рисунок 11 - Схема открытого гидроциклона

Указанные устройства могут быть единичными и батарейными (мультициклоны). Существуют так же многоярусные гидроциклоны, используемые для интенсификации процесса очистки. В них рабочий объем разделен на отдельные ярусы свободно вставляемыми коническими диафрагмами.

Центрифуги

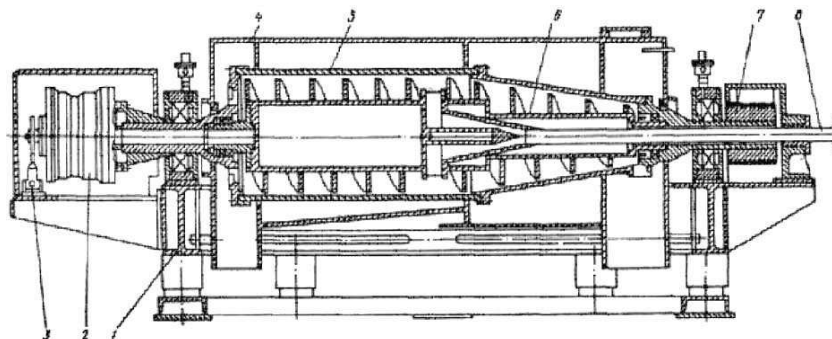
Центрифугирование для очистки сточных вод используется реже, чем методы осаждения и фильтрования. Это связано с тем, что центрифугирование является процессом энергоемким. Центрифуги бывают отстойные и фильтрующие. В процессах очистки сточных вод фильтрующие центрифуги используют для разделения грубодисперсных систем, отстойные – для разделения трудно фильтрующихся тонко- и грубодисперсных суспензий, а также для классификации суспензий по размерам и плотности частиц.

В центрифугах поле центробежных сил обеспечивается за счет вращения корпуса. Центрифуги используются для удаления мелкодисперсных осадков из сточных вод. Применение центрифуг наиболее целесообразно и экономически оправдано в следующих случаях:

- для локальной очистки производственных сточных вод, когда выделенный осадок представляет собой ценный продукт, предназначенный для дальнейшего использования;
- при мелкодисперсном составе загрязнений в воде, когда для ее очистки не могут быть применены реагенты;
- для сокращения площади, на которой размещают установку;
- для обработки (обезвоживания) осадков сточных вод.

Центрифуги периодического действия целесообразно использовать при концентрации нерастворимых примесей в сточных водах не более 2 - 3 г/л и если образующиеся осадки цементируются или характеризуются

высокими абразивными свойствами. Из центрифуг непрерывного действия в системах очистки вод наибольшее распространение получили горизонтальные шнековые центрифуги типа ОГШ (рис. 12). Их используют для выделения веществ с гидравлической крупностью примерно 0,2 мм/с (противоточные) и 0,05 мм/с (прямоточные).



1 – барабан; 2,3,5 – окна; 4 – кожух; 6 – разгрузочный шнек; 7 – подвод сточной воды; 8 – отвод осветленной воды; 9 – отвод осадка

Рисунок 12 - Центрифуга типа ОГШ

Центрифуга представляет собой цилиндрический ротор со сплошными или перфорированными боковыми стенками. Ротор укрепляется на валу, который приводится во вращение электродвигателем, и помещается в соосный цилиндрический неподвижный кожух. На внутренней поверхности ротора с перфорированными стенками закреплена фильтровальная ткань или тонкая металлическая сетка. Под действием центробежной силы суспензия разделяется на осадок и жидкую фазу (фугат). Осадок остается в роторе, а жидкая фаза удаляется из него. Различают центрифуги непрерывного и периодического действия.

Химическая очистка сточных вод

Химическую и физико-химическую очистку обычно применяют для производственных сточных вод на локальных канализационных очистных сооружениях предприятий. Химическая очистка производственных сточных

вод может применяться как самостоятельный метод перед их подачей в систему оборотного водоснабжения, а также перед спуском их в водоем или в городскую водоотводящую сеть.

Кроме того, химические методы применяются для предварительной очистки сточных вод перед биологической или физико-химической очисткой. Химическая обработка также применяется в качестве метода глубокой очистки сточных вод с целью их дезинфекции, обесцвечивания или извлечения из них различных компонентов. При локальной очистке производственных сточных вод в большинстве случаев предпочтение отдается химическим методам.

Химическую очистку применяют в случаях, когда выделение примесей возможно только в результате химической реакции между примесью и реагентом. К основным химическим способам очистки относятся нейтрализация, окисление, восстановление, реагентные методы выделения загрязняющих веществ в виде малорастворимых и нерастворимых соединений. К окислительным методам относится так же электрохимическая обработка.

Нейтрализация

Нейтрализация применяется для обработки производственных сточных вод, содержащих кислоты и щелочи. В большинстве кислых сточных вод содержатся соли тяжелых металлов, которые необходимо выделять из этих вод. Нейтрализацию осуществляют в следующих целях:

- для предотвращения коррозии материалов канализационных сетей и очистных сооружений;
- во избежание нарушения биохимических процессов в биологических окислителях и в водоемах;
- для осаждения из сточных вод солей тяжелых металлов.

Практически нейтральными считаются смеси с $pH = 6,5 - 8,5$. Следовательно, подвергать нейтрализации необходимо сточные воды с pH менее 6,5 и более 8,5, при этом необходимо учитывать нейтрализующую способность водоема, а также щелочной резерв городских сточных вод. Из условий сброса производственных сточных вод в водоем или в городскую канализацию следует, что большую опасность представляют кислые стоки, которые к тому же встречаются значительно чаще, чем щелочные. Чаще всего сточные воды загрязнены минеральными кислотами: серной, соляной, азотной, а также их смесями. Обычно концентрация кислот в сточных водах не превышает 3%, но встречаются и более концентрированные смеси.

Существует три способа нейтрализации

1) Взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод. Режимы сброса сточных вод, содержащих кислоту и отработанную щелочь, как правило, различны. Кислые воды обычно сбрасываются в канализацию равномерно в течение суток и имеют постоянную концентрацию. Щелочные воды сбрасываются периодически по мере того, как сбрасывается щелочной раствор. В связи с этим для щелочных вод часто необходимо устраивать регулирующий резервуар. Из резервуара эти воды равномерно выпускают в камеру реакции, где в результате смешения их с кислыми сточными водами происходит взаимная нейтрализация. Данный метод широко используют на предприятиях химической промышленности.

2) Нейтрализация реагентами (используется гашеная $Ca(OH)_2$ и негашеная CaO известь, кальцинированная Na_2CO_3 и каустическая $NaOH$ сода). Известь для нейтрализации применяют в виде известкового молока 5%-й концентрации или в виде порошка. Если на промышленных предприятиях имеются только кислые или только щелочные сточные воды, либо если невозможно обеспечить взаимную нейтрализацию, применяют реагентный метод. Этот метод наиболее широко используют для нейтрализации кислых вод. Поскольку в кислых и щелочных

производственных сточных водах практически всегда присутствуют ионы металлов, то дозу реагента определяют с учетом выделения в осадок солей тяжелых металлов. Процессы реагентной нейтрализации производственных сточных вод осуществляются на нейтрализационных установках или станциях. Время контакта сточных вод и реагента должно быть не менее 5 мин. Для кислых сточных вод, содержащих растворенные ионы тяжелых металлов, это время должно быть не менее 30 мин.

3) Нейтрализация кислых сточных вод путем фильтрования через нейтрализующие материалы (известь, известняк, мел, магнезит, доломит). Нейтрализацию соляно-, азотно-, а также сернокислых сточных вод при концентрации серной кислоты не более 1,5 г/л осуществляют на непрерывно действующих фильтрах с вертикальным движением нейтрализуемых вод. При концентрации кислоты более 1,5 г/л количество образующегося сульфата кальция превышает его растворимость (2 г/л), и он начинает выпадать в осадок, в результате чего нейтрализация прекращается. Крупность фракций материала загрузки составляет 3 – 8 см; расчетная скорость фильтрования зависит от вида загрузочного материала, но не более 5 м/ч; продолжительность контакта не менее 10 мин. Применение таких фильтров возможно при условии отсутствия в кислых сточных водах растворенных солей тяжелых металлов, поскольку при $pH > 7$ они будут выпадать в осадок в виде труднорастворимых соединений, которые полностью забивают поры фильтра.

4) Нейтрализация дымовыми газами. Применение для нейтрализации щелочных сточных вод отходящих газов, содержащих диоксида углерода, серы и азота и другие кислые газы, позволяет не только нейтрализовать сточные воды, но и одновременно осуществлять высокоэффективную очистку самих газов от вредных компонентов. Нейтрализация производится в колонной абсорбционной аппаратуре, расчет которой основан на закономерностях хемосорбции. Процесс нейтрализации может быть проведен в реакторах с мешалкой, в распылительных, пленочных и

тарельчатых колоннах.

Выбор способа нейтрализации зависит от многих факторов:

- вида и концентрации кислот, загрязняющих производственные сточные воды;
- расхода и режима поступления отработанных вод на нейтрализацию;
- наличия реагентов, местных условий и т.п.

Окислительный метод

Окислительный метод применяется при водоподготовке и для обезвреживания производственных сточных вод, содержащих токсические примеси (цианиды, фенолы), а также для извлечения из сточных вод веществ, которые нельзя или нецелесообразно извлекать другими методами.

Метод применяется в следующих отраслях промышленности:

- машиностроительной (в цехах гальванических покрытий);
- горнодобывающей (на обогатительных фабриках);
- нефтехимической (на нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводах);
- целлюлозно-бумажной и других.

Реагентами (окислителями) являются хлор и его производные (хлорная известь, гипохлорит кальция и натрия, хлорная известь, диоксид хлора), озон, технический кислород и кислород воздуха. Хлорирование является наиболее распространенным методом обеззараживания. Хлорирование применяют для удаления из сточных вод фенолов, цианидов, сероводорода и других соединений, а также для борьбы с биологическими обрастаниями сооружений.

Озонирование применяется для очистки сточных вод от фенолов, нефтепродуктов, сероводорода, соединений мышьяка, ПАВ, цианидов, красителей, канцерогенных ароматических углеводородов, пестицидов и др. Для окисления этих веществ озоновоздушную смесь вводят в воду, в которой озон диссоциирует. Растворимость озона в воде зависит от ее pH. В слабощелочной среде озон диссоциирует очень быстро, а в кислотной проявляет большую стойкость. Озон

получают в генераторах из кислорода воздуха под воздействием электрического разряда. Генераторы озона подразделяются на цилиндрические с трубчатыми горизонтальными или вертикальными электродами; плоские с пластинчатыми электродами и центральным коллектором или продольной циркуляцией.

Восстановительный метод

Восстановительный метод применяют для очистки сточных вод от соединений металлов (ртути, хрома, мышьяка, меди), нитритов, нитратов, сульфатов и др. Для каждого вещества используется свой метод восстановления и соответствующие реагенты – восстановители. В настоящее время имеется большое разнообразие методов восстановления.

Физико-химическая очистка сточных вод

Физико-химические методы играют существенную роль при обработке производственных сточных вод. Физико-химическая очистка сточных вод включает множество различных способов, которые могут использоваться как самостоятельно, так и в сочетании с механическими, биологическими и химическими методами очистки. Она обеспечивает удаление как твердых взвешенных частиц, так и растворенных примесей. Рассмотрим основные методы физико-химической очистки.

Коагуляция и флокуляция

Коагуляция (реагентный метод) – дестабилизация коллоидных систем загрязнений (процесс укрупнения дисперсных частиц за счет их взаимодействия и объединения в агрегаты).

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.

Для осаждения мельчайших взвешенных и коллоидных частиц к воде добавляют реагенты – раствор коагулянта (чаще всего применяют соли алюминия и железа - сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3$ и хлорное железо $FeCl_3$, а также соли магния, шламовые отходы и отработанные растворы отдельных производств). В результате реакции коагулянта с солями, содержащимися в воде, образуются хлопья, которые при осаждении увлекают за собой взвеси и коллоидные вещества. Хлопья затем удаляются отстаиванием из нижней части аппарата.

Приготовление и дозирование коагулянтов производят в виде растворов или суспензий. Растворение коагулянтов осуществляют в баках. Затем концентрированные расходы коагулянтов перемешивают с водой в специальных смесителях различного типа. В камерах хлопьеобразования происходит образование хлопьев коагулянта.

Для интенсификации образования хлопьев гидроксидов алюминия и железа и снижения расхода коагулянтов используют флокулянты. Флокуляция – разновидность коагуляции, процесс агрегации дисперсных частиц под действием высокомолекулярных соединений, называемых флокулянтами. В процессе флокуляции мелкие частицы, находящиеся во взвешенном состоянии, под влиянием флокулянтов образуют интенсивно оседающие рыхлые хлопьевидные скопления. В качестве флокулянтов используют природные и синтетические органические полимеры, чаще всего полиакриламид, а также крахмал, поливиниловый спирт, диоксид кремния.

Методы коагуляции и флокуляции широко распространены для очистки

сточных вод предприятий химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной, легкой, текстильной и других отраслей промышленности.

1.2.1 Сорбция

Сорбция – это процесс поглощения вещества из окружающей среды твердым телом или жидкостью. Различают три вида сорбции:

- абсорбция – поглощение вещества всей массой жидкого сорбента;
- адсорбция – поглощение вещества поверхностным слоем твердого или жидкого сорбента;
- хемосорбция – сорбция, сопровождающаяся химическим взаимодействием сорбента с поглощаемым веществом.

Сорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки от растворенных органических веществ сточных вод предприятий целлюлозно-бумажной, химической, нефтехимической, текстильной и других отраслей промышленности. Сорбционная очистка может применяться самостоятельно и совместно с биологической очисткой.

Преимуществами метода являются возможность адсорбции веществ многокомпонентных смесей, а также высокая эффективность очистки, особенно слабоконцентрированных сточных вод. Метод сорбции применяется для извлечения из сточных вод ценных растворенных веществ (фенол, мышьяк, сероводород) с их последующей утилизацией и использованием очищенных сточных вод в системах оборотного водоснабжения.

Сорбционная очистка рекомендуется для сточных вод, загрязненных ароматическими соединениями, слабыми электролитами или неэлектролитами, красителями, непредельными соединениями, гидрофобными алифатическими соединениями. Метод сорбционной очистки сточных вод не рекомендуется применять для выделения из сточных вод

только неорганических соединений, а также низших одноатомных спиртов.

Адсорбцию осуществляют следующими способами:

- к сточной воде добавляют сорбент в размельченном виде, полученную смесь перемешивают, затем отстаивают и фильтруют;
- сточные воды непрерывно пропускают через фильтр, загруженный сорбентом.

В качестве сорбентов применяют различные искусственные и природные пористые материалы: активированные угли, цеолиты (алюмосиликаты), золу, шлак, коксовую мелочь, торф, опилки.

Адсорбция используется для глубокой очистки вод замкнутого водопотребления и доочистки сточных вод от органических веществ, в том числе и от биологически жестких. Аппараты для сорбционной очистки сточных вод классифицируются по разным признакам:

- по организации процесса – периодического и непрерывного действия;
- по гидродинамическому режиму – аппараты вытеснения, смешения и промежуточного типа;
- по состоянию слоя сорбента – с неподвижным, движущимся, пульсирующим, перемешиваемыми циркулирующим слоем;
- по организации контакта взаимодействующих фаз – с непрерывным и ступенчатым контактом;
- по организации направления движения фаз – с проточным, противоточным и ступенчатым контактом;
- по конструкции – колонные и емкостные;
- по способу подвода энергии – без подвода энергии извне (гравитационное движение фаз) и с подводом энергии извне (принудительное движение твердой и жидкой фаз).

При анализе литературных данных по очистке стоков от нефтепродуктов были рассмотрены следующие схемы:

Авторы [6] предлагают в качестве фильтрующей загрузки отходы ткацкого

производства, шелуху пшеницы, подсолнечника или опилки. Из термообработанных отходов изготавливают трехслойные фильтры. Для этого в специальный полимерный корпус их укладывают таким образом, чтобы внешние слои содержали ТХВ (термообработанное хлопковое волокно), а внутренний – сорбент из термообработанных целлюлозосодержащих отходов (ТЦО): фильтр №1 – шелуху пшеницы, №2 – шелуху подсолнечника, №3 – опилки, №4 – шелуху проса, №5 – смесь в равных массовых долях всех перечисленных ТЦО (рис.13). Соотношение волокнистых и целлюлозосодержащих отходов составляет 2:8 по массе. Внешние слои играют роль каркаса для сыпучих, порошкообразных сорбентов, чтобы при фильтрации сточных вод они не уносились с жидкостью. Результаты динамической сорбции показали, что максимальной эффективностью очистки при большем объеме воды обладает фильтр, в котором средний слой состоял из смешанных целлюлозосодержащих отходов (рис.14). Эффективность очистки (фильтр № 5) для нефтепродуктов составляет 98 %. Предложенные авторами статьи технологии изготовления, регенерации и использования фильтров позволяют снизить антропогенную нагрузку на гидросферные комплексы и решить проблему утилизации отходов.

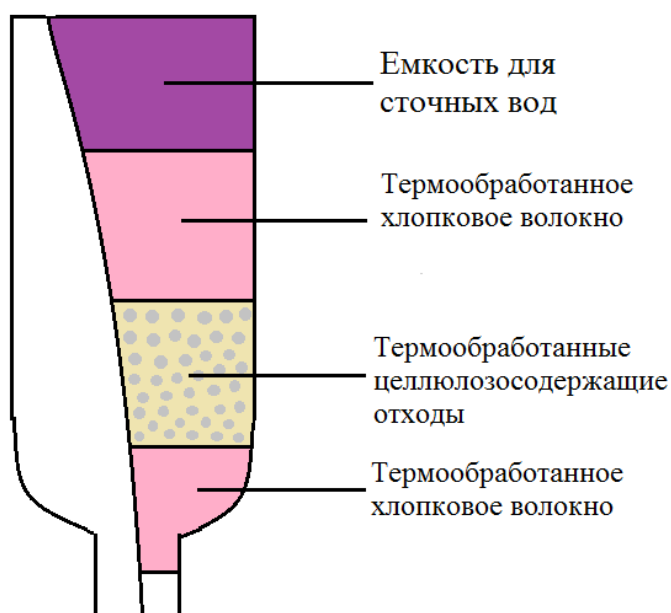


Рисунок 13 – Композиционный фильтр

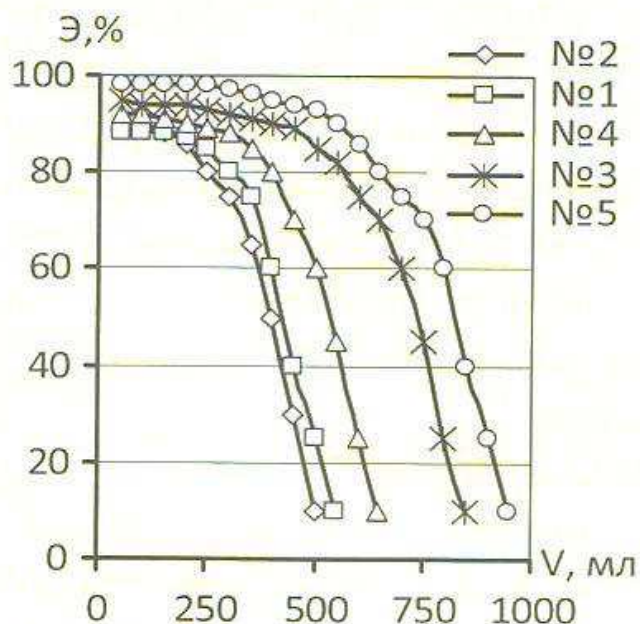


Рисунок 14 – Зависимость эффективности очистки от нефтепродуктов и объема сточных вод, проходящих через различные фильтры ($m = 5$ г)

В работе [9] рассмотрена возможность использования отходов природных и синтетических полимерных материалов в качестве сорбентов для очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов. В качестве сорбента в работе предлагается применять хлопковые отходы ватного производства; отходы на основе поливинилхлорида, отходы бутадиен-стирольного каучука. Данные сорбенты, как показывают результаты экспериментов (рис. 15, 16, 17), довольно эффективны при очистке стоков от нефти и нефтепродуктов; после применения они могут быть утилизированы термическим методом или регенерированы для повторного использования.

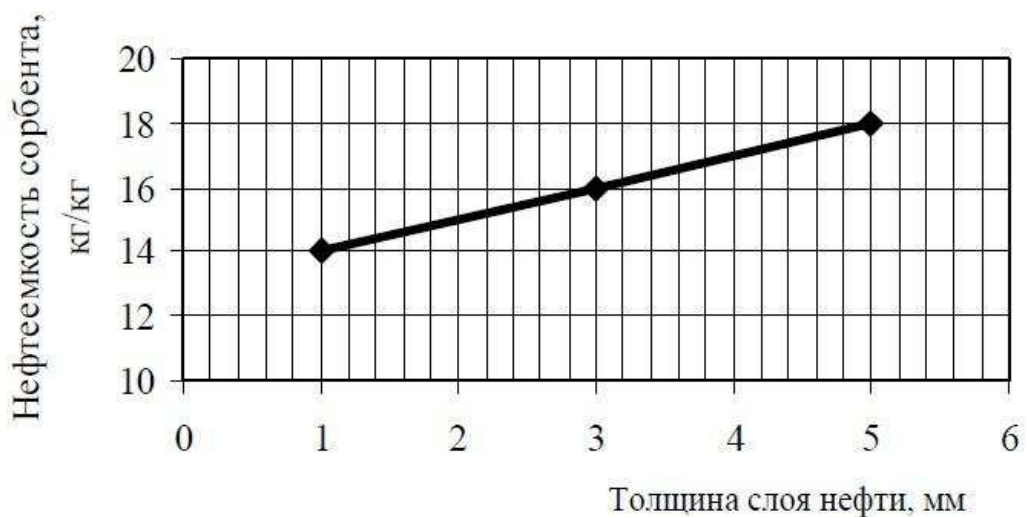
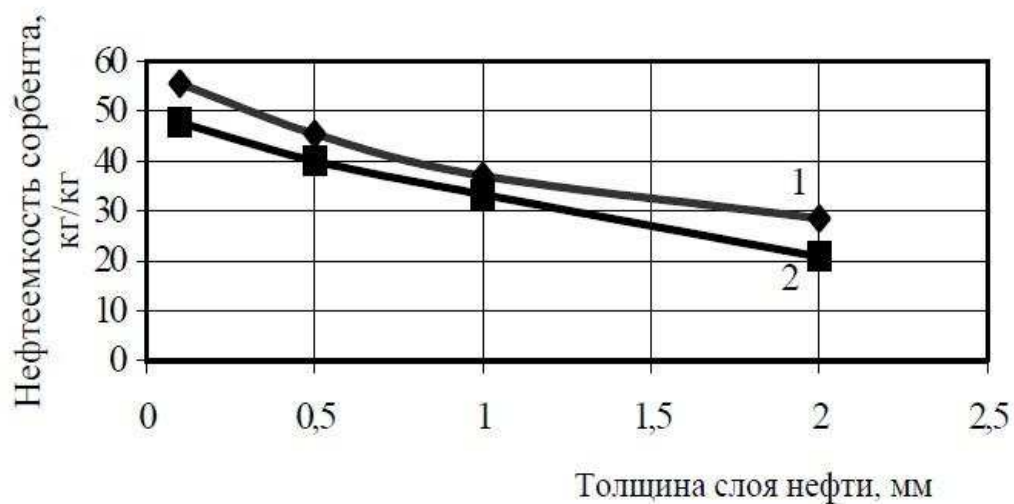


Рисунок 15 – Зависимость нефтеемкости отходов текстильного производства от толщины слоя нефти на поверхности воды



1 – при статическом состоянии водной поверхности; 2 – при гидродинамическом воздействии на водную поверхность

Рисунок 16 – Зависимость нефтеемкости хлорированного поливинилхлорида от толщины пленки нефти на поверхности воды

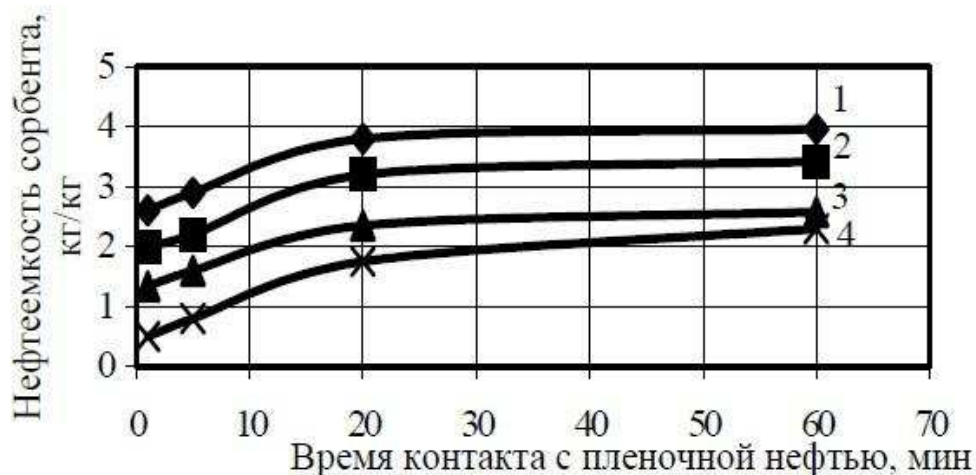


Рисунок 17 – Зависимость нефтеемкости бутадиен-стирольного каучука от времени контакта с пленочной нефтью на поверхности воды для размера фракций: 1 – 0,5...1 мм; 2 – 1...2 мм; 3 – 2...3 мм; 4 – 3...5 мм

Флотация

Флотация – процесс молекулярного прилипания частиц флотируемого материала к поверхности раздела двух фаз, обычно воздуха и жидкости. Флотация основана на всплывании дисперсных частиц вместе с пузырьками воздуха. Метод применяется для очистки сточных вод, содержащих ПАВ, нефть и нефтепродукты, жиры, масла, волокнистые частицы. Процесс очистки состоит в образовании комплексов «частицы – пузырьки воздуха», всплывании этих комплексов на поверхность жидкости с образованием пенного слоя, содержащего загрязнения, и последующего удаления этого слоя с поверхности.

Существуют различные способы флотационной обработки производственных сточных вод.

1) Флотация с выделением воздуха из раствора (вакуумные, напорные и эрлифтные флотационные установки). Сущность метода состоит в создании пересыщенного раствора воздуха в сточной воде, при выделении которого образуются макропузырьки, позволяющие удалять сильно диспергированные загрязнения. Количество воздуха, выделяющегося из

раствора и необходимого для обеспечения эффективной флотации, составляет 1 – 5% от объема обрабатываемой воды.

Вакуумная флотация используется для очистки сточных вод, если концентрация загрязнений в них не превышает 250 мг/л. Способ характеризуется достаточно низкими энергозатратами на проведение процесса флотации, а также высокой стабильностью всплывающих агрегатов «частица – пузырек воздуха» (вероятность их разрушения минимальна). Недостатками способа кроме указанного выше ограничения по концентрации загрязнений в сточных водах является достаточно высокая сложность создания и эксплуатации вакуумных систем.

Экстракция

Экстракция – метод избирательного растворения. Это процесс разделения примесей в смеси двух нерастворимых жидкостей (экстрагента и сточной воды). Метод применяется при высоком (не менее 3 г/л) содержании в сточных водах растворенных органических веществ, представляющих техническую ценность (фенолы, масла, жирные кислоты), а также для выделения тяжелых цветных металлов.

В качестве экстрагентов используют углеводороды, спирты, водные растворы неорганических кислот и щелочей и др. Например, для выделения фенола сточную воду смешивают с бензолом (растворителем).

Процесс протекает в такой последовательности:

- в сточную воду вводят экстрагент;
- после достижения равновесия концентрация вещества в экстрагенте значительно превышает остаточную концентрацию в сточной воде;
- производят отделение и утилизацию загрязняющего вещества.

Экстрагент после этого вновь используется в технологическом процессе очистки. Для успешного протекания процесса экстракции

экстрагент должен иметь следующие свойства:

- хорошую экстрагирующую способность (высокий коэффициент распределения);
- селективность (способность экстрагировать из воды одно вещество или определенную их группу);
- малую растворимость в воде;
- плотность, значительно отличающуюся от плотности воды;
- низкую степень токсичности, взрыво- и пожароопасности;
- низкую стоимость и др.

Для очистки сточных вод наиболее часто применяют противоточные многоступенчатые установки. В этих установках практически полностью используется емкость экстрагента. Различают горизонтальные, вертикальные и центробежные смесительно-отстойные экстракторы. Каждая ступень имеет смесительную и отстойную камеры. Смеситель представляет собой вертикальный цилиндр, имеющий сферическое днище и гладкую внутреннюю поверхность или отражательные перегородки на стенках.

Биологическая очистка сточных вод

После механической обработки в воде остаются часть взвешенных веществ, растворенные органические вещества и большое количество микроорганизмов. Биологический метод основан на использовании жизнедеятельности аэробных микроорганизмов, для которых органические вещества сточных вод (в растворенном и коллоидном состоянии) являются источником питания. При наличии свободного кислорода в сточных водах микроорганизмы окисляют (минерализуют) органические вещества.

Основной целью биологической очистки городских сточных вод являются разложение и минерализация органических веществ, находящихся

в коллоидном и растворенном состоянии. Эти вещества нельзя удалить из стоков механическим путем. Распад и минерализация органических веществ при биологической очистке сточных вод происходит так же, как и в естественных условиях. Освобождение сточных вод от органических веществ происходит в две фазы. Первая – фаза сорбции. В основе ее лежат физико-химические процессы адсорбции органических веществ и коллоидов поверхностью микробной клетки. Вторая фаза – последовательное окисление растворенных и адсорбированных органических веществ, в основе которого лежит усвоение микроорганизмами органических веществ.

Условиями жизнедеятельности микроорганизмов являются:

- температура в пределах 20 – 30°C;
- pH в пределах 6,5 – 7,5;
- БПК_{полн} : N : P = 100 : 5 : 1;
- концентрация кислорода не менее 2 мг/л;
- БПК_{нач} 5000 мг/л; БПК_{кон} 10 мг/л;
- невысокое содержание токсичных веществ (в пределах ПДК), в

противном случае гибнет микрофлора.

Очистка сточных вод биологическим методом производится в естественных условиях и в искусственно созданных сооружениях.

2 Объекты и методы исследования

Для определения химического состава воды, используемой в эксперименте, применяли методики выполнения измерений следующих показателей: рН, взвешенные вещества, хлорид-, карбонат-, сульфат-ионы, железо, нефтепродукты, ХПК(табл. 1).

Для точной идентификации нефтепродуктов требуется информация, полученная не менее чем двумя аналитическими методами. В целях обеспечения точности и достоверности результата использовались две параллели исследований и обработки результатов по двум независимым методикам:

1. Определение загрязнений в воде флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «ФЛЮОРЛТ-02» (методика М 01-05-2007; ПНД Ф 14.1:2:4.128-98:МУК 4.1.1262-03):

Флуориметрическим метод измерения массовой концентрации нефтепродуктов основан на их экстракции гексаном из 100 см³ пробы в течении 1 мин. и измерений интенсивности флуоресценции полученного экстракта на анализаторе жидкости «ФЛЮОРЛТ-02» (рисунок 18) с последующим автоматическим вычислением концентрации нефтепродуктов при помощи градуировочной зависимости, заложенной в память анализатора.

В методике не применяется высокотоксичный четырёххлористый углерод.

Диапазон измеряемых массовых концентраций НП в пробах природных, питьевых и сточных вод составляет 0,005-50,0 мг/дм³.

Определению нефтепродуктов не мешают жиры, гуминовые вещества, насыщенные углеводороды природного происхождения. Методика не обеспечивает характеристик погрешности, приведенных в п.2, при определении в водах легких нефтепродуктов (бензин), а также индивидуальных соединений, входящих в состав нефтепродуктов.

Таблица 1 -Методики выполнения измерений и методы испытаний

п/п	Показатель	Нормативные документы на методики выполнения измерений и методы испытаний
1	Водородный показатель рН	Методика выполнения измерений рН в водах потенциометрическим методом. ПНДФ 14.1:2:3:4.121-97
2	Взвешенные вещества	Методика выполнения измерений содержания взвешенных веществ и общего содержания примесей в пробах природных и очищенных сточных вод гравиметрическим методом. ПНДФ 14.1:2.110-97
3	Массовая концентрация хлорид-ионов	Методика выполнения измерений массовой концентрации хлорид-ионов в пробах природных и очищенных вод меркуриметрическим методом. ПНДФ 14.1:2.111-97
4	Массовая концентрация карбонатов	Методика выполнения измерений массовой концентрации карбонатов в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом. ПНДФ 14.2.99-07
5	Массовая концентрация сульфатов	Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат ионов в пробах природных и очищенных сточных вод турбидиметрическим методом. ПНДФ 14.1:2.159-2000
6	Массовая концентрация общего железа	Методика выполнения измерений массовой концентрации общего железа в пробах природных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой. ПНДФ 14.1:2.50-96
7	Химическое потребление кислорода (ХПК)	Методика выполнения измерений ХПК в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом. ПНД Ф 14.1:2.100-97



Рисунок 18 - Анализатор «Флюорат-02»

Для хранения и транспортировки проб используют сосуды из стекла. Объем отбираемой пробы составляет 100см^3 . Анализ пробы необходимо провести в течении 3 ч с момента отбора, либо провести экстракцию НП в гексан для последующего определения.

При выполнении измерений применяется следующее оборудование и реактивы:

анализатор жидкости «ФЛЮОРАТ-02» с комплектом светильников:

-ГСО состава раствора нефтепродуктов (ГСО № 7950-2001);

гексан (реактив марки «ХЧ»).

2. Использование фотометрического метода определения нефтепродуктов, жиров и НП АВ в четыреххлористом углероде на анализаторе «Концентратомер КН-2» (рисунок 19) в инфракрасной области спектра на длине волны 3.42 мкм (методика МУК 4.1.1013-01).



Рисунок 19 - Анализатор «Концентрамер КН-2»

Данный метод позволяет провести количественный анализ проб очищенных сточных вод для определения в них массовой концентрации нефтепродуктов в диапазоне от 0,02 до 2,00 мг/дм³.

Методика позволяет получить результаты измерений с погрешностью, не превышающей значений, приведенных в Таблице 2.

Определение массового содержания нефтепродуктов выполнялось методом ИК-фотометрии с использованием концентратомера КН-2.

Таблица 2 - Диапазон измерений, значения характеристики относительной погрешности и ее случайной составляющей по доверительной вероятности $P=0.95$

Диапазон измерений, мг/дм ³	Характеристика погрешности (границы интервала, в котором погрешность находится с заданной вероятностью), $\pm \delta$, %	Характеристика случайной составляющей погрешности (среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности), σ (δ), %
От 0,02 до 0,05	50	25
От 0,05 до 0,1	40	20
0,1 до 2,0	25	13

Методика основана на выделении растворенных и эмульгированных компонентов из жидкостного раствора экстракцией четыреххлористым углеродом, хроматографическом отделении нефтепродуктов от сопутствующих органических соединений других классов на колонке, заполненной оксидом алюминия, с последующим количественным определением массовой концентрации остатка по интенсивности поглощения в инфракрасной области спектра на концентратомере КН-2.

Измерение рН, окислительно-восстановительного потенциала, электропроводности и температуры производилось прибором Watertest фирмы HannaInstruments (рисунок 20).



Рисунок 20 – Watertest

Пределы измерения pH - от 0 до 14 единиц, погрешность $\pm 0,05$; окислительно-восстановительного потенциала - от минус 1000 до плюс 1000 мВ; электропроводности от 0 до $2000 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}^{-1}\text{-см}^{-1}$; температуру от 0 до 60 °С.

Для подтверждения наличия в воде перекиси водорода H_2O_2 при сорбционной очистке применялся – Watertest, измерялась интенсивность хемилюминесцентного свечения раствора и раствора люминола $\text{C}_7\text{N}_3\text{O}_2\text{H}_7$ (хемилюминесценция возникает вследствие реакции взаимодействия люминола с перекисью водорода).

Состав усредненного стока приведен в таблице 3.

Таблица 3 - Усредненный состав стока

Параметры	Взвешенные вещества		pH	Органические соединения		микроорганизмы
	кг/сут	мг/л		кг/сут	мг/л	клеток в мл
Количественный состав	4-8	750-800	8-11	1,5-3	100-150	до 1500000

Для определения влияния pH в растворе на степень очистки сточных вод использовался раствор на водопроводной и дистиллированной воде pH устанавливали 10% раствором серной кислоты (H_2SO_4) или 25% раствора NaOH. Содержание эмульгированных нефтепродуктов устанавливалась в 100 мг/л.

Для выявления влияния солевого состава водной среды на эффективность процесса очистки стока изучалось путем проведения очистки на растворах, приготовленных на водопроводной воде с добавлением солей включающих катионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} и дистиллированной воде.

3 Результаты экспериментальных исследований и расчет рекомендуемого оборудования

3.1 Расчет контактной камеры

Необходимая площадь поперечного сечения контактной камеры в плане

$$F_k = \frac{Q_{\text{час}} T}{nH}, \quad (1)$$

где T – продолжительность контакта коагулянта с водой; принимается в пределах 5 мин.

n – количество контактных камер;

H – глубина слоя воды в контактной камере в м; принимается 5 м.

При $Q_{\text{час}} = 2387,38 \text{ м}^3/\text{ч}$, $T = 0,1 \text{ ч}$, $n = 2$ и $H = 5 \text{ м}$

$$F_k = \frac{2387,38 \cdot 0,1}{2 \cdot 5} = 23,9 \text{ м}^2.$$

Принимаем контактную камеру размерами $A \times B \times C = 6 \times 6 \times 3,6$

Для равномерного распределения раствора коагулянта у дна контактной камеры разместим перфорированные трубы. Принимаем керамические пористые трубы.

Каркасом служит труба из нержавеющей стали (наружный диаметр 57 мм) с отверстиями диаметром 4-6 мм. На нее надевается фильтросная труба – керамический блок длиной $l = 500 \text{ мм}$, внутренним диаметром 64 мм и наружным 92 мм.

Активная поверхность блока т.е. площадь всех пор размером по 100 мк на керамической трубе, занимает 25% внутренней поверхности трубы, тогда:

$$f_n = 0,25 \pi D_n l, \quad (2)$$

$$f_{\pi} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 0,064 \cdot 1 = 0,05 \text{ м}^2.$$

Площадь поперечного сечения магистральной (каркасной) распределительной трубы внутренним диаметром $d = 49$ мм равна: $f_{\text{тр}} = 0,002 \text{ м}^2 = 20 \text{ см}^2$.

Принимаем в каждой контактной камере по четыре магистральных распределительных трубы, уложенных на взаимных расстояниях (между осями) по 0,9 м. Каждая труба состоит из восьми керамических блоков. При таком размещении труб принимаем размеры контактной камеры в плане 3,7 x 5,4 м.

3.2 Расчет осветлительных фильтров

В качестве осветлительных фильтров применяем типовые напорные однопоточные фильтры, загруженные дробленным антрацитом и кварцевым песком.

Расчет фильтров выполняют исходя из производительности с учетом расхода осветленной воды на собственные нужды всех установленных фильтров. Общая площадь фильтрования F , м^2 , определяется по формуле

$$F = \frac{Q_{\text{ч}}}{V_{\text{ф}}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{ф}}$ – скорость фильтрования при нормальном режиме работы фильтров, м/ч. $V_{\text{ф}} = 10$ м/ч.

$$F = \frac{2387,38}{10} = 238,7 \text{ м}^2.$$

Площадь фильтрования каждого фильтра определяется путем подбора по формуле

$$f' = \frac{F}{a}, \quad (4)$$

где a – число фильтров.

$$f' = \frac{238,7}{9} = 26,5 \text{ м}^2.$$

Принимаем 9 фильтров трехкамерных, $d = 3,4$ м, площадью $f = 27,2$ м.

Скорость фильтрования при нормальном режиме:

$$V_H = \frac{Q_{\text{ч}}}{fa}. \quad (5)$$

$$V_H = \frac{2387,38}{27,2 \cdot 9} = 9,7 \text{ м/ч}.$$

Соответствует нормативному значению 5-10 м/ч.

Среднечасовой расход воды на промывку фильтров:

$$q = \frac{dra}{24}, \quad (6)$$

где r – число промывок каждого фильтра в сутки, принимается 1-2;

d – расход воды на одну промывку фильтра:

$$d = \frac{i60tf}{1000}, \quad (7)$$

где i – интенсивность взрыхления, л/(с-м²), принимаем для фильтров с загрузкой антрацитом $i = 12$ л/(с-м²);

t – продолжительность взрыхляющей промывки, принимается 20 мин (0,33 часа).

$$d = \frac{12 \cdot 60 \cdot 0,33 \cdot 27,2}{1000} = 6,5 \text{ м}^3;$$

$$q = \frac{6,5 \cdot 2 \cdot 9}{24} = 4,8 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Скорость фильтрации при форсированном режиме:

$$V_{\phi} = \frac{Q_{\text{ч}}}{f(a-1)}. \quad (8)$$

$$V_{\phi} = \frac{2387,38}{27,2 \cdot (9-1)} = 11,0 \text{ м/ч.}$$

Расчетная скорость фильтрации при форсированном режиме сходит в диапазон допустимых скоростей до 7,5-12 м/ч.

Таблица 4 – Состав воды после очистки на осветлительных фильтрах

Показатель	Единицы измерения	Состав исходной воды	Эффективность, д. е.	Состав на выходе
Температура	°С	4,0		4,0
Водородный показатель		6,1		6,1
Цветность, град	град	235,0	0,75	58,8
Окисляемость	мг О2/л	10,0	0,75	2,5
Железо общее	мг/л	16,0		16,0
Нефтепродукты	мг/л	0,8	0,1	0,7
Плотный остаток	мг/л	768,8	0,6	307,5
Жесткость общая	град	25,2	0,6	10,1
Жесткость устранимая	град	22,4	0,6	9,0
Жесткость карбонатная	град	25,2	0,6	10,1
Нитриты	мг/л	0,002	0,6	0,0008
Нитраты	мг/л	23,8	0,6	9,5
Натрий	мг/л	61,1	0,6	24,4
Калий	мг/л	119,5	0,6	47,8
Хлор-ион	мг/дм3	6510,0	-	6510,0
Карбонаты	мг/дм3	30,0	0,6	12,0
Гидрокарбонаты	мг/дм3	630,3	0,6	252,1
Кальций	мг/дм3	145,0	0,6	58,0
Магний	мг/дм3	46,4	0,6	18,6
Общая минерализация	мг/дм3	11 150,0	0,6	4460,0

3.3 Расчет сорбционных фильтров для очистки многокомпонентной воды

В качестве загрузки фильтров используем боны с адсорбентом «Унисорб-Био» в верхней и нижней части фильтра, колонну фильтра загружаем порошковым адсорбентом той же марки.

Заявленные характеристики сорбента: сорбционная емкость 30-60 г загрязнений на 1 г сорбента; эффективность очистки 98,0-99,5 %.

Экспериментальные данные (при охлаждении до 0,1-4,0°C): сорбционная емкость $a_{sb}^{max} = \text{мг/л}$; эффективность очистки 72 %.

Находим общую площадь одновременно и параллельно работающих адсорбентов:

$$F_c = \frac{Q_{ч}}{V}, \quad (9)$$

где V – скорость фильтрации воды через сорбент, принимаем $V = 12 \text{ м/с}$.

$$F_c = \frac{2387,28}{12} = 198,9 \text{ м}^2.$$

Количество параллельно и одновременно работающих линий адсорбентов при $D_{abs} = 3,4 \text{ м}$:

$$N_{abs}^b = \frac{F_{abs}}{f_{abs}}, \quad (10)$$

где f_{abs} – площадь сечения одного фильтра, м^2 :

$$f_{abs} = \frac{\pi D_{abs}^2}{4}, \quad (11)$$

Для трехкамерного фильтра:

$$f_{abs} = 3 \cdot \frac{3,14 \cdot 3,5^2}{4} = 27,2 \text{ м}^2;$$

$$N_{\text{abs}}^b = \frac{198,9}{27,2} = 7,3 \text{ шт.}$$

Принимаем к работе 8 параллельно и одновременно работающих линий адсорбентов при скорости фильтрации 12 м/ч.

Максимальная доза сорбента:

$$D_{\text{sb}}^{\text{max}} = \frac{C_{\text{н}} - C_{\text{к}}}{a_{\text{sb}}^{\text{max}}}, \quad (12)$$

где $C_{\text{н}}$, $C_{\text{к}}$ – концентрация нефтепродуктов в исходной и фильтрованной воде, мг/л.

$$C_{\text{н}} = 0,8 \text{ мг/л}, C_{\text{к}} = 0,22 \text{ мг/л};$$

$a_{\text{sb}}^{\text{max}}$ – максимальная сорбционная емкость сорбента, мг/л:

$$a_{\text{sb}}^{\text{max}} = 253\sqrt{C_{\text{н}}}, \quad (13)$$

$$a_{\text{sb}}^{\text{max}} = 253\sqrt{0,8} = 226,3 \text{ мг/л};$$

$$D_{\text{sb}}^{\text{max}} = \frac{0,8 - 0,22}{226,3} = 0,003 \text{ мг/л.}$$

Ориентировочная высота загрузки, равная высоте адсорбера:

$$H = \frac{D_{\text{sb}}^{\text{max}} t_{\text{ads}}^{\text{op}}}{k_{\text{ads}} a_{\text{sb}}^{\text{max}}}, \quad (14)$$

где $t_{\text{ads}}^{\text{op}}$ - ориентировочная продолжительность работы установки до проскока;

k_{ads} - заданная степень исчерпания емкости сорбента. Согласно экспериментальным данным $k_{\text{ads}} = 0,5$.

$$H = \frac{0,003 \cdot 298,4 \cdot 24}{0,5 \cdot 226,3} = 0,5 \text{ м.}$$

Для перекачки воды в РЧВ принимаем 3 насоса горизонтальный DAB KDNE 125-250/230.

Таблица 5 – Состав воды после очистки на сорбционных фильтрах

Показатель	Единицы измерения	Состав исходной воды	Эффективность, д. е.	Состав на выходе
Температура	°С	4,0		4,0
Водородный показатель		6,1	-	6,7
Цветность, град	град	235,0	0,5	29,4
Окисляемость	мг О2/л	10,0	0,3	1,8
Железо общее	мг/л	16,0	0,72	4,5
Нефтепродукты	мг/л	0,8	0,42	0,4
Плотный остаток	мг/л	768,8	0,72	86,1
Жесткость общая	град	25,2	0,72	2,8
Жесткость устранимая	град	22,4	0,72	2,5
Жесткость карбонатная	град	25,2	0,72	2,8
Нитриты	мг/л	0,002	0,72	0,0002
Нитраты	мг/л	23,8	0,72	2,7
Натрий	мг/л	61,1	0,72	6,8
Калий	мг/л	119,5	0,72	13,4
Хлор-ион	мг/дм3	6510,0	0,6	2604,0
Карбонаты	мг/дм3	30,0	0,72	3,4
Гидрокарбонаты	мг/дм3	630,3	0,72	70,6
Кальций	мг/дм3	145,0	0,72	16,2
Магний	мг/дм3	46,4	0,72	5,2
Общая минерализация	мг/дм3	11 150,0	0,72	1248,8

3.4 Обработка результатов измерений и основные выводы

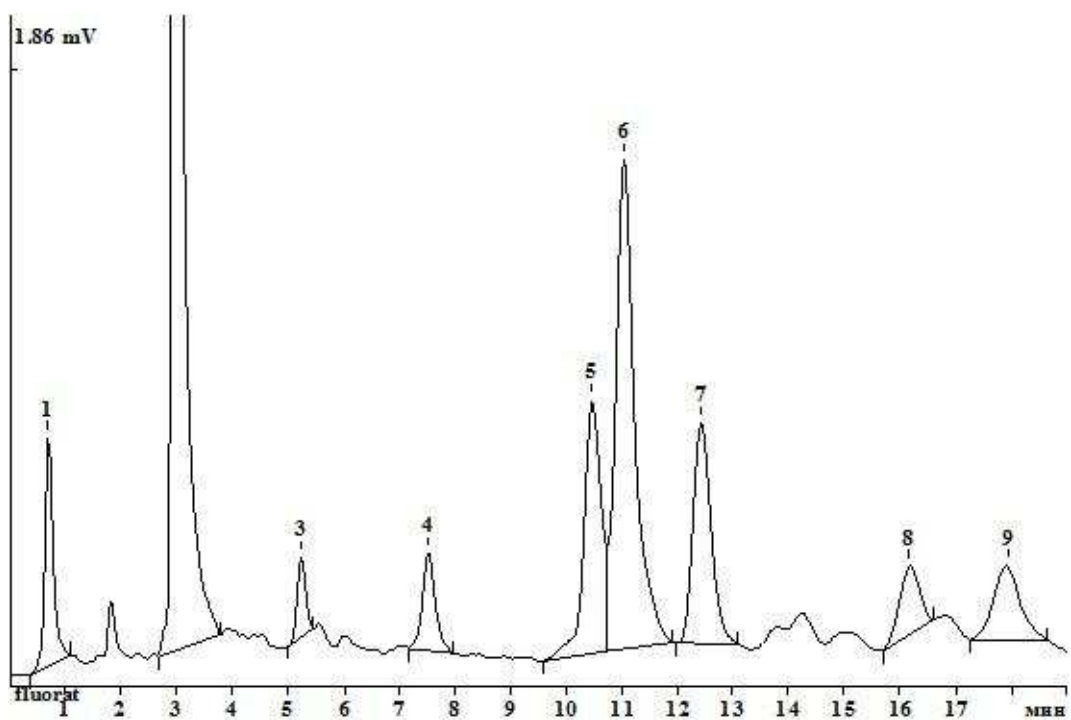
Сравнительный анализ содержания нефтесодержащих загрязнителей в исходной и обработанной воде позволяет сделать вывод о 97% эффективности предлагаемой технологии.

К тому же в рамках экспериментальных исследований был проведен сравнительный анализ эффективности очистки традиционным способом и предлагаемым в качестве альтернативы способом блока сорбционных фильтров загруженных Унисорб-Био. Результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Сравнительный анализ эффективности очистки стока

Сооружения	Взвешенные вещества мг/дм ³			Кремнийорганические масла мг/дм ³			рН		
	ДО	ПОСЛЕ Е	ЭФ.%	ДО	ПОСЛЕ	ЭФ.%	ДО	ПОСЛЕ	ЭФ.%
СУЩЕСТВУЮЩАЯ СХЕМА									
Аккумулирующая емкость	770-780	749,8	3,2	100-150		0	10		0
Система фильтров с антрацитом	749,8	164,9	78	100	42	42	10	8,6	14
Общая эффективность очистки %			40,75			21			14
РЕКОМЕНДУЕМАЯ СХЕМА									
Отстойник с фильтр-кассетой	770-780	20	97,4	100	42	42	10		0
Скорый напорный фильтр с загрузкой Унисорб-Био	20	0,8	96	42	8	92	10	8,2	18

a)



б)

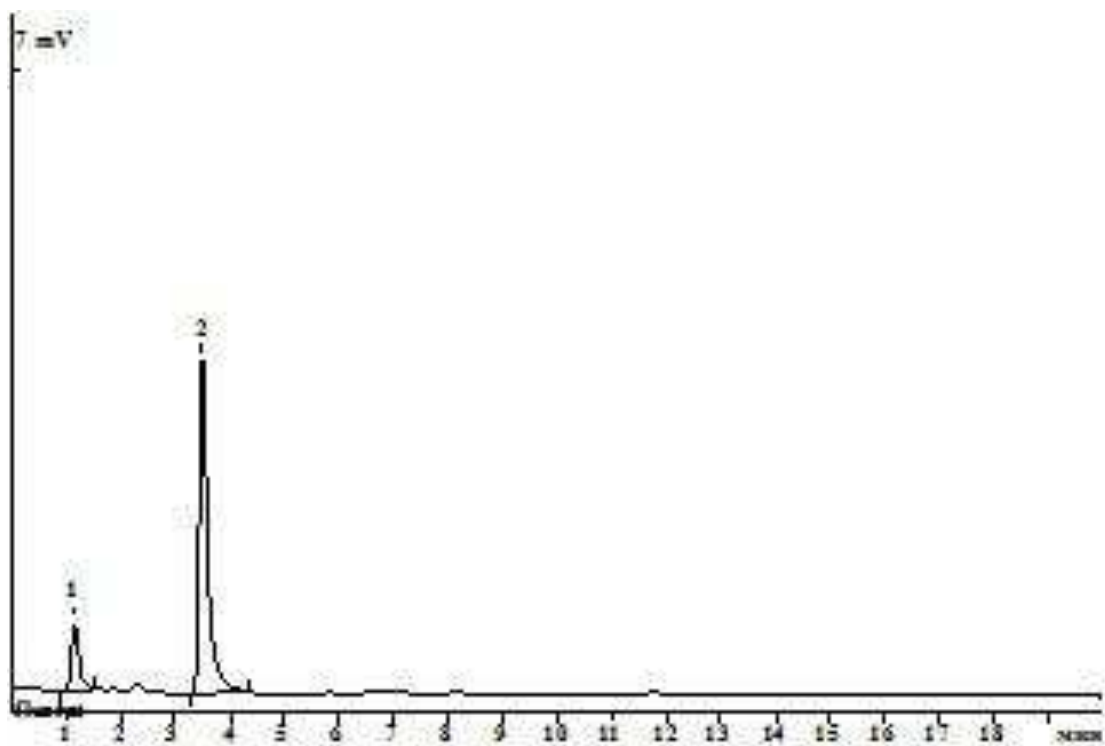


Рисунок 21 – Хроматограммы: а) обработка воды в сорбционном блоке при статической сорбции б) обработка воды в сорбционном блоке при динамической сорбции

Результаты начальных экспериментальных исследований и методы регрессивного анализа позволили установить рациональную продолжительность сорбционной обработки. Наиболее интенсивным участком изменения скорости общей очистки является динамическая сорбция с высотой слоя загрузки в 60 см.

4 Сравнение эффективности технологически схем кондиционирования сточных вод стандартными фильтрами и предлагаемым сорбционно-фильтрационным блоком

Современная технология очистки воды должна быть экологичной, экономичной и эффективной. В данной работе предлагается технология очистки сточных вод от нефтепродуктов до российских требований к технической воде, в основе которой лежит сорбционное фильтрование.

Принципиальная схема очистки сточных вод представлена на рисунке 22.



Рисунок 22 - Принципиальная схема процесса очистки

Предлагаемый способ очистки можно существенно интенсифицировать путём добавления небольшого количества коагуляционного реагента в зону предварительной фильтрации для инициирования хлопьеобразования и лучшего отделения эмульгированных нефтепродуктов. В качестве коагулянта может применяться АкваАурат 30.

Согласно проведенным исследованиям полное удаление всех загрязнителей требует значительных затрат энергии, а также ведет к интенсивному абразивному износу оборудования от взвешенных веществ. Поэтому предлагается провести начальное осветление стока, физико-химическими методами, для отделения от неэмульгированных нефтепродуктов и крупных взвешенных веществ.

Технологическая схема предлагаемой системы очистки от нефтесодержащих стоков представлена на рисунке 23.

Данная схема работает следующим образом: сточная вода сначала попадает в аккумулирующую емкость пройдя предварительный теплообменник (с целью выравнивания температурного режима работы очистной установки). Аккумулирующая емкость оснащена воздухобарбатерами с целью частичной отдувки легких фракций нефтепродуктов возможных ПАВ и АПАВ.

Далее вода поступает в контактный резервуар для коагуляционной очистки от сопутствующих солей металлов и тяжелых фракций нефтепродуктов.

После контактного резервуара вода направляется в блок сорбционных фильтров включающий две линии по 3 фильтра, одна линия рабочая, другая резервная. Фильтры загружены органико минеральным сорбентом Унисорб-Био.

Данная установка позволяет значительно сократить время очистки, сократить площади под отведенные очистные сооружения, повысить эффективность очистки и удалить эмульгированные нефтепродукты и остатки солесодержания.

Эффективность данной установки определена как 97%. Что позволяет использовать очищенную сточную воду повторно - в оборотном режиме.

Последним блоком обеспечивающим гигиеническую безопасность очищенного стока являются установки обеззараживания Лазурь МК-500, сочетающая обработку воды ультрафиолетом и одновременно ультразвуком. Эффективность обеззараживания составляет практически 99,9%.

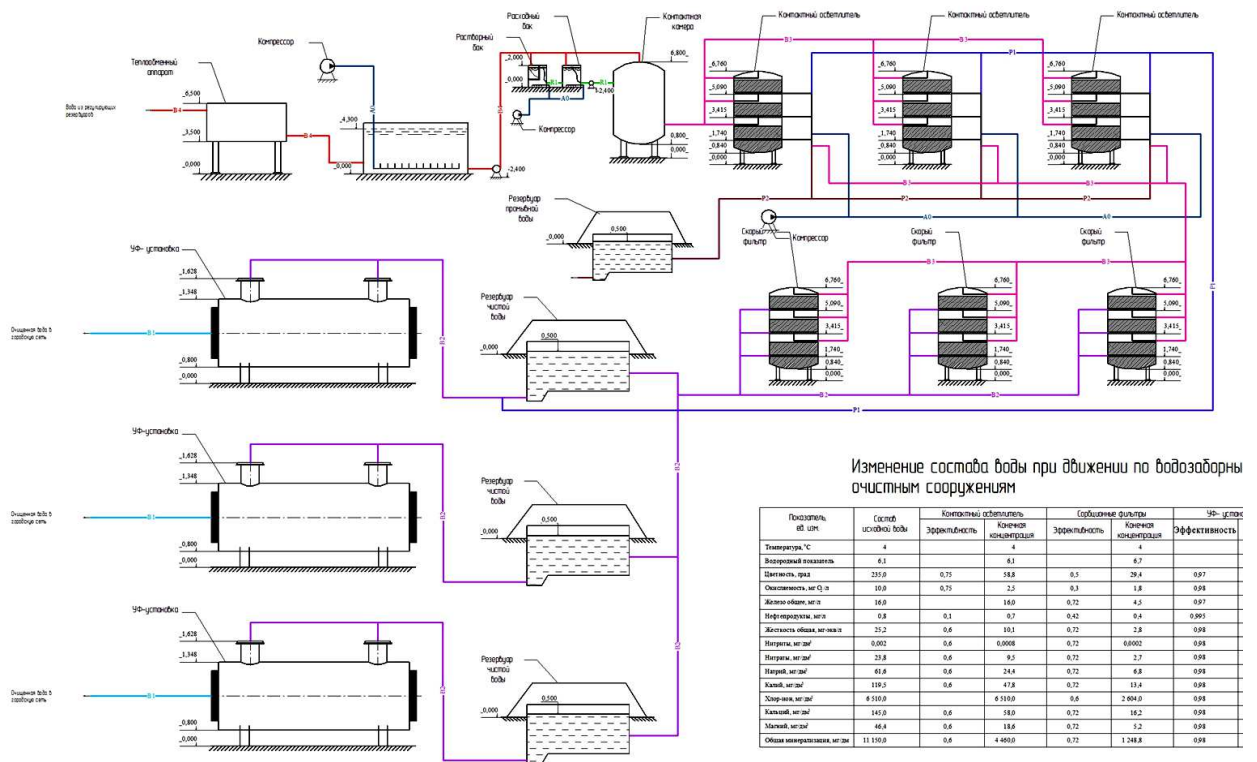


Рисунок 23 — Модернизированная аппаратно-технологическая схема станции водоочистки на предприятиях ТЭК

Исследовательские данные показывают ошибочное мнение о том, что очистные сооружения, используемые в настоящее время, полностью обеспечивают удовлетворительную очистку сточных вод. Это связано с двумя основными недостатками: плохой очисткой в холодное время и большим загрязнением водорослями в теплое время года. Окончательное отмирание водорослей происходит уже в водоёмах принимающих очищенные сточные воды и связано с процессами разложения и гниения. Кроме того, наличие остатков водорослей и продуктов их разложения вызывает нежелательное увеличение биогенных элементов в водоеме.

Поэтому предлагаемая технология очистки может также найти себе место в системах доочистки промышленных сточных вод.

Глубокая очистка сточных вод необходима перед использованием их в системах повторного и оборотного водоснабжения промышленных предприятий, преимущественное использование эти воды находят в системах охлаждающего оборотного водоснабжения, а также в ряде технологических операций, где требования к воде примерно соответствуют показателям качества вод открытых водоисточников, в некоторых случаях эти требования могут быть менее жесткие, чем к качеству воды перед сбросом в водоёмы.

Рассматривая технологические схемы процессов кондиционирования вод с использованием эффектов сорбции можно сказать, что в промышленном масштабе реализована только несколько схем. Одна разработана в США и получила название GRAND-FOC процесс [-57]. Данная технология используется для очистки грунтовых вод с низкими концентрациями органических примесей. В этой технологии задействованы: сорбционные фильтры, УФ-излучение и пероксид водорода, как реагент, для окисления органических веществ. На рисунке 23 показана принципиальная схема, устройств для реализации GRAND-FOC процесса [-142,143].

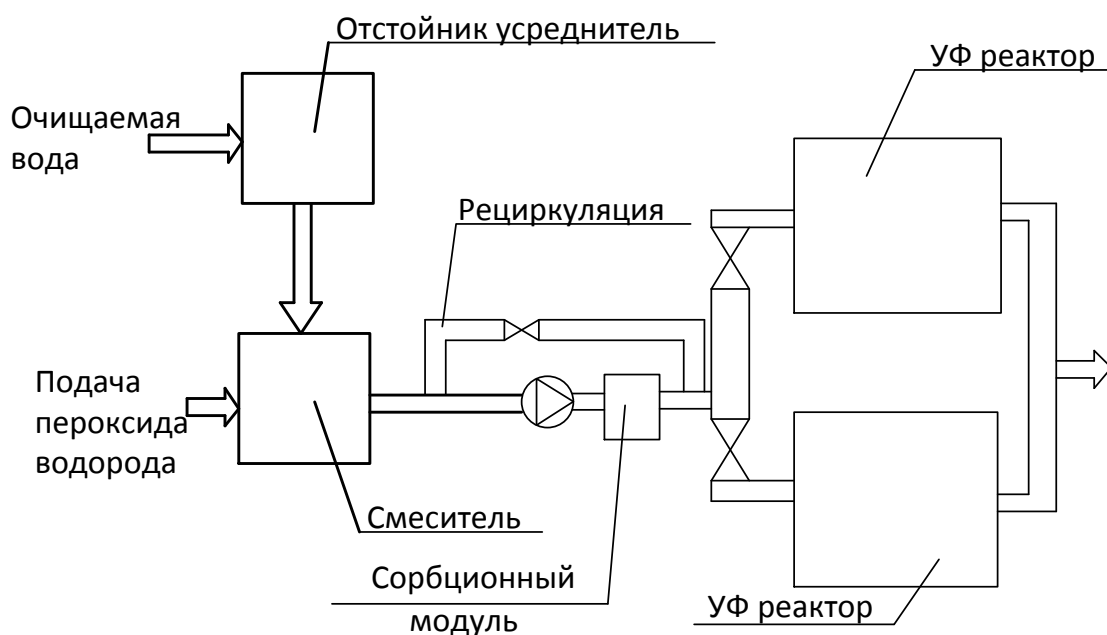


Рисунок 24 – Принципиальная схема GRAND-FOC процесса [-142;143]

Протекающий по данной схеме GRAND-FOC процесс, может использоваться в двух модификациях: использование только сорбционный модуля и использование комбинации сорбционного модуля и УФ-реактора. В данной схеме используется высоконапорный проточно-сорбционный фильтр.

Сравнение эффективности очищения предлагаемого метода произведено со стандартными антрацитовыми фильтрами, так как это наиболее распространенный способ, которым очищают воду от органических веществ применяемый в локальных оборотных системах водоснабжения. Данный метод очистки обеспечивает, помимо удаления взвесей, растворенных и коллоидных загрязнений, также снижение значений БПК и ХПК, удаление летучих компонентов растворение в воде кислорода воздуха.

Основным недостатком стандартных фильтрационных установок является непостоянность процесса очистки, так эффективность процесса может колебаться в довольно широких пределах: от 20 до 90%.

Существенное влияние на эффективность стандартной очистки оказывает соотношение размеров загрязняющих частиц, которое определяет эффективность их столкновения и последующего притяжения.

Сорбционные методы предполагают поглощение радионуклидов (или любого другого загрязняющего компонента, называемого сорбатом) твердой фазой (сорбентом) по любому механизму: адсорбция, ионный обмен, сокристаллизация, окклюзия, адгезия и т. п. Это, естественно, шире традиционного определения сорбции, но удобно при рассмотрении прикладной стороны вопроса, где более важен результат процесса, а не механизм его прохождения.

Сорбция проводится как в динамических, так и в статических условиях.

Динамическая сорбция предполагает осуществление ее путем

непрерывного фильтрования очищаемого раствора через слой сорбента.

Статическая сорбция исключает направленное движение сорбента и очищаемого раствора относительно друг друга, а предполагает временный разовый контакт фаз (при перемешивании) с последующим их разделением.

Поэтому вводятся два понятия, характеризующие емкость сорбента: статическая и динамическая емкость сорбента.

Статическая емкость сорбента — это максимальное количество вещества, поглощенного единицей объема или массы сорбента к моменту достижения равновесия при постоянных температуре жидкости и начальной концентрации вещества.

Динамическая емкость сорбента характеризуется максимальным количеством вещества, поглощенного единицей объема или массы сорбента до момента появления сорбируемого вещества в фильтрате при пропускании очищаемой воды через слой сорбента.

При статической сорбции поглощаемое вещество в виде газа или жидкости контактирует или перемешивается с неподвижно расположенным сорбентом. Статическая сорбция реализуется в оборудовании с перемешивающими устройствами.

При динамической сорбции через слой сорбента пропускается поглощаемая подвижная жидкая или газообразная фаза. Динамическая сорбция реализуется в аппаратах с псевдооживленным слоем и фильтрах разного типа.

Предлагаемый способ кондиционирования позволит добиться более высокой степени очистки воды достигающей 99.8%, для проведения очистки 1 м³ предлагаемым способом необходимо затратить 0,016кВт электроэнергии и обеспечить более выгодный режим энергопотребления.

Конструкция сорбционного фильтра рассчитывалась на производительность 5397,28 м³/сут. Рециркуляционный расход составляет 20% от расхода подаваемого на установку. Для оптимальной работы емкости должны иметь цилиндрическую форму.

Таблица 7 - Результаты обработки сточных вод по существующей схеме и рекомендуемой схеме очистки сточных вод

Сооружения	Взвешенные вещества			Нефтепродукты, мг/л			Биообрастания, клеток в мл		
	до	после	эф, %	до	после	эф, %	до	после	эф, %
Существующая схема									
Аккумулирующая емкость	777	749,8	3,5	100	100	0	1155133	1155133	0
Контактный резервуар	749,8	164,9	78	100	42	58	1155133	555000	48,5
Блок угольных фильтров	749,8	164,9	78	100	42	58	1155133	555000	48,5
Общая эффективность очистки	61,5								
Рекомендуемая схема									
Аккумулирующая емкость	777	20	97,4	100	45	55	1155133	1155133	0
Контактный резервуар	20	0,8	96	45	32,4	28	1155133	1155133	0
Блок сорбционных фильтров	0,8	0	100	32,4	$0,03 \cdot 10^{-12}$	99,9	1155133	0	100
Уф обеззараживание	0,8	0	100	32,4	$0,03 \cdot 10^{-12}$	99,9	1155133	0	100
Общая эффективность очистки	100								

С конструктивной точки зрения целесообразным представляется частичная реконструкция существующих технологической схем кондиционирования сточных

вод. Предлагаемое конструктивное решение возможно устанавливать после стадии предварительного осветления, такое решение позволит интенсифицировать процесс очистки сточных вод от высоких содержаний нефтепродуктов и взвешенных веществ и получить, необходимую степень очистки сточных вод для оборотного водоснабжения, либо полностью исключит платежи предприятия за превышение пределов установленных лимитов на сброс сточных вод и значительно улучшит показатели природоохранной деятельности, если используется открытая система водоснабжения.

Выявлены основные преимущества использования сорбции по сравнению с антрацитовыми загрузками (угольными):

- очистка сточной жидкости практически не зависит от наличия в ней взвешенных веществ.
- возможность очистки различного стока с различным качественно-количественным содержанием загрязняющих веществ;
- возможность использования при модернизации существующего оборудования. Предлагаемая сорбционная загрузка встраивается в фильтрационные камеры существующих сооружений без изменения их конструкции;
- возможность автоматизировать процесс очистки;
- снижение эксплуатационных экономических затрат.

5 Оценка достоверности полученных результатов

В основе каждого измерения должна лежать оценка точности полученного результата, что является гарантией достоверности полученных данных и позволяет указать доверительные интервалы при практическом использовании результатов исследования. Во время проведения работ по замерам различных величин на испытательных стендах и в натурном эксперименте были, по возможности, устранены все причины для появления промахов, систематических и случайных ошибок с использованием рекомендаций, сделанных в работе. Качество результатов измерений характеризовалось абсолютной и относительной ошибкой. При определении погрешности использовались методы общей теории ошибок, теории вероятностей и математической статистики с установлением доверительного предела при вероятности 95 %.

Абсолютная ошибка функции нескольких переменных $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ определялась из соотношения:

$$\delta_y = \left(\left| \frac{d_y}{d_{x_1}} \delta_{x_1} \right| + \left| \frac{d_y}{d_{x_2}} \delta_{x_2} \right| + \dots + \left| \frac{d_y}{d_{x_n}} \delta_{x_n} \right| \right), \quad (15)$$

где δ_y – абсолютная погрешность измеряемых величин.

Относительная ошибка, выраженная в процентах:

$$\Delta y_{\text{отн}} = \frac{\delta_y}{y} \cdot 100\%. \quad (16)$$

При использовании методов математической статистики определялось среднеарифметическое значение результатов испытаний по формулам:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}, \quad (17)$$

где x_i - показатели измеряемых величин;

n - число испытаний.

Находились среднеквадратичные отклонения (ошибки) по формуле:

$$\sigma \rightarrow \lim_{n \rightarrow \infty} S_n, \quad (18)$$

где $S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}$. (19)

Дисперсия измерения определялась как квадрат средней квадратичной ошибки. Коэффициент вариации, характеризующий рассеивание полученных данных, определялся как относительная величина средней квадратичной ошибки W :

$$W = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%. \quad (20)$$

Считают, что чем W больше, тем разнороднее результаты исследования. Доверительный интервал параметра определялся по выражению:

$$\Delta x = \pm \frac{t_{\alpha n} S_n}{\sqrt{n}}, \quad (21)$$

где $t_{\alpha n}$ - коэффициент Стьюдента; при доверительной вероятности $\alpha = 0,95$; $t_{\alpha n} = 1,96$.

Для обработки экспериментальных зависимостей применялся метод наименьших квадратов. Анализ результатов подсчета относительных ошибок указывает на достаточную точность получаемых величин и корректность эксперимента.

6 Технико-экономическое обоснование применения рекомендуемой технологии

1 Общее положение

Перед выполнением технико-экономических расчетов в системе оборотного водоснабжения решаются следующие вопросы:

- производительность оборотной системы водоснабжения;
- исходное качество воды;
- метод очистки, применяемые реагенты (по вариантам), состав очистных сооружений, способ обеззараживания (по вариантам);

При использовании типовых проектов и решений из паспортов следует выписать все технико-экономические показатели, удельные расходы средств, материалов, энергии и эксплуатационные показатели по каждому сооружению или оборудованию.

Для составления календарного и сетевого графика строительства (по разделу ПОС) выписать трудозатраты (в человека дней) по основным сооружениям, зданиям и трубопроводам.

По возможным вариантам составляются схемы с перечнем технических решений по вариантам.

Для определения оптимального варианта рассчитывается стоимость строительства по каждому варианту (K), эксплуатационные затраты (\mathcal{E}) и приведенные затраты (Π) по формуле:

$$\Pi = E \cdot K + \mathcal{E}, \text{ тыс.руб./год} \quad (22)$$

где E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений: 0,12 для зданий, сооружений, трубопроводов; 0,2 для нового оборудования, систем автоматики, новых технологий, 0,08 для районов Севера.

2 Расчет капитальных вложений

Таблица 8 –Технико-экономический расчёт

Обоснование стоимости	Наименование	Ед. изм	Стоимость тыс.руб. в 2017г. (4 кв)			Всего
			строительство	монтаж	оборудование	
Глава 2						
УПСС стр.23 табл.5 п.11	Акумулирующая емкость	м ³ /с ут	6,24	1,84	0,81	8,89
Прайс-лист	скорые фильтры ФК31		42	10,5	-	52,5
Прайс-лист	фильтр ФС2Н с сорбционной фильерной загрузкой		93,60	23.4		117
УПСС стр.32 табл.10 п.10	РЧВ 1	м ³ /с ут	1, 050	0,417	0,200	1,667
УПСС стр.32 табл.10 п.10	водоводы стальные трубы d=100мм l=5.5	м	0,864	0,334	0,165	1,37
	d=50 мм l=33,980		3,3368	1,3355	0,628	5,3
	d=25 мм l=24		1,89	0,75	0,3535	2,99
Прайс-лист	Блок сорбционной очистки	м ³ /с ут	49,78	19,754	9,482	79,016
Прайс-лист	АВтоматическая насосная станцияActiv/J 62 М	м ³ /с ут	12	3		15

Продолжение таблицы 8

Прайс-лист	Установка Лазурь МК-500	м ³ /с ут	56,0			56,0
	итого		266,7608	61,3305	11,6385	339,73

3 Определение сметной стоимости строительства

Сводный сметный расчет стоимости строительства, таблица 9, комплекса оборотного водопользования с компоновкой очистного оборудования Q=5,52 м³/сут. Сметный расчет составлен в ценах 2017.

Таблица 9 – Сводный сметный расчёт

№ сметы и расчета	Наименование глав, объекта, работ и затрат	Стоимость тыс.руб.				Общая сметная стоимость, тыс.руб.
		строите- льство	монтаж	оборудо- вание	прочие затраты	
Часть 1	Глава 1 Подготовка террито- рии строительства	2,03838	-	-	1,3589	3,3973
	Глава 2 Основные объекты строительства	266,7608	61,3305	11,6385	-	339,73
	Глава 3 Объекты подсобного назначения	40,014	9,200	1,7457		50,9597
	Глава 4 Объекты энергетичес- кого хозяйства	19,74	4,538	0,861		25,139
	Глава 5 Объекты транспорта и связи	12,004				12,004

Продолжение таблицы 9

	Глава 6 Наружные инженерные сети	13,871	3,189	0,605		17,665
	Глава 7 Благоустройство, озеленение	10,670				10,670
	Итого по главам 1-7	365,0982	78,2575	14,85	1,3589	459,565
	Глава 8 Временные здания и сооружения	10,95	2,35			13,3
	Итого по главам 1-8	376,05	80,61	14,85	1,3589	472,865
	Глава 9 Прочие работы и затраты	11,17	2,39			13,56
	Глава 10 Премирование за ввод объекта				9,59	9,59
	Итого по главе 1-10	387,22	83	14,85	10,95	496,02
Часть 2	Глава 11 Подготовка эксплуатационных кадров				4,9602	4,9602
	Глава 12 Проектно-изыскательные работы				14,88	14,88
	Итого по главам 1-12	387,22	83	14,85	30,79	515,86
	Всего по сводной смете	387,22	83	14,85	30,79	515,86
	Возвратные суммы					1,995
	КП					513,865

4 Эксплуатационные затраты

Обязательной частью технического или техно- рабочего проекта является смета годовых эксплуатационных расходов, которую составляю по основным статьям затрат: заработная плата обслуживающего персонала с начислением на социальное страхование; стоимость электроэнергии; текущий ремонт; прочие затраты и амортизационные отчисления.

Годовые эксплуатационные затраты складываются по отдельным элементам годовых затрат по формуле:

$$C_{\Sigma} = C_{з/п} + C_p + C_{эл} + C_{тэ} + C_в + C_{тр} + C_{пр} + C_{ам} \quad (23)$$

где $C_{з/п}$ - заработная плата обслуживающего персонала с отчислениями на социальное страхование, тыс.руб;

C_p – стоимость реагентов и других строительных материалов, тыс.руб;

$C_{эл}$ – стоимость электроэнергии, тыс.руб;

$C_{тэ}$ – отчисления на тепло, тыс.руб;

$C_в$ – стоимость воды, использованной на собственные нужды, тыс.руб;

$C_{пр}$ – прочие затраты, тыс.руб;

$C_{тр}$ – затраты на текущий ремонт, тыс.руб.

$C_{ам}$ - амортизационные отчисления

$$C_{\Sigma} = 1492,127 + 3672,626 + 34,962 + 438,51 + 1,005 + 5,13865 + 156,98 + 32,6063 = 11667,86 \text{ тыс.руб}$$

5 Расходы на заработную плату

Заработная плата зависит от численности эксплуатационного персонала по категориям работающих, годового фонда работающих и районного коэффициента, данные приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Фонд заработной платы

Категория работника	Численность	Месячный тарифный фонд, руб.	Годовой фонд, тыс.руб.
ИТР	1	25075	596.851
Рабочие	2	12537	596.851
МОП	2	6267	298.425
Итого	5	43881	1492,127

При численности обслуживающего персонала очистных сооружений 5 человек годовой фонд оплаты труда с учетом всех социальных отчислений и квалификационных коэффициентов рассчитан по формуле:

$$C_{з/мл} = 12 \cdot MPOТ \cdot n \cdot K_p \cdot K_c \cdot K_{np} \cdot Ч \quad (24)$$

где 12 – количество месяцев в году, мес;

$MPOТ$ – минимальный размер оплаты труда, тыс.руб.;

K_c – коэффициент, учитывающий отчисления от суммы заработной платы единого социального налога в государственные внебюджетные фонды, $K_c = 1,365$

K_p – коэффициент районный – 1,6

n – коэффициент, учитывающий квалификацию сотрудника.

K_{np} – коэффициент премиальных надбавок – 1,2

$Ч$ – численность сотрудников

Следовательно:

$$C_{з/мл} = 12 \cdot 9489 \cdot 2 \cdot 1,365 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1 = 596.851 \text{ тыс.руб./год}$$

$$C_{з/мл} = 12 \cdot 9489 \cdot 1 \cdot 1,365 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 2 = 596.851 \text{ тыс.руб./год}$$

$$C_{з/мл} = 12 \cdot 9489 \cdot 0,5 \cdot 1,365 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1 = 298.425 \text{ тыс.руб./год}$$

6 Расчет стоимости реагентов и материалов

Стоимость реагентов таблица 11, необходимых для очистки и обеззараживания воды, складывается из отпускной цены и транспортных расходов и зависит от производительности очистного оборудования, нормы расхода, типа регенерации фильтров, определяемой качеством исходной воды.

Таблица 11 – Расчет стоимости материалов

Наименование материалов	Ед. изм.	Потребность материалов, кг /год	Стоимость, руб./ кг.	Общая стоимость, руб.
Материалы фильтрующих кассет				
гравий	кг	492,8	0,42	206,976
кварцевый песок	кг	314,62	0,66	207,65
Унисорб-Био	кг	181	18	3258
Итого				3672,626

7 Стоимость электроэнергии

Расчет стоимости электроэнергии производится на основе действующих тарифов на электрическую энергию и данные по потребляемой мощности электросилового оборудования.

Показатели мощности электросилового приведены в таблице 12.

Расчет затрат по электроэнергии определенных групп потребителей осуществляется по двухставочному тарифу.

Присоединяемая мощность определяется по формуле:

$$N^I = \frac{P \cdot K_0 \cdot \sum N}{\cos \varphi} \quad (25)$$

где P – коэффициент, учитывающий трансформаторный резерв, 1,5;

K_0 – коэффициент, учитывающий электросветильную нагрузку, 1,05;

$\sum N$ - сумма мощностей всех рабочих электроприемников;

$\cos\varphi$ – коэффициент, мощности электродвигателя принимаем равным 0,9.

$$N^I = \frac{1,5 \cdot 1,05 \cdot 13,35}{0,9} = 23,3625 \text{ кВт}$$

Таблица 12 – Характеристика электросиловых агрегатов

Наименование	Кол-во рабочих агрегатов	Мощность одного агрегата, кВт	Общая потребляемая мощность, кВт
Кавитатор ООО «КПМ»	1	9,6	9,6
насосная станция Activ/J 62 М	1	0,75	0,75
Автомоечное оборудование Karcher- K 785 MPlus	1	3	3
Итого:			13,35

Годовой расход потребляемой электроэнергии определяется по формуле:

$$W^I = 365 \cdot 10 \cdot \sum N, \quad (26)$$

$$W^I = 365 \cdot 10 \cdot 23,3625 = 85273,12 \text{ кВт} \cdot \text{час}$$

Так как $N < 750$ кВт, то стоимость электроэнергии считается по одноставочному тарифу:

$$C_{эл}^I = \frac{T_1 \cdot W}{10^6}, \quad (27)$$

где T_1 – ставка за электроэнергию для потребителей с присоединенной мощностью;

$$C_{эл}^I = \frac{410 \cdot 85273,12}{10^6} = 34,962 \text{ тыс. руб.},$$

8 Стоимость воды на собственные нужды

Затраты на воду $C_в$, тыс. руб., определяется из расчетного годового расхода на собственные нужды и тарифов на воду:

$$C_в = Q_{соб} \cdot C_в / 1000 \quad (28)$$

где $C_в = 11,02$ руб./м³ – тариф на питьевую воду;

$Q_{соб}$ – расход воды на собственные нужды.

Годовой расход на собственные нужды, определяется по формуле: 10 рабочих

$$Q_{соб}^I = \frac{25 \cdot n_1 \cdot 365}{1000}, \quad (29)$$

где n_1 и n_2 – число работающих и число рабочих.

$$Q_с = \frac{25 \cdot 10 \cdot 365}{10^6} = 127,25 \text{ м}^3,$$

Отсюда стоимость воды на собственные нужды будет составлять: 11,02 цена

$$C_в = \frac{127,25 \cdot 11,02}{1000} = 1,402 \text{ тыс. руб. / год.}$$

9 Стоимость тепловой энергии на отопление, горячее водоснабжение, технологические нужды

Стоимость тепловой энергии, потребляемой на отопление, горячее водоснабжение и технологические нужды, определяется исходя из расчетного годового тепла и тарифов на тепловую энергию, таблица 13, по формуле:

$$C_m = \frac{Q_m \cdot C_g}{1000}, \quad (30)$$

где C_g – стоимость одной гкалл, соответственно теплоносителя;

Q_m – годовой расход тепла на отопление зданий.

$$Q_m = \frac{24 \cdot T_o \cdot \sum_{i=1}^m x_i \cdot a_i \cdot V_i \cdot (t_{cp} - t_n)}{10^6}, \quad (31)$$

где T_o – отопительный период, сут;

x_i – удельная тепловая характеристика здания, $ккал/(м^3 \cdot ^\circ C \cdot ч)$;

a_i – поправочный коэффициент для жилых и общественных зданий; 1,08

V_i – наружный объем здания;

t_{cp} – температура отапливаемого помещения, $^\circ C$;

t_n – расчетная зимняя температура наружного воздуха, $^\circ C$.

$$Q_m = \frac{240 \cdot 24[(0,43 \cdot 1,08 \cdot 4,05 \cdot 48) + (0,35 \cdot 1,08 \cdot 0,058 \cdot 40) + (0,37 \cdot 1,08 \cdot 0,5 \cdot 48)]}{1000} = 599,36,$$

Таблица 13 – Удельные тепловые характеристики зданий

Наименование здания	Объем здания, тыс.м	$x, ккал/(м^3 \cdot ^\circ C \cdot ч)$
Административные здания	4,05	0,43
Блок фильтров	0,058	0,35
Проходная	0,5	0,37

$$C_m = \frac{599,36 \cdot 731,39}{1000} = 438,51 \text{ тыс. руб / год},$$

10 Амортизационные отчисления

Амортизационные отчисления за полное восстановления основных фондов канализационных очистных сооружений $C_{ам}$, тыс. руб, определяем по формуле:

$$C_{ам} = \sum_{i=1}^m (K_i \cdot H_i) \quad (32)$$

где K_i - текущая стоимость основных фондов i – го сооружения канализации, трубопровода, здания и пр.;

H_i - норма амортизационных отчислений по i -му сооружению, трубопроводу, 4,5%, зданию, 2,5% и оборудованию, 10%.

$$C_{ам} = 0,4347 + 31,9516 + 0,22 = 32,6063 \text{ тыс. руб год}$$

11 Затраты на текущий ремонт и прочие расходы

Затраты на текущий ремонт $C_{тр}$, тыс. руб, принимается в размере 1% от сметной стоимости строительства объекта и определяется по формуле:

$$C_{тр} = 0,01 \cdot K \quad (33)$$

где K – сумма капитальных вложений в очистные и внеплощадочные сооружения системы бытовой канализации, тыс.руб.

$$C_{тр} = 0,01 \cdot 513,865 = 5,138$$

Прочие расходы C_{np} , тыс. руб, принимаются в размере 20% от суммы амортизационных отчислений $C_{ам}$ и заработной платы обслуживающего персонала $C_{з/пл}$ по формуле:

$$C_{np} = 0,2 \cdot (C_{ам} + C_{з/пл}) \quad (34)$$

$$C_{np} = 0,2 (32,6063 + 752,28) = 156,98 \text{ тыс. руб. год}$$

12 Расчет показателей экономической эффективности

Сравнение вариантов технических решений очистных сооружений, отличается друг от друга размером инвестиционных отложений и эксплуатационными расходами, производят при расчете модифицированной суммы приведенных строительно – эксплуатационных затрат.

При постоянных годовых эксплуатационных расходах C и одноэтапных

$$C_{ам} = 0,4347 + 31,9516 + 0,22 = 32,6063 \text{ тыс. руб год}$$

13 Затраты на текущий ремонт и прочие расходы

Затраты на текущий ремонт $C_{тр}$, тыс. руб, принимается в размере 1% от сметной стоимости строительства объекта и определяется по формуле:

$$C_{тр} = 0,01 \cdot K \quad (35)$$

где K – сумма капитальных вложений в очистные и внеплощадочные сооружения системы бытовой канализации, тыс.руб.

$$C_{тр} = 0,01 \cdot 513,865 = 5,138$$

Прочие расходы C_{np} , тыс. руб, принимаются в размере 20% от суммы амортизационных отчислений $C_{ам}$ и заработной платы обслуживающего персонала $C_{з/пл}$ по формуле:

$$C_{np} = 0,2 \cdot (C_{ам} + C_{з/пл}) \quad (36)$$

$$C_{np} = 0,2 (32,6063 + 752,28) = 156,98 \text{ тыс. руб. год}$$

14 Расчет показателей экономической эффективности

Сравнение вариантов технических решений очистных сооружений, отличается друг от друга размером инвестиционных отложений и эксплуатационными расходами, производят при расчете модифицированной суммы приведенных строительно – эксплуатационных затрат.

При постоянных годовых эксплуатационных расходах C и одноэтапных

$C_{ср}$ - средневзвешенная рыночная цена по типовой технологии;

C_c – себестоимость по рекомендованной технологии;

$Q_{год}$ – годовой расход воды на данную услугу.

$$C_{FR} = (0,220 - 0,07086) \cdot 014,8 = 300,487 \text{ тыс руб.}$$

15 Технико-экономические показатели

Таблица 14 – Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Ед. изм.	Количество
Производительность	м ³ /год	2014,8
Обслуживающий персонал	чел.	10
Капитальные вложения	тыс.руб	513,865
Эксплуатационные затраты	тыс.руб	11667,86
В том числе:		
Заработная плата	тыс.руб/год	1492,127
Стоимость Реагенты и материалы	тыс.руб/год	3672,626
Стоимость Электроэнергия	тыс.руб/год	34,962
Вода	тыс.руб/год	1,402
Стоимость Тепловой энергии	тыс.руб/год	438,51
Амортизация	тыс.руб/год	32,6063
Текущий ремонт	тыс.руб/год	51,3865
Прочие затраты	тыс.руб/год	156,98
Себестоимость очистки 1 м ³	руб	65,80
Срок окупаемости	год	1 год 7 месяцев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан способ очистки сточных вод загрязненной нефтепродуктами с использованием сорбционной технологии.

2. Произведен анализ эффективности очистки сточных вод стандартными антрацитовыми (угольными) фильтрами с предлагаемым методом, на основе которого показано, что сорбционный метод эффективнее традиционного.

3. Рекомендовано аппаратное оформление технологических схем с внедрением узла доочистки в сорбционно-фильтрационных модулях.

4. Обоснована экономическая целесообразность применения рекомендованной технологии на основе технико-экономических показателей; Произведено сравнение экономических затрат на очистку сточных вод по предлагаемой схеме и традиционной схеме. Применение предлагаемой технологии более выгодно по сравнению с традиционной, как с точки зрения затрат на оборудование и обслуживание, так и с точки зрения безопасности персонала. Определена себестоимость очистки 1 м³ нефтесодержащих сточных вод теплоэнергетического комплекса Красноярска–65,80 рублей и срок окупаемости внедряемой технологии –1 год и 7 месяцев.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Е.С. Климов, М.В. Бузаева. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод.
2. Я.М. Грушко. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах.
3. Патент № 2049543 «Адсорбент нефти и нефтепродуктов для очистки воды и почвы».
4. Черненко Т.В., Иматуллина Г.К. «Методы очистки сточных вод от нефтепродуктов»
5. В.В. Ахмедеев, С.В. Волков, С.В. Костюченко, А.В. Красночуб, Н.Н. Кудрявцев, А.В. Якименко «Применение метода УФ облучения для обеззараживания сточных вод». Журнал Вода и экология №2 2000 год.
6. Фильтры из отходов для очистки сточных вод. Н.А. Собгайда, Л.Н. Ольшанская, Ю.А. Макарова, Энгельсский технологический институт. Экология производства, №3 март 2012.
7. Гидравлические фильтры для очистки нефтесодержащих сточных воды. В.В. Буренин, канд. техн. наук МАДИ. Экология производства, № 4 апрель 2012.
8. Новые решения для сбора нефтепродуктов и жиров. А.В. Касаткин, А.В. Пинкин ООО «НООСФЕРА». Экология производства, № 4 апрель 2012.
9. Использование сорбентов на основе отходов полимерных материалов для очистки сточных вод нефтяных загрязнений. И.В. Стрепетов, Е.В. Москвичева.
10. Экология и экономика природопользования: учеб. для студентов вузов, обучающихся по эконом. специальностям / под ред. Э.В. Гирусова. – 4-е изд., перераб. и доп. М. : ЮНИТИ ДАНА, 2010. 607 с.
11. Порядок определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного

воздействия, постановление правительства РФ № 632 от 28.08.1992 (в ред. от 14.05.2009). – М., – 2009.

12. Стрепетов И.В., Москвичева Е.В. Использование сорбентов на основе отходов полимерных материалов для очистки сточных вод нефтяных загрязнений // Строительство и архитектура. 2010.

13. Собгайда Н.А., Ольшанская Л.Н., Макарова Ю.А. Фильтры из отходов для очистки сточных вод. Эгельский технологический институт // Экология производства. 2012. №3. С. 40 – 41.

14. Ковалева, Н.Г., Ковалёв В.Г. Биохимическая очистка сточных вод предприятий химической промышленности. М.: Химия, 1987. 160 с.

15. Когановский А.М., Клименко Н.А., Левченко Т.М., Марутовский Р.М., Рода И.Г. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении // М.: Химия, 1983. 288 с.

16. Алексеев М.И. Технический справочник по обработке воды / М.И. Алексеев, В.Г. Иванов, А.М. Курганов, Г.П. Медведев, Б.Г. Ми-шуков, Ю.А. Феофанов, Л.И. Цветкова, Н.А. Черников // СПб: Новый Журнал. 2007. 360 с.

17. Дубровская О.Г., Евстигнеев В.В., Кулагин В.А. Кондиционирование сточных вод энергетических систем и комплексов // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 6 (2011 4). P 665–675.

18. Кострикин Ю.М., Мещерский Н.А., Коровина О.В. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. М.: Энергоатомиздат, 1990. 252 с.

19. Кулагин В.А., Криволицкий А.С. Повышение энергоэффективности водоподготовки на ТЭС и котельных с использованием кавитационной технологии // Энергосбережение и водоподготовка. 2007. № 4. С. 85–88.

20. Петерзон Д. Побочные продукты при обработке воды с использованием сильных средств окисления // материалы междунар. конгресса. – М.: Сибино интернэшнл, 1994. Т.2. С. 538–539.

21. CAV-OX Cavitation Oxidation Process Magnum Water Technology EPA/540/AR-93/520 / Inc.Applications Analysis Report. 1994. P. 72.
22. Буренин В.В. Гидравлические фильтры для очистки нефтесодержащих сточных вод // Экология производства. 2012. № 4. С 37–41.
23. Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ.
24. Постановление Правительства Российской Федерации от 4 ноября 2006 г. № 639 «О порядке утверждения методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства».
25. ГОСТ 17.1.3.13–86. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.
26. Правила охраны поверхностных вод. – М., 1991.
27. СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – М., Минздрав России, 2000.
28. СанПиН 2.1.4.1110-02 Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения. – М., Минздрав России, 2002.
29. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М., Минздрав России, 2003.
30. Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». – М., 2010.
31. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*.

ПРИЛОЖЕНИЕ А– Классификация примесей воды по их фазово-дисперсному состоянию и процессы, используемые по их удалению

Гетерогенные системы		Гомогенные системы	
Взвеси (суспензии, эмульсии, микроорганизмы и планктон)	Коллоидные растворы, высокомолекулярные соединения и вирусы	Молекулярные растворы (газы, растворимые органические вещества)	Ионные растворы (соли, кислоты, основания)
Группа I ($10^{-2} - 10^{-5}$ см)	Группа II ($10^{-5} - 10^{-6}$ см)	Группа III ($10^{-6} - 10^{-7}$ см)	Группа IV ($10^{-7} - 10^{-9}$ см)
Механическое безреагентное разделение	Мембранное разделение	Адсорбция газов и летучих органических соединений	Разделение воды и ионов мембранными методами
Окисление хлором, озоном и др.	Окисление хлором, озоном и др.	Окисление хлором, двуокисью хлора, озоном, перманганатом	Перевод ионов в малорастворимые соединения, в том числе и окислением
Флотация суспензий и эмульсий	Коагуляция коллоидных примесей	Экстракция органическими растворителями	Сепарация ионов при различном фазовом состоянии воды
Адгезия на гидроокисях алюминия или железа и высокодисперсных материалах	Адсорбция на гидроокисях алюминия, железа и на глинистых минералах	Адсорбция на активированных углях и других материалах	Фиксация ионов на твердой фазе ионитов
Агрегация с помощью флокулянтов	Агрегация с помощью флокулянтов катионного типа	Ассоциация молекул	Перевод ионов в малодиссоциированные соединения
Электрофльтрация суспензий и электроудерживание микроорганизмов	Электрофорез и электродиализ	Поляризация молекул в электрическом поле	Использование подвижности ионов в электрическом поле
Бактерицидное воздействие на патогенные микроорганизмы и споры	Вирулицидное воздействие	Биохимический распад	Микробное выделение ионов металлов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б - Методы удаления из воды веществ первой группы

Процесс	Рекомендуемый технологический способ обработки воды	Область применения по удаляемым загрязнениям	Используемые реагенты и их расход на 1000 м ³ воды, кг	Состав очистных сооружений	Степень очистки
1	2	3	4	5	6
Механическое безреагентное разделение	Отстаивание	Грубодисперсные примеси > мг/л; цветность до 50 град	-	Водозаборные ковши, отстойники	50-70 %
	Фильтрование	Взвешенные вещества до 50 мг/л; цветность до 50 град	-	Медленные фильтры	90-99 % микроорганизмов, мутность до норм состояния
		Взвешенные вещества до 1000 мг/л; цветность до 50 град	-	Предварительные фильтры	60-80 %
	Микропроцеживание	Планктон более 1000 кл/мл и взвеси	-	Микрофильтры	70-95 %
	Центрифугирование	Грубо- и тонкодисперсные примеси		Непрерывно действующие центрифуги, гидроциклоны	80-90 %

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6
Адгезия на высокодисперсных и зернистых материалах, а также на гидроксид ах алюминия и железа	Фильтрование через намывной слой вспомогательного вещества	Тонкодисперсные взвеси соединений железа и марганца (при необходимости их глубокого удаления)	Диатомит, трепел, асбест, целлюлоза, активированный уголь и др. (1-60)	Диатомитовые и другие намывные фильтры	По мутности до норм состояния
	Фильтрование коагулированной взвеси через зернистые загрузки	Коагулированная взвесь после сооружений первой ступени не более 10-15 мг/л	Флокулянты ПАА (0,01 – 0,04), АК (0,2 - 1) для интенсификации процесса	Скорые, двухслойные и грубозернистые фильтры, фильтры АКХ, многослойные фильтры и др.	То же
	Фильтрование с использованием явления контактной коагуляции	Взвесь до 150 мг/л, цветность до 150 град	Сернокислый алюминий или хлорное железо (10 - 120), полиакриламид (0,2 – 0,6), активная кремнекислота (0,1 – 2,0)	контактные осветлители, контактные фильтры	По мутности до норм состояния
	Электрофильтрование	Взвешенные вещества органической и минеральной природы, в том числе бактерии, споры, вирусы	-	Фильтры смонтированными в них электродами	До норм.установленных стандартом

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6
на гидроксид ах алюминия и железа	Обработка воды коагулянтами с последующим удалением взвесей	Взвешенные вещества и цветность воды не ограничены: патогенные бактерии, споры	Сернокислый глинозем (40 - 250), хлорное или сернокислое железо (20 - 150); электрохимически получаемые гидроокиси алюминия или железа; реагенты для подщелачивания – известь, сода	Установки для приготовления и дозирования растворов реагентов, смесители, камеры хлопьеобразования, электролизеры с растворимым анодом, осветлители или отстойники, фильтры; контактные осветлители (мутность воды до 150 мг/л)	То же
	Обработка высокодисперсным и глинистыми минералами с последующим отстаиванием и фильтрованием	Патогенные бактерии, споры и др.	Минералы: палы-горскит, монтмориллонит и др. (100 - 500)	Установки для приготовления и дозирования суспензии глинистых минералов, смесители, отстойники, фильтры.	98-99,9 %

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6
Агрегация при помощи флокулянтов	Обработка воды с коагулянтами применением флокулянтов и последующим удалением агрегатов отстаиванием и фильтрованием	Взвешенные вещества и цветность воды не ограничены: патогенные бактерии, споры	Сернистый глинозем (40 - 250), хлорное или сернистое железо (20 - 150), активная кремниевая кислота (3 - 20 % дозы безводного коагулянта), полиакриламид (0,01 - 3,0 % количества взвешенных веществ)	Установки для приготовления и дозирования растворов реагентов, смесители, камеры хлопьеобразования, осветлители или отстойники, фильтры; контактные осветлители и установки для приготовления и дозирования флокулянтов	До норм, установленных стандартом
Флотация	Безреагентная флотация	Нефти и масла (50 - 150 г/м ³)	Воздух (0,05 - 0,5 м ³ / м ³ очищаемой воды)	Флотаторы и устройства для диспергирования воздуха до пузырьков d = 15 - 30 мк	При содержании нефтей не более 10-15 г/м ³ - 95 %
	Флотация с применением реагентов	То же при необходимости глубокой очистки	То же и добавка жирных спиртов (10), Al ₂ (SO ₄) ₃ или FeCl ₃ (25 - 50), АК (10)	То же	95-99%

Окончание приложения Б

1	2	3	4	5	6
Бактерицидное воздействие на патогенные микроорганизмы	Обработка воды окислителями: хлорирование	Бактериальное загрязнение	Хлор (1 - 20) или двуокись хлора (1 - 5)	Склады хлора, хлораторы, смесители, контактные резервуары, установки для получения ClO_2 .	Получение воды стандартного качества
			Поваренная соль (10 - 100), электроэнергия (50 – 100 кВт-ч)	Склады соли, установки для электролитического хлорирования, смесители, контактные резервуары	То же
	Озонирование	То же	Озон (0,5 – 20,0)	Озонаторные установки с цехами подготовки воздуха и устройствами для введений озона в обрабатываемую воду	То же
	Обеззараживание и консервирование воды ионами серебра и других тяжелых металлов	То же при необходимости длительного хранения	Серебро металлическое (0,05 – 0,5), медь (0,2 – 1,0); электроэнергия (0,4 – 5 кВт-ч)	Ионаторы типа ЛК, резервуары для хранения воды	«<>»
	Обработка воды излучениями ультразвуком	Патогенные бактерии, споры и др.	Электроэнергия (200 – 400 кВт-ч)	Ультразвуковые установки	95 %
	ультрафиолетовым и лучами	То же при небольшом содержании г взвеси	Электроэнергия (50 – 100 кВт-ч)	Бактерицидные установки с лампами РКС-2,5; ПРК-7, БУВ-80 и др.	98-99,9 %

ПРИЛОЖЕНИЕ В - Методы удаления из воды веществ второй группы

Процесс	Рекомендуемый технологический способ обработки воды	Область применения по удаляемым загрязнениям	Используемые реагенты и их расход на 1000 м ³ воды, кг	Состав очистных сооружений	Степень очистки
1	2	3	4	5	6
Мембранное разделение	Ультрафильтрация	Высокомолекулярные коллоидные примеси, вирусы	-	Ультрафильтрационные установки	До 100 %
Окисление	Хлорирование	Повышенное содержание в воде коллоидных и высокомолекулярных соединений, обуславливающих окисляемость и цветность воды (35 – 200 град)	Хлор (5 - 20) или двуокись хлора (1 - 5)	Склады хлора, хлораторы, смесители, контактные резервуары, установки для получения двуокиси хлора	Вода стандартного качества
	Озонирование	То же	Озон (0,5 – 20,0)	Озонаторные установки с цехами подготовки воздуха и устройствами для введений озона в обрабатываемую воду	То же

Продолжение приложения В

1	2	3	4	5	6
Адсорбция на гидроксидах алюминия или железа, а также на высокодисперсных глинистых минералах	Коагуляция в свободном объеме: обработка воды коагулянтами с последующим удалением взвеси	Повышенное содержание в воде коллоидных и высокомолекулярных соединений, обуславливающих окисляемость и цветность воды (35-200 град)	Сернистый глинозем (40 - 200), хлорное железо (30 - 200), электрохимически получения гидроксида алюминия или железа; для подщелачивания используют известь, соду или NaOH	Устройства для приготовления растворов реагентов и их дозирования, электролизеры с растворимым анодом, смесители, камеры хлопьеобразования, отстойники или осветлители, фильтры	«»
	обработка воды высокодисперсным и замутнителями и коагулянтами	То же при низкой температуре и малой мутности воды, а также при высокой загрязненности воды вирусами	То же и добавки бентонита, палыгорскита (50 - 200) и других глинистых минералов	То же и устройства для обработки воды замутнителями	Вода стандартного качества
	Контактная коагуляция	Коллоидные и высокомолекулярные вещества, обуславливающие цветность воды (35-150 град) при малой мутности воды	Сернистый глинозем (10 - 20), полиакриламид (0,2 – 0,6) или активная кремнекислота	Смесители, контактные осветлители и контактные фильтры	То же

Продолжение приложения В

1	2	3	4	5	6
Агрегация при помощи флокулянтов катионного типа	Обработка воды катионными флокулянтами	То же	Высокомолекулярные полиэлектролиты катионного типа ВА-2, ВА-3 и др. (2 -15)	Устройства для приготовления растворов и их дозирования, смесители, камеры хлопьеобразования,	Вода стандартного качества
Вирулицидное воздействие	Обработка воды окислителями:	Загрязнение воды вирусами	Хлор (5 - 20) или двуокись хлора (1 - 10)	Склады хлора, хлораторы, смесители, контактные резервуары, установки для получения диоксида хлора.	То же
			Поваренная соль (10-100), электроэнергия (50 – 100 кВт-ч)	Склады соли, установки для электролитического хлорирования, смесители, контактные резервуары	То же
	Озонирование	Загрязнение воды вирусами	Озон (0,5 – 20,0)	Озонаторные установки с цехами под-готовки воздуха и устройства для введения озона в обрабатываемую воду	Вода стандартного качества

Окончание приложения В

1	2	3	4	5	6
	Обеззараживание и консервирование воды ионами серебра и других тяжелых металлов	Загрязнение воды вирусами при небольшом содержании хлоридов и необходимости длительного хранения воды	Серебро металлическое (0,05 – 0,5), медь (0,2 – 1,0); электроэнергия (0,4 – 5 кВт-ч)	Ионаторы типа ЛК, резервуары для хранения воды	Получение воды стандартного качества
	Обработка воды излучениями ультразвуком	Загрязнение воды вирусами	Электроэнергия (200 – 400 кВт-ч)	Ультразвуковые установки	95 %
	ультрафиолетовым и лучами	Загрязнение воды вирусами при небольшом содержании г взвеси	Электроэнергия (50 – 100 кВт-ч)	Бактерицидные установки с лампами РКС-2,5 и др.	98-99,9 %

ПРИЛОЖЕНИЕ Г- Методы удаления из воды веществ третьей группы

Процесс	Рекомендуемый технологический способ обработки воды	Область применения по удаляемым загрязнениям	Используемые реагенты и их расход на 1000 м ³ воды, кг	Состав очистных сооружений	Степень очистки
1	2	3	4	5	6
Десорбция газов и отгонка летучих органических соединений	Аэрирование	Газы и летучие органические соединения, придающие воде неприятные привкусы и запахи	Воздух	Брызгальные бассейны, аэраторы и дегазаторы различных типов	Углекислота 65-80 %, сероводород до 0, - 0,5 мг/л
Окисление	Хлорирование	Сероводород (0,3-0,5 мг) - доочистка после аэрирования; нелетучие органические соединения, придающие воде неприятные привкусы и запахи	На 1 кг H ₂ S при окислении до серы расходуется 2,1 кг Cl ₂ , а до сульфатов – 8,4 кг Cl ₂ . На окисление 1 кг акрезола или 1 кг фенола расходуется хлора 1,5 – 10,0 или двуокиси хлора 0,5 – 1,2 кг	Хлораторы, смесители, установки для получения и дозирования диоксида ClO ₂	Отсутствие сероводорода, уменьшение содержания органических соединений

Продолжение приложения Г

1	2	3	4	5	6
	Озонирование	Для удаления привкусов и запахов при не слишком загрязненных водах и малой эффективности хлорирования и углевания	Озон (2 - 4)	Озонаторные установки, смесители озона с водой	В зависимости от природы удаляемых загрязнений
	Обработка воды перманганатом калия	Удаление привкусов и запахов при незначительном загрязнении	$KMnO_4$ (3 - 10)	Установки для приготовления и дозирования раствора перманганата калия	В зависимости от природы удаляемых загрязнений
Электролиз	Электрообработка воды	Для удаления кислорода	Алюминий, 1 кг при одновременном осветлении и обесцвечивании воды	Установка для электрохимической очистки воды	80-90 %
Адсорбция на активированном угле	Углевание	Неприятные запахи и привкусы примеси естественного происхождения, а также вносимые со сточными водами	Уголь марок БАУ, А, ОУ – сухой, К АД – пылевидный (5 - 20)	Установка для приготовления, дозирования и смешивания с водой угольной суспензии	80-95 %

Окончание приложения Г

1	2	3	4	5	6
	Очистка воды на угольных фильтрах и в адсорберах со взвешенным слоем угля	Привкусы и запахи; ароматические органические вещества	Уголь гранулированный; для регенерации фильтров используют NaOH либо осуществляют парогазовую регенерацию во взвешенном слое	Угольные фильтры, устройства для приготовления регенерационных растворов, адсорберы со взвешенным слоем печи для активирования и регенерации углей	80-95 %
Экстракция органическими растворителями	Обесфеноливание	Фенолы в сточных водах	Бутилацетат, этилацетат, бензол и др.	Экстракционные установки	-
Эвапорация	Паоциркуляционный метод Азеотропная отгонка	То же «»	Пар «»	Установка для загонки «»	- -
Биохимический распад	Разложение микроорганизмами: аэробное	Загрязнения сточных вод	Активный ил, биопленка, воздух	Аэротенки, биофильтры, отстойники	90-98 %
	анаэробное	Концентрированные стоки, осадки	Анаэробные микроорганизмы	Метантенки и др.	То же

ПРИЛОЖЕНИЕ Д - Методы удаления из воды веществ четвертой группы

Процесс	Рекомендуемый технологический способ обработки воды	Область применения по удаляемым загрязнениям	Используемые реагенты и их расход на 1000 м ³ воды, кг	Состав очистных сооружений	Степень очистки
1	2	3	4	5	6
Разделение воды и ионов мембранными методами	Обратный осмос	Общее солесодержание 20-35 г/л	5 – 10 кВт-ч на 1 м ³	Установки с полупроницаемыми мембранами	90-99 %
Перевод ионов в малодиссоциированные соединения: нейтрализация	Подщелачивание или подкисление	Повышенная кислотность или щелочность воды (6,5<pH<9)	На 1 кг экв. удаляемой кислотности или щелочности один из реагентов: СаО (28), сода (53), едкий натр (40), серная кислота (49), соляная кислота (36,5), углекислый газ (44 кг)	Установки для приготовления и дозирования растворов реагентов, смесители	До необходимой величины

Продолжение приложения Д

1	2	3	4	5	6
Образование комплексных ионов	Стабилизация	Индекс насыщения воды (<i>I</i>) больше нуля	Один из реагентов гексаметафосфат натрия, триполифосфат натрия, тринатрийфосфат (2 – 4 при $I > 0,5$, 10 -20 при $I > 0$); гуматы натрия (15 торфа и 0,7 едкого натра)	То же	Предотвращение накипеобразования и коррозии
Перевод ионов в малорастворимые соединения: образован ие малорастворимых солей (Ca и Mg)	Умягчение: Термический способ Содово-известковый способ	Жесткость с преобладанием $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, некарбонатная только в виде гипса; мутность меньше 50 мг/л Жесткость 5-30 мг·эquiv/л; мутность до 50 мг/л	- Сода (53 кг на 1 кг экв некарбонатной жесткости), известь (28 кг экв карбонатной жесткости)	Термоумягчители системы Копьева и др. Смесители, вихревые реакторы, установки типа "Струя", осветлители и отстойники специальных конструкций	Карбонатная жесткость до 0,035 мг·эquiv/л До 0,7 – 1,0 мг·эquiv/л

Продолжение приложения Д

1	2	3	4	5	6
	Фосфатный способ	После проведения умягчения воды до 2 мг·эquiv/л	Тринатрийфосфат, динатрийфосфат (до 126,5кг на 1 кг экв удаляемой жесткости)	То же	До 0,04 – 0,005 мг·эquiv/л
образование малорастворимых гидроксидов	Удаление цветных и тяжелых металлов, а также магниево жесткости	Содержание ионов металлов выше норм, допустимых для сточных вод. Умягчение вод, содержащих значительные количества магния	Известь (28), едкий натр (40 кг на 1 кг экв ионов)	Установки для приготовления растворов, дозирования растворов, смесители, отстойники или осветлители, фильтр-прессы	До пределов растворимости гидроокисей
	Обескремнивание	Повышенное для котловой воды количество кремнекислоты	Каустический магнезит, магнезиальный сорбент (10-15 кг на 1 кг SiO ₂)	осветлители, фильтры	До 1 – 1,5 0,5 – 0,1 мг/л
окисление закисных форм металлов с образованием их гидроксидов	Обезжелезивание и удаление марганца: аэрирование или хлорирование	Бикарбонат железа до 25 мг/л при щелочности до 2 мг·эquiv/л и окисляемости до 6 мгО/л, повышенное содержание соединений марганца	Хлор (0,7 кг на 1 кг Fe ²⁺)	Брызгальные бассейны, градирни, контактные резервуары, осветлительные и контактные фильтры	Fe до 0,1 – 0,3 мг/л, Mn до 0,1 – 0,2 мг/л

Продолжение приложения Д

1	2	3	4	5	6
Фиксация ионов на твердой фазе сорбентов : Н-, Na-катионирование	Умягчение	Жесткость до 14 мг·эquiv/л, содержание взвешенных веществ до 10-15 мг/л (при использовании неподвижного слоя катионита)	Сульфоуголь сорт «крупный», КУ-1, КУ-2, КБ-4. Для регенерации используется NaOH (150 - 220), H ₂ SO ₄ (72), либо HCl (56 кг на 1 кг экв удаленной жесткости)	Катионитовые фильтры, адсорберы со взвешенным слоем катионита, установки для приготовления и дозирования регенерационных растворов	0,005 – 0,05 мг·эquiv/л
	Извлечение ионов цветных металлов	Содержание ионов металлов выше норм, допустимых для сточных вод	То же на 1 кг экв удаляемого металла	То же	0,005 – 0,05 мг·эquiv/л
Н - OH-ионирование	Опреснение	Общее солесодержание до 3-4 г/л, содержание взвеси до 8 мг/л; цветность до 30 град	Катионный сульфогель КУ-1, КУ-2, КБ-4 для регенерации используется, H ₂ SO ₄ (72), либо HCl (56 кг на 1 кг экв удаленной жесткости)	Ионообменные фильтры, дегазаторы, установки для приготовления и дозирования регенерационных растворов	75-90 % (до солесодержания 500 – 1000 мг/л)
	Обессоливание	То же	Аниониты АН – 2Ф, ЭДЭ – 10П, АВ-17, АВ-16. Для регенерации используется NaOH (80), Na ₂ CO ₃ (90-120), NaHCO ₃ (140-170 кг на 1 кг экв удаленных анионов)	То же	99,5-99,9 % (до солесодержания 1 – 15 мг/л)

Продолжение приложения Д

1	2	3	4	5	6
Удаление ионов	Обесфторивание	Содержание ионов фтора более 1,5 мг/л	Сернокислый алюминий (40-50 кг на 1 кг фтора) для регенерации сорбента	Фильтры, загруженные активированной окисью алюминия	Донорма стандарта
Сепарация ионов при различных фазовых состояниях воды: перевод в газообразное состояние	Дистилляция	Общее солесодержание 20-35 г/л	Пар, тепло	Испарители различных типов, термокомпрессорные агрегаты, гелиоопреснители, двухцелевые атомные установки	99,9 % (до содержания 20-50 мг/л)

Продолжение приложения Д

1	2	3	4	5	6
Перераспределение ионов в несмешивающихся жидкостях	Экстракция	Солесодержание 2-10 г/л, отсутствие солей кальция и магния	Вторичные и третичные амины (2 - 4)	Экстракционные и ректификационные колонны	95-99 %
перевод воды в твердую фазу	Опреснение вымораживанием	Солесодержание до 35 г/л	Различные хладоагрегаты, естественный холод	Установки с использованием искусственного холода, площадки для вымораживания	92-97 %
	Газогидратное опреснение	Солесодержание до 35 г/л	Углеводороды с числом атомов углерода 1-4, их галоидные дериавиты – фреоны и др. потери реагентов обусловлены утечкой	Газогидратные установки, включающие реактор-гидратообразователь, отделитель и узел плавления гидратов	До 99 %


Окончание приложения Д

1	2	3	4	5	6
Миграция ионов в электрическом поле	Электродиализ	Общее солесодержание 3-10 г/л, мутность до 2 мг/л, содержание железа до 0,3 мг/л	Расход электроэнергии 4 - 20 уВт-ч на 1 м ³ опресненной воды	Установки для электрохимического обессоливания воды	500 – 1000 мг/л
	Электрообработка воды	Для частичного и глубокого обезжелезивания воды	Al (0,1-0,2 кг на 1 кг Fe при частичном и 0,5 кг на 1 кг Fe при полном обезжелезивании воды)	Установка для электрохимической очистки воды	80-90 %
	Обескремнивание электрохимическое	Для предварительной подготовки воды перед ее обессоливанием	Al (0,25-0,5 кг на 1 кг SiO ₃ ²⁻)	-	-

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
кафедра «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Т.А. Кулагина
подпись
«дб» июль 2018 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Повышение качества очистки нефтесодержащих сточных вод ТЭК»

20.04.01 Техносферная безопасность

20.04.01.01 Безопасность жизнедеятельности в техносфере

Научный руководитель


подпись, дата

канд.техн.наук, доцент

И.В. Андруняк

Выпускник


подпись, дата

Я.Г. Турубанова

Рецензент


подпись, дата

канд.техн.наук, доцент

О.Г. Дубровская

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
институт
Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Г.А. Кулагина
101 11.06.2018

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
магистерской диссертации

- Студенту: Турубиной Яне Геннадьевне
Группа ФЭ 16-07М
Направление (специальность) 20.04.01. «Техносферная безопасность»
Тема выпускной квалификационной работы: Повышение качества очистки нефтесодержащих сточных вод ТЭК.
Утверждена приказом по университету: № 6744/с от 10.05.2018
Руководитель ВКР: И.В. Андруняк, канд. техн. наук
Исходные данные для ВКР: справочная, учебная литература.
Перечень разделов ВКР:
1. Современное состояние и анализ методов кондиционирования сточных вод энергетических систем и комплексов.
 2. Объекты и методы исследования.
 3. Результаты экспериментальных исследований и расчет рекомендуемого оборудования.
 4. Сравнение эффективности технологических схем кондиционирования сточных вод стандартными фильтрами и предлагаемым сорбционно-фильтрационным блоком.

5. Оценка достоверности полученных результатов.

6. Техничко-экономическое обоснование применения рекомендуемой технологии.

Перечень графического и иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов:

Лист 1. Принципиальная аппаратурно - технологическая схема станции водоочистки на предприятиях ТЭК;

Лист 2. Модернизированная аппаратурно-технологическая схема станции водоочистки на предприятиях ТЭК;

Лист 3. Разрезы диктующих сооружений очистки стоков на предприятиях ТЭК;

Лист 4. Разрез обеззараживающей установки;

Лист 5. Результаты исследований эффективности сорбента Унисорб-БИО;

Лист 6. Техничко-экономическое обоснование научно исследовательских решений.

Руководитель ВКР


подпись

И.В. Андруняк
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению


подпись, инициалы и фамилия студента

Я. Г. Турубанова


« 01 » июня 2018 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК


выполнения этапов ВКР

Наименование и содержание этапа	Сроки выполнения
Литературный обзор ранее использованных или предложенных методов очистки сточных вод теплоэнергетического комплекса	12.02.2018 – 11.03.2018
Продолжение исследования литературы, патентов, книг и статей по очистке сточных вод теплоэнергетического комплекса с помощью блока сорбционных фильтров.	12.03.2018 – 30.03.2018
Оформление лабораторных исследований и расчет испытаний.	01.04.2018 – 23.04.2018
Оформление пояснительной записки.	24.04.2018 – 03.06.2018
Графическое оформление чертежей, доклада.	04.06.2018 – 22.06.2018

Научный руководитель


И.В. Андруняк
подпись, дата

Задание принял к исполнению


Я.Г. Турубанова
подпись, дата