

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
« _____ » _____ 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Снижение рисков за счет использования флокулянтов при очистке
нефтедержащих сточных вод»

20.04.01 Техносферная безопасность

20.04.01.03 Чрезвычайные ситуации в техносфере

Руководитель	_____	канд.техн.наук	И.В. Андруняк
	подпись, дата		
Выпускник	_____		Д.В. Демченко
	подпись, дата		
Рецензент	_____	канд.техн.наук	Е.П. Грищенко
	подпись, дата		

Красноярск 2019

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Снижение рисков за счет использования флокулянтов при очистке нефтесодержащих сточных вод» содержит 105 страниц, включает 17 таблиц, 14 рисунков, 58 литературных источников и 8 листов графического материала.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, ФЛОТАЦИЯ, НЕФТЕСОДЕРЖАЩИЕ СТОКИ, ФЛОКУЛЯНТ, СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ.

Объект исследования – оборудования для обработки и очистки сточных вод.

Предмет исследования – технологические процессы обработки и корректировки свойств воды.

Цели работы:

– оценка эффективности существующей системы очистки сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий;

– усовершенствование методов, технологических схем и устройств для повышения эффективности работы систем очистки сточных вод металлургических предприятий с помощью флокулянтов;

– снижение экологического риска от сброса нефтезагрязненных сточных вод.

АННОТАЦИЯ

к магистерской диссертации

на тему: Снижение рисков за счет использования флокулянтов при очистке нефтесодержащих сточных вод

Магистерская диссертация выполнена на 105 страницах, включает 17 таблиц, 58 литературных источников.

Объектом исследования является оборудования для обработки и очистки сточных вод.

Целью исследования является усовершенствование методов, технологических схем и устройств для повышения эффективности работы систем очистки сточных вод металлургических предприятий с помощью флокулянтов.

В магистерскую диссертацию входит введение, девять глав, итоговое заключение по работе.

Во введении раскрывается актуальность выпускной квалификационной работы по выбранному направлению, ставится проблема, цель и задачи.

В первой главе приведен литературный обзор по тематике магистерской диссертации.

Во второй главе дана характеристика существующих методов и сооружений для очистки нефтесодержащих сточных вод.

В третьей главе описаны объекты и методы исследования.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований.

В пятой главе произведен расчет рекомендуемого оборудования для очистки нефтесодержащих сточных вод.

В шестой главе произведено сравнение эффективности технологически схем очистки сточных вод флокулянтами Praestol и предлагаемыми флокулянтами Superflock.

В седьмой главе приведена оценка достоверности полученных результатов.

В восьмой главе произведено технико-экономическое обоснование предлагаемой схемы очистки нефтесодержащих сточных вод.

В девятой главе произведен расчет риска разлива нефтезагрязненных сточных вод.

В заключении сформулированы выводы по выпускной квалификационной работе.

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
« _____ » _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Студенту: Демченко Дарине Владимировне

Группа ФЭ17-09М Направление (специальность) 20.04.01 «Техносферная
безопасность» программа 20.04.01.03 «Чрезвычайные ситуации в техносфере»

Тема выпускной квалификационной работы: «Снижение рисков за счет
использования флокулянтов при очистке нефтесодержащих сточных вод»

Утверждена приказом по университету: № 4195 от 01.04.2019 г.

Руководитель ВКР: И.В. Андруняк, канд.техн.наук, доцент ПИ СФУ
кафедра «ИЭиБЖД»

Исходные данные для ВКР: справочная литература, учебная литература.

Перечень разделов ВКР: Введение; Литературный обзор; Методы и
сооружения для очистки производственных сточных вод; Объекты и методы
исследования; Результаты экспериментальных исследований; Расчет
рекомендуемого оборудования; Сравнение эффективности технологически
схем очистки сточных вод флокулянтами Praestol и предлагаемыми
флокулянтами Superalock; Оценка достоверности полученных результатов;
Технико-экономическое обоснование; Расчет риска разлива
нефтезагрязненных сточных вод; Заключение; Список использованных
источников.

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

Лист 1. Аппаратурно-технологическая схема станции водоочистки на металлургических предприятиях;

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

Лист 3. Модернизированная контактно-флокуляционная камера;

Лист 4. Напорно-кварцевый фильтр;

Лист 5. УФ-установка;

Лист 6. Результаты экспериментальных исследований;

Лист 7. Дерево отказов разлива нефтезагрязненных сточных вод;

Лист 8. Технико-экономическое обоснование.

Руководитель ВКР

(подпись)

И.В. Андруняк

Задание принял к исполнению

(подпись)

Д.В. Демченко

« ____ » _____ 2019 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
Выполнения ВКР

Наименование и содержание этапа	Срок выполнения
Назначение темы диссертации. Составление плана диссертации	30.10.2017-15.11.2017
Подбор необходимой литературы	16.11.2017-30.12.2017
Литературный обзор ранее использованных или предложенных методов очистки сточных вод металлургических предприятий	01.01.2018-30.04.2018
Продолжение исследования литературы, патентов, книг и статей по очистке сточных вод металлургических предприятий с помощью флокулянтов	01.05.2018-31.12.2018
Проведение лабораторных исследований и расчет испытаний	01.01.2019-01.03.2019
Продолжение выполнения расчетов, оформление результатов, составление выводов	02.03.2019-30.05.2019
Оформление пояснительной записки	30.05.2019-01.07.2019
Графическое оформление чертежей, доклада	01.07.2019-16.07.2019

Руководитель ВКР

(подпись, дата)

И.В. Андруняк

Задание принял к исполнению

(подпись, дата)

Д.В. Демченко

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	10
1 Литературный обзор	12
1.1 Общая информация	12
1.2 Способы очистки нефтесодержащих сточных вод.....	13
1.3 Очистка нефтесодержащих сточных вод с помощью флокулянтов	18
1.4 Патентный поиск	24
2 Методы и сооружения для очистки производственных сточных вод	29
2.1 Нефтеловушки	29
2.2 Флотационная очистка.....	33
2.3 Сорбция.....	35
2.4 Коагуляция и флокуляция	36
3 Объекты и методы исследования	38
4 Результаты экспериментальных исследований.....	42
5 Расчет рекомендуемого оборудования	48
5.1 Расчет аккумулирующей емкости.....	49
5.2 Расчет усреднителя с механическим перемешивающим устройством...	49
5.3 Расчет контактной камеры.....	50
5.4 Расчёт фильтровальных установок.....	52
5.5 Расчет УФ-установки	64
6 Сравнение эффективности технологически схем очистки сточных вод флокулянтами Praestol и предлагаемыми флокулянтами Superalock	66
7 Оценка достоверности полученных результатов.....	71
8 Техничко-экономическое обоснование применения рекомендуемой технологии	73
8.1 Общее положение	73
8.2 Расчет капитальных вложений.....	73
8.3 Определение сметной стоимости строительства	75
8.4 Эксплуатационные затраты	77
8.5 Расходы на заработную плату	78
8.6 Расчет стоимости реагентов и материалов	79
8.7 Стоимость электроэнергии.....	80
8.8 Стоимость воды на собственные нужды.....	81

8.9	Стоимость тепловой энергии на отопление, горячее водоснабжение, технологические нужды	82
8.10	Амортизационные отчисления.....	83
8.11	Затраты на текущий ремонт и прочие расходы.....	84
8.12	Расчет показателей экономической эффективности.....	84
8.13	Затраты на текущий ремонт и прочие расходы.....	85
8.14	Расчет показателей экономической эффективности.....	85
8.15	Технико-экономические показатели.....	86
9	Расчет риска разлива нефтезагрязненных сточных вод.....	87
	Заключение	99
	Список используемых источников.....	101

ВВЕДЕНИЕ

Современные промышленные технологии предполагают использование достаточно больших объемов нефти и нефтепродуктов, что впоследствии определяет значительные сбросы нефтесодержащих стоков.

Как показывает анализ литературных источников и патентной документации вопросам очистки нефтесодержащих сточных вод посвящены многочисленные работы. Однако в недостаточной мере освещены методы очистки нефтесодержащих сточных вод с учетом требований экологии.

Актуальность работы обусловлена необходимостью совершенствования систем очистки технических и сточных вод металлургических предприятий с применением новых наукоемких технологий с целью снижения экономических затрат, а так же повышения уровня надежности и безопасности существующих промышленных систем и комплексов.

Применяемые в настоящее время сооружения по очистке воды представляют собой большие, массивные строительные объекты, имеют очистные установки с большой открытой площадью испарения, обременительны в обслуживании, что удорожает, усложняет очистку сточных вод от различных загрязнений.

Основной задачей при очистке сточных вод на предприятиях является создание и разработка новых, а также модернизация известных уже методов очистки, направленных на достижение нормативных требований по качеству воды и создание практически замкнутых бессточных или малоотходных систем водопотребления. Такая возможность имеется в связи с развитием физико-химических методов очистки и методов доочистки сточных вод, в частности, благодаря созданию дешевых реагентов для очистки воды.

Объект исследования – оборудование для обработки и очистки сточных вод промышленных предприятий.

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 очистки сточных вод металлургического предприятия с помощью флокулянтов и снижения экологического риска от сброса нефтезагрязненных сточных вод.

В соответствии с поставленной целью были решены задачи:

1. Произведена оценка эффективности существующей системы очистки сточных вод металлургических предприятий;

2. Были усовершенствованы методы, технологические схемы и устройства для повышения эффективности работы систем очистки сточных вод с помощью модернизированного флокуляционно-фильтрационного блока;

3. Достигнуто снижение экологического риска от сброса сточных вод металлургических предприятий.

Для выполнения поставленных задач использовались актуальные и современные методы исследования на основе физико-химических исследованиях веществ: фильтрования, стандартные методики кинетических измерений, статистические методы обработки результатов на ПО, подтверждена экспериментальными исследованиями по стандартным методикам с применением приборов и оборудования, обеспечивающих требуемую точность и надежность результатов измерений.

1 Литературный обзор

1.1 Общая информация

Главными источниками загрязнений нефтью и нефтепродуктами являются добывающие предприятия. На каждом из заводов объемы отходов нефтепродуктов составляют сотни тысяч кубометров. Большинство хранилищ таких отходов уже на протяжении десятилетий стали настоящими источниками таких загрязнений [1]. Можно выделить несколько видов загрязнений сточных вод [2]:

- минеральные, к ним относятся песок, глинистые частицы, растворы солей, кислот, а также многие другие вещества, поступающие в сточные воды при отделении их от сырой нефти в процессе переработки нефти;

- органические – нефть является основным органическим загрязнением пластовых вод, извлекаемых на поверхность при эксплуатации нефтяных месторождений. Повышенное содержание органических веществ в сточных водах получается за счет попадания в них продуктов переработки нефти или реагентов, участвующих в технологическом процессе переработки нефти.

На территории нефтеперерабатывающих заводов существуют различные виды сточных вод [3]:

- 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 поступают от умывальников, душей, уборных и смыва полов административных зданий и бытовых помещений;

- атмосферные воды образуются вследствие выпадения атмосферных осадков на проезды, площадки технологических установок и резервуарных парков, а также на другие площади заводских территорий.

Все сточные воды нефтеперерабатывающих заводов подвергаются очистке. Наиболее широкое применение получили такие методы очистки, как [4]:

- механические (процеживание, центробежное отделение, отстаивание, фильтрование);
- физико-химические (флотация, сорбция, экстракция, коагуляция, флокуляция);
- химические (ионный обмен, нейтрализация, окисление);
- биологические (природные условия, искусственные условия).

1.2 Способы очистки нефтесодержащих сточных вод

При выборе технологии очистки конкретного стока определяющими факторами являются: расход стока, исходная концентрация нефтепродуктов и сопутствующих загрязнений, требования к качеству очищенной воды по всем нормируемым загрязнениям.

В зависимости от требований к качеству очищенной воды, а также целого ряда технико-экономических показателей выбирается технологическая схема очистки, основу которой составляет механическая обработка. При этом в зависимости от конкретных условий используются гравитационные устройства разнообразных конструкций [5, 6], а с целью повышения эффекта очистки может быть осуществлена предварительная [7, 8] или последующая [9] обработка стоков.

Кроме отстаивания с использованием реагентов (коагуляция, флокуляция, их комбинации) или без них технологическая очистка может включать фильтрование, флотацию, сорбцию, центрифугирование, хлорирование, озонирование [10].

Механическая очистка

Методы механической очистки, основанные на гравитационном разделении материалов, позволяют извлекать из сточных вод нефтепродукты, находящиеся в грубодисперсном (капельном) состоянии. Поэтому методы механической очистки применяются лишь совместно с другими, более тонкими.

Используемые для механической очистки стоков решетки, песколовки, нефтеловушки, отстойники и другие, как правило задерживают основную массу сопутствующих загрязнений минерального происхождения (песок, земля и т.д.), защищая от износа и забивания последующие устройства и сооружения.

Часть нефтепродуктов всплывает в виде пленки на поверхность воды, часть, покрывая грубодисперсные примеси, опускается на дно.

При механической очистке нефтесодержащих стоков наибольшее распространение получили песколовки, масло-, бензоуловители, нефтеловушки, отстойники, а также решетки, сетки, коалесцирующие вращающиеся диски, гидроциклоны и фильтры [6, 10-14].

Песколовки

Песколовки, с помощью которых удаляются механические грубодисперсные примеси, а также часть нефтепродуктов, в технологических схемах очистки располагаются между решетками и первичными отстойниками или нефтеловушками, обеспечивая их нормальную работу.

Конструктивно песколовки в зависимости от направления движения сточных вод подразделяются на горизонтальные и вертикальные. Они применяются при расходе сточных вод более 100 м³/ч. При меньшем расходе очищаемых вод используют щелевые песколовки, эффективность которых ниже.

Горизонтальные и вертикальные песколовки задерживают 15-20 % минеральных примесей из стоков.

Нефтеловушки

Нефтеловушки служат для улавливания из стоков основной массы нефтепродуктов (до 90-95 %).

По конструктивному исполнению нефтеловушки могут быть горизонтальные, вертикальные, радиальными с дополнительными устройствами, позволяющие эффективно удалять как плавающие нефтепродукты с поверхности воды, так и осадок [12].

Степень очистки сточных вод нефтепродуктов в горизонтальных ловушках составляет 60-70 %. Для повышения эффективности работы нефтеловушек применяют тонкослойное отстаивание.

Фильтры

В качестве фильтруемого материала применяют кварцевый песок, керамзит, графит, кокс, полимерные материалы (пенополистерол, пенополиуретан и др.), а также сетки, нетканые материалы на основе синтетических волокон и т.д. При регенерации синтетических фильтруемых материалов удаляется до 95 % адсорбированных нефтепродуктов [9,16-18].

Физико-химическая обработка применяется для дополнительной очистки сточных вод, прошедших нефтеловушки и содержащих эмульгированные и растворенные нефтепродукты. Выделение их седиментационными методами возможно после укрупнения частиц нефтезагрязнений с помощью коагуляции и флокуляции или других методов. Широкое применение нашли флотация и сорбция. Кроме того, в различных системах очистки нефтесодержащих стоков используют ионный обмен, ультрафильтрацию, обратный осмос, экстракцию и другие методы. [10-12].

Коагуляция

После механической очистки оставшиеся в воде частицы нефтепродуктов образуют эмульсионную систему, устойчивость которой определяется степенью дисперсности, поверхностными и электрокинетическими свойствами частиц.

В качестве коагулянтов используют [12] известь в чистом виде и в смеси с углекислым газом, с солями хлорного и сернокислого железа и алюминия, с фосфатами, соединениями хрома или кальция с глиной, серной кислотой или сульфатом меди и т.д.

В работе [12] отмечены следующие преимущества очистки сточных вод коагуляцией: простота необходимого оборудования и аппаратуры, невысокая стоимость монтажа очистного оборудования; возможность легко и просто увеличивать или уменьшать количество добавляемых реагентов, что позволяет применять коагуляцию при значительных колебаниях количества и качества

сточных вод; возможность прерывать процесс в случае отсутствия сточных вод и возобновлять его при поступлении стоков вновь, при этом перерывы не влияют на протекание процесса.

Недостатки указаны в работе [11]: сравнительно большие дозы, а в связи с этим и расход минеральных коагулянтов; образование значительных объемов осадков большой влажности, трудноподдающихся обезвоживанию.

Флотация

При флотации извлечение эмульгированных нефтепродуктов осуществляется пузырьками воздуха или смеси углеводородных газов, введенных в воду разными способами [11, 19, 20].

Обычно прилипание частиц воздуха или другого газа к извлекаемой какого-либо вида частице обусловлено неполным смачиванием последней водой, т.е. ее гидрофобностью. Чем выше гидрофобность извлекаемых примесей, тем больше вероятность их закрепления на пузырьках воздуха. В связи с этим флотационная очистка сточных вод технологически и экономически эффективна при извлечении примесей, обладающих природной гидрофобностью таких, как нефть, нефтепродукты.

Использование коагулянтов в виде растворов сернокислого алюминия, железа и др.) и флокулянтов (поливиниловый спирт, полиакриламид, полиэтиленоксид) значительно интенсифицируется процесс флотации загрязнений, так как повышается гидрофобизация частиц [21, 22]. Это может быть достигнуто и с помощью собирателей катионного типа (смесь солянокислых солей первичных алифатических аминов, полиэтиленамин и др.) [23]. По сравнению с неорганическими коагулянтами расход используемых собирателей на порядок ниже, в результате чего сокращается объем шламового осадка.

Из других факторов, повышающих эффективность процесса флотации, следует отметить использование электрического поля вместе с коагуляцией примесей, оптимизацию температуры и среды.

Адсорбция

Широкораспространенные реагентные методы в очистке нефтесодержащих сточных вод наряду с коагуляцией и флокуляцией включают адсорбцию. Как отмечено в [11], адсорбция – это практически единственный метод, позволяющий очищать сточные воды от нефтепродуктов до любого требуемого уровня без внесения в воду каких-либо вторичных загрязнений.

В качестве адсорбентов применяют природные и искусственные пористые материалы.

Биохимическая очистка

Сточные воды, содержащие 15-25 мг/л нефтепродуктов после механической и физико-химической очистки, перед сбросом в водоем направляют на биохимическую очистку, заключающуюся в окислении органических загрязнений микроорганизмами [24].

Биохимическое окисление проводят как в естественных условиях на полях фильтрации, орошения и биологических прудах, так и в искусственно созданных условиях на биофильтрах и в аэротенках. Поля фильтрации, поля орошения и биофильтры функционируют за счет почвенных биоценозов; биологические пруды и аэротенки – за счет биоценозов водоемов.

Для очистки нефтесодержащих сточных вод наибольшее распространение получили биофильтры и аэротенки. Биофильтр – прямоугольный или круглый резервуар обычно из железобетона (кирпича) с двойным дном. На верхнем дырчатом дне располагают фильтрующую загрузку из прочных химически стойких материалов: шлак, гранитный щебень, кокс, керамзит и др. Нижнее сплошное дно служит для сбора воды, прошедшей фильтрующую загрузку.

Биофильтры по окислительной мощности и величине допускаемой гидравлической нагрузке подразделяются на капельные и высоконагружаемые (аэрофильтры). В капельных биофильтрах кислород, необходимый для жизнедеятельности аэробного слоя биопленки, прикрепленной на поверхности фильтрующей загрузки, захватывается самой сточной водой, которую при помощи специальных насадок или реактивных оросителей периодически подают на обработку, равномерно распределяя по всей площади биофильтра. В

аэрофилтрах под колосниковые решетки, на которые уложена загрузка, непрерывно при помощи вентиляторов подают воздух. Благодаря наличию гидравлических затворов, герметизирующих поддонное пространство, нагнетаемый воздух может выйти только через слой загрузки, вследствие чего происходит насыщение биопленки кислородом воздуха.

В процессе окисления загрязнений происходит образование новой пленки и отмирание старой, которая срывается с поверхности загрузки движущейся водой и выносится из биофильтров. Для ее задержания после биофильтров устанавливают отстойники, как правило, вертикального типа.

По данным [24], для очистки стоков используют комбинированные установки, выполняющие функции аэротенка и вторичного отстойника, аэроакселераторы, оксидаторы, реактиваторы и другие, в которых в разных комбинациях сочетаются процессы биокоагуляции, отстаивания, осветления во взвешенном слое осадка и аэробного биохимического окисления. Общим для всех видов комбинированных сооружений является значительное сокращение производственных площадей.

Интересная разработка НИИ ВОДГЕО предложена в работе [25]. Эта конструкция компактного закрытого сооружения для аэробной биоочистки нефтесодержащих сточных вод с плавающей насадкой из гранул полиэтилена. Эта загрузка хорошо отмывается и не склеивается.

1.3 Очистка нефтесодержащих сточных вод с помощью флокулянтов

Несмотря на большое число разработок, отраженных в литературе [26-28], проблему очистки природных и сточных вод нельзя считать решенной. Это вызывает необходимость совершенствования технологии очистки воды, которая существенно зависит от интенсификации реагентной и, в частности, флокуляционной её обработки. Для этих целей используются водорастворимые высокомолекулярные соединения, среди которых наиболее распространенными и универсальными являются полиакриламидные флокулянты [29]. В результате их применения достигается эффективность удаления тяжёлых металлов на 95 %,

соединений фосфора более 90 %, взвешенных веществ более 80 %, органических веществ более 75 % [30]. Кроме того, флокуляционная очистка воды характеризуется низкими капитальными и эксплуатационными затратами по сравнению с другими методами водоочистки [26]. Вопросам флокуляции модельных и реальных дисперсных систем с использованием полиакриламидных флокулянтов посвящены монографии [27-29] и обзоры [31,32]. С учетом этой информации и наиболее значимых данных последних лет в настоящем литературном обзоре приводятся основные закономерности очистки природных и сточных вод полиакриламидом (ПАА) и его анионными и катионными производными в отсутствие и в присутствии минеральных коагулянтов, а также рассмотрены наиболее эффективные способы интенсификации водоочистки.

В настоящее время для очистки сточных вод применяется значительное число различных флокулянтов как неионогенных, так и полиэлектролитов. Много новых марок испытано и внедряется в промышленность.

Химическая природа большинства флокулянтов, выпускаемых различными фирмами, мало отличается друг от друга. Наибольшее распространение получили флокулянты на основе акриламида, аминоалкиловых эфиров метакриловой и акриловой кислот, четвертичных аммониевых солей, солей акриловой и метакриловой кислот, полиаминов. Основными способами получения флокулянтов являются полимеризация и сополимеризация акриламида и ионогенных мономеров, полимераналогичные превращения [28, 29].

Товарная форма флокулянтов может быть различной. Флокулянты производятся в жидком, гелеобразном, порошкообразном виде. В частности, для кондиционирования осадка сточных вод в настоящее время используется жидкий флокулянт. Достоинством данной технологии является возможность получения продукта с заданной молекулярной массой и величиной заряда путем варьирования соотношения исходных компонентов [30].

Недостатком порошкообразных и гелеобразных флокулянтов является сложности, возникающие при приготовлении растворов флокулянтов, т.к. для их растворения требуется специальное оборудование. В этой связи в настоящее время стали выпускать эмульсионные флокулянты, которые хорошо смешиваются с водой, несмотря на высокую молекулярную массу. Кроме того, при получении флокулянтов в виде эмульсий расширяется сырьевая база для их производства. Например, эмульсионной полимеризацией получают микроэмульсию амфотерного флокулянта на основе катионного акриламида и анионного ненасыщенного сомономера, который может использоваться для флокуляции дисперсий без разбавления (в виде эмульсии) или в виде разбавленного водного раствора [33].

В связи с возрастающими требованиями к качеству очищаемых сточных вод возникает проблема интенсификации работы действующих очистных сооружений. Использование флокулянтов на разных стадиях очистки промышленных сточных и обработки осадка позволяет повысить качество очищенной воды и увеличить пропускную способность очистных сооружений без значительных капитальных затрат.

Флокулянты могут быть использованы:

- на стадии механической очистки для увеличения эффекта осветления в отстойниках и флотаторах;
- на стадии коагуляционной очистки для сокращения дозы коагулянта и увеличения эффективности осветления сточной воды;
- на стадии биологической очистки для увеличения производительности вторичных отстойников и коагуляционной очистки воды от соединений фосфора;
- на стадии глубокой очистки воды фильтрованием с использованием фильтров с минеральной загрузкой;
- для интенсификации процесса обезвоживания образующегося осадка [9].

Флокулянты обычно подразделяют на три группы:

- неорганические;

- природные органические;
- синтетические органические.

Неорганические флокулянты.

Основным неорганическим высокомолекулярным флокулянтом является активная кремниевая кислота. Активная кремниевая кислота представляет собой частично структурированный коллоидный раствор (золь) диоксида кремния. Данная кислота не является промышленным продуктом, ее готовят на месте применения. Сырьем служит силикат натрия (жидкое стекло) и активирующий агент - минеральные кислоты, хлор, диоксид углерода или серы, сульфат или оксихлорид алюминия, алюминат натрия и др.

Флокулирующая способность золь активной кремниевой кислоты зависит преимущественно от образования в процессе их созревания агрегатов коллоидных размеров, представляющих собой цепеобразные, разветвленные структуры, способные взаимодействовать с коллоидными частицами и грубодисперсными взвесями гидроксидов алюминия, железа, магния и других металлов с образованием крупных, прочных и тяжелых хлопьев.

Активная кремниевая кислота является анионным полиэлектролитом и отрицательный заряд макроиона, который облегчает адсорбционное и адгезионное взаимодействие кремниевой кислоты с положительно заряженными частицами.

Природные органические флокулянты.

К природным высокомолекулярным органическим флокулянтам относятся: крахмал, декстрин, эфиры целлюлозы, альгинат натрия и гуаровые смолы.

Растворимый в воде крахмал является смесью линейного полимера - амилозы и разветвленного полимера - амилопектина и относится к неионогенным флокулянтам. Флокулирующая способность крахмала зависит от его молекулярной массы и содержания амилозы и амилопектина, которые определяются видом растения (например, картофель, кукуруза), из которого получен крахмал.

Декстрины получают кислотной обработкой крахмала при различных температурах, концентрациях кислоты и т.д. Получаемые анионные полиэлектролиты обладают значительной флокулирующей способностью.

Синтетические органические флокулянты.

В настоящее время выпускается большое число неионогенных, анионных и катионных синтетических органических высокомолекулярных флокулянтов, которые постепенно вытесняют природные флокулянты.

Полиакриламид (ПАА) получил наиболее широкое распространение. ПАА получают обработкой акрилонитрила 85 % раствором серной кислоты с последующей полимеризацией акриламида. Выпускаемый ПАА хорошо растворяется в воде. Концентрированные растворы ПАА представляют собой гелеобразную массу; разбавленные водные растворы имеют значительную вязкость. ПАА в присутствии кислот и щелочей частично гидролизуеться с образованием акриловой кислоты и ее солей.

Для очистки воды используют сополимеры акриламида и акрилатов: технический полиакриламид - сополимер с содержанием акрилатов менее 10 % и гидролизованный полиакриламид (ГПАА) - сополимер, содержащий более 10 % акрилатов.

Технический ПАА благодаря наличию карбоксильных групп в молекуле является анионным полиэлектролитом, диссоциирующим в водных растворах. Токсичность ПАА очень велика.

ГПАА, являясь амфотерным полиэлектролитом, может диссоциировать в зависимости от рН среды по основному и кислотному механизмам. Применение ГПАА в некоторых случаях дает положительные результаты.

Полиакриламидные флокулянты получили широкое применение для очистки сточных вод химических и нефтехимических производств. ПАА успешно используется в процессах очистки сточных вод от эмульгированных частиц нефтепродуктов и смол, сточных вод производств полистирольных пластмасс, поливинилхлорида, сульфатной целлюлозы и др [34].

Так в [35] рассмотрена очистка сточных вод от нефтепродуктов с использованием различных видов флокулянтов, таких как Магнафлок 525 (М 525), Магнафлок 345 (М 345) и Магнафлок 919 (М 919). Результаты проведенных экспериментов показали, что наибольшую скорость образования нефтяной пленки на поверхности сточных вод имеет высокоанионный флокулянт М 919. Этот факт объясняется взаимным влиянием таких параметров как молекулярная масса, степень его анионности, степень свернутоцти макромолекулярной глобулы, адсорбционными взаимодействиями между флокулянтами и частицами нефти.

Технология очистки нефтесодержащих сточных вод, описанная в работе [36], предусматривает совместное использование флокулянта Феннопола А-321. Подача растворов реагентов производилась перед отстойниками в трубопровод сточной воды (на расстоянии 0,5 км от распределительной камеры) с временем пребывания реагентов 5 - 6 мин (1 вариант) и непосредственно в распределительную камеру с временем пребывания реагентов 0,6 мин (2 вариант). Дозы флокулянта $0,3 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ и коагулянта $2,5-9 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ обеспечивали удаление нефтепродуктов на 60 % (при 1 варианте) и 42 % (при 2 варианте), снижение ХПК на 80 % (при 1 варианте) и на 30 % (при 2 варианте), а без реагентной очистки эффективность удаления нефтепродуктов в отстойниках составляла 25 %, а по ХПК-30 %. При вводе реагентов по первому варианту на 25 % возрастала производительность отстойников по сравнению с проектными данными. Таким образом, более длительный контакт реагентов с нефтесодержащими сточными водами при интенсивном перемешивании способствовал интенсификации процесса флокуляции, а применение в схемах очистки оптимальных конструкций смесителей и хлопьеобразователей повышало эффективность удаления загрязнений в 1,5-3 раза и снижало расход реагентов.

1.4 Патентный поиск

Сегодня нефть и нефтепродукты являются одним из основных видов загрязнения сточных вод. Источниками нефти и ее продуктов являются нефтедобывающие компании, доставка нефтепродуктов, места ее хранения, переработки и использования. Нефтяные сточные воды представляют собой сложный спектр источников, таких как легкие углеводороды и тяжелые углеводороды, нефть, смола, масло, жиры, которые являются основными компонентами нефтесодержащих сточных вод в результате добычи нефти и развития нефтяных предприятий.

Поскольку имеются различные источники сточных вод, тип нефтесодержащих сточных вод, концентрация, а также различные характеристики, такие сточные воды могут классифицируются на:

- стационарная нефтяная пленка, плавающая на воде;
- капли микронного размера могут быть стабилизированными силами заряда и другими силами, не подверженными механическому диспергированию поверхностно-активного масла.
- нефть, эмульгированная нефть-вода на границе раздела под воздействием поверхностно-активного вещества, химически стабильного (эмульсия).

Согласно данным [37], во всем мире каждый год образуется, по крайней мере, от 500 до 10 миллионов тонн нефтяных веществ, которые попадают в воду различными способами, вызывая загрязнение водных ресурсов и всей окружающей сред в целом.

Так в [37] был рассмотрен способ очистки нефтесодержащих сточных вод, обеспечивающий быстрый и высокий эффект очистки, снижение стоимости очистки. Данный способ заключался в создании обрабатывающего агента, включающий в себя от 35 до 45 частей полиакриламида, от 15 до 25 частей полиалюминия, от 12 до 18 частей расширенного графита, 15-20 частей минерала цеолит, гидролизированный танин от 20 до 30 частей, от 3 до 5 частей органической кислоты, хитозан - от 3 до 5 частей графенового композиционного материала.

Полиакриламидный полимерный флокулянт представляет собой бесцветный прозрачный коллоид, который растворяется в воде, при этом практически не растворим в органических растворителях; легко соединяется с твердыми частицами в воде, вызывая адсорбционное мостиковое действие и электрическую нейтрализацию, флокуляцию и осаждение частиц друг на друга, для достижения цели очистки.

В [38] был рассмотрен полимерный флокулянт и способ его изготовления для очистки нефтесодержащих сточных вод. Данный способ заключался в добавлении в нефтесодержащие сточные воды неорганический флокулянт, который заряжает коллоидные частицы в воде, уменьшая толщину диффузионного слоя, устраняя или уменьшая мицеллы сточных вод. Следующим этапом данного способа является добавление химического обезжиривателя, благодаря которому нефтяные «шарики», обладающие сильной адсорбционной способностью, накрывают твердые частицы, взвешенные в сточных водах. Это позволяет крупным агломерированным частицам, в конечном итоге, образовывать хлопья. Два флокулянта, после взаимодействия, будут удалены вместе с нефтью, в результате чего будет получена очищенная вода.

В патенте [39] было проведено экспериментальное исследование катионного органического флокулянта в нефтесодержащих сточных водах путем эмульгирования. Экспериментальные результаты показали, что добавление катионного органического флокулянта в одиночку не влияет на эмульгирующую очистку сточных вод.

Ян Юнчжэ опубликовал [40] улучшенное применение основного хлорида алюминия в комплексной очистке маслянистых сточных вод]. Основываясь на принципе синергии, при получении полиалюминия хлорида вводится железо (III), так что алюминий (III) и железо (III) сополимеризуются с образованием улучшенных основных комплексов хлорида алюминия. Результаты испытаний на флотацию растворенного воздуха показывают, что факторы влияния улучшают обезжиривающие свойства композитного основного хлорида

алюминия в степени подщелачивания, за которым следуют молярное соотношение Fe-Al. Результаты таких испытаний показали, что улучшенное основное соединение хлорида алюминия является довольно эффективным, поскольку в качестве деэмульгатора для очистки нефтесодержащих сточных вод используется растворенная воздушная флотация.

Изобретение [41] относится к области обработки сточных вод и описывает способ обработки нефтесодержащих сточных вод и полного комплекта его оборудования, который заключается в том, что сначала сточные воды обрабатываются экспресс-насосом, а затем передаются в цилиндр для обработки с деэмульгированием и перикинетической флокуляцией, после этого сточные воды поступают в смесительный резервуар для обработки ортокинетической флокуляцией, после дальнейшей загрузки с помощью устройства для выпуска растворенного воздуха под высоким давлением происходит отделение нефти от воды в сточных водах; и, наконец, чистая вода, отвечающая требованиям защиты окружающей среды, может быть получена после отделения сточных вод в зоне отстаивания с наклонными трубами. Способ обработки характеризуется простотой процесса и оборудования, низкими инвестициями и низкими эксплуатационными расходами.

Недостатки: эффект обработки ограничен температурой, расчетная температура 20-40 °С; содержание масла в сточных водах составляет 400 мг/л, скорость обезжиривания составляет всего 85 %; деэмульгатор является дорогим и громоздким устройством; деэмульгирование требует добавления кислотного расщепления, воды и щелочи, высоких эксплуатационных расходов.

Изобретение, описанное в [42], относится к очистке нефтесодержащих сточных вод с использованием водорастворимых блок-сополимеров, содержащих водорастворимые и водонерастворимые мономеры. Эти полимеры обеспечивают эффективную флокуляцию специально для процессов искусственной флотации и флотации растворенного воздуха.

В патенте США № 5183331 описана обработка сточных вод с использованием блок-сополимера, содержащего полимерный сегмент,

полученный в результате полимеризации гидрофобных или нерастворимых в воде мономеров, присоединенных к полимерной цепи, полученной в результате полимеризации одного или нескольких водорастворимых мономеров.

Патенты США № 4521580 и 4528348 раскрывают способ использования поверхностно-активных веществ для солюбилизации нерастворимых в воде мономеров, таких как октилакриламид, для сополимеризации с акриламидом.

Патент США № 4906716 раскрывает способ введения гидрофобных нерастворимых в воде мономеров, таких как алкилакриламиды, которые являются твердыми при комнатной температуре, с акриламидом в водорастворимый сополимер. Процесс включал нагревание гидрофобных нерастворимых в воде мономеров до температуры выше их температуры плавления.

В [42] раскрыт способ очистки масляных сточных вод путем флокуляции указанных сточных вод с использованием процесса принудительной воздушной флотации или процесса флотации растворенного воздуха, включающий добавление к указанной сточной воде эффективного количества флокулянтов водорастворимого блок-сополимера, содержащего водорастворимый и нерастворимый в воде мономер.

Учитывая различия между обычными сточными водами и нефтесодержащими сточными водами, которые могут содержать нефтяное масло, синтетическое масло, жирные кислоты, поверхностно-активные вещества и биоциды, блок-сополимер, используемый в данном изобретении, будет хорошо работать в связи с нефтесодержащими сточными водами.

Результаты показывают эффективность полимеров в качестве флокулянтов в системах очистки сточных вод, особенно в тех, которые используют обработку с принудительной воздушной флотацией.

Изобретение, описанное [43], относится к устройствам для флокуляции загрязненной воды в процессах очистки отстаиванием или флотацией природных и сточных вод от взвешенных и коллоидных загрязнений и нефтепродуктов и может быть использовано в схемах очистки природных вод, коммунального и

производственного водоснабжения, при очистке сточных вод нефтеперерабатывающих, нефтехимических, химических заводов.

Предлагаемая камера флокуляции обеспечивает улучшение структуры потока, уменьшение проскока нефлокулированной загрязненной воды вдоль боковой поверхности резервуара к приспособлению для выпуска воды, за счет чего повышается эффективность флокуляции и степень последующей очистки сфлокулированной воды флотацией или отстаиванием.

Данная камера флокуляции значительно повышает эффективность флокуляции загрязненной воды, что обеспечивает повышение степени последующей очистки сфлокулированной воды.

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.

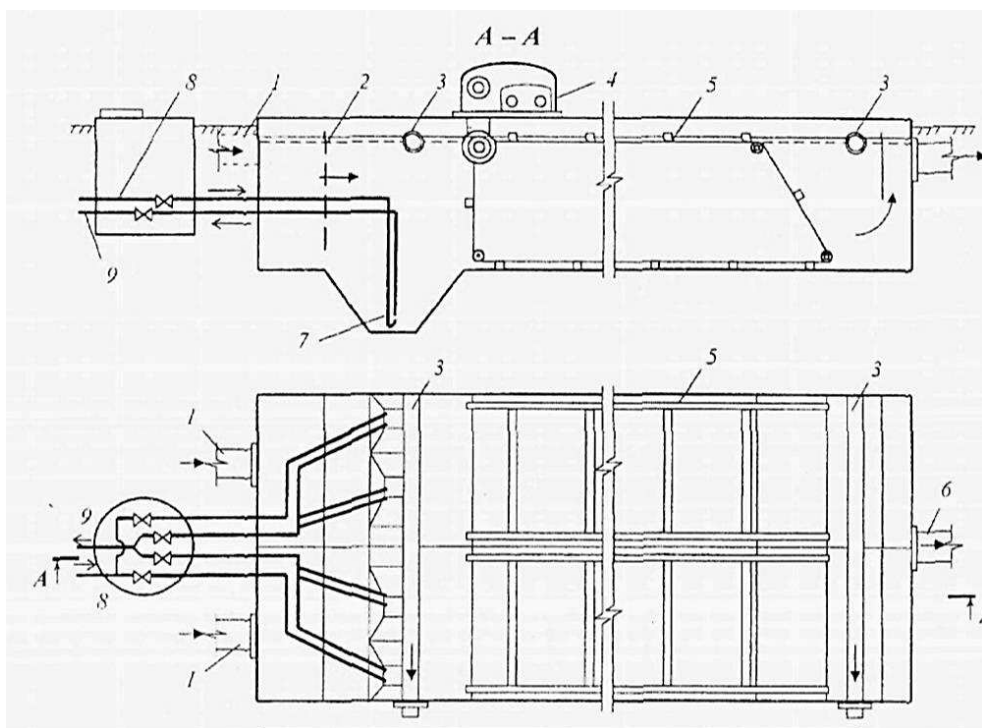
2.1 Нефтеловушки

Для очистки производственных сточных вод, содержащих всплывающие грубодиспергированные примеси (нефть) при концентрации свыше 100 мг/л, применяются специализированные отстойные сооружения, называемые нефтеловушками.

Нефтеловушки бывают трех видов: горизонтальные, многоярусные (тонкослойные) и радиальные.

Горизонтальные нефтеловушки

Горизонтальная нефтеловушка представляет собой отстойник, разделенный продольными стенками на параллельные стенки. Горизонтальная ловушка представлена на рисунке 2.1.



1 – подводящая труба; 2 – щелевая распределительная перегородка;
 3 – нефтесборная труба; 4 – механизм передвижения скребков; 5 – скребковый
 транспортер; 6 – трубопровод отвода осветленной воды; 7 – гидроэлеватор; 8 –
 подача воды к гидроэлеватору; 9 – отвод осадка

Рисунок 2.1 – Горизонтальная нефтеловушка

Сточная вода из отдельно расположенной распределительной камеры поступает по самостоятельным трубопроводам через щелевую перегородку в каждую секцию. Освобожденная от нефти вода в конце секции проходит под затопленной стенкой и через водослив переливается в отводящий трубопровод. Всплывшая нефть сгоняется скребковым механизмом к щелевым поворотным трубам и выводится по ним из секции.

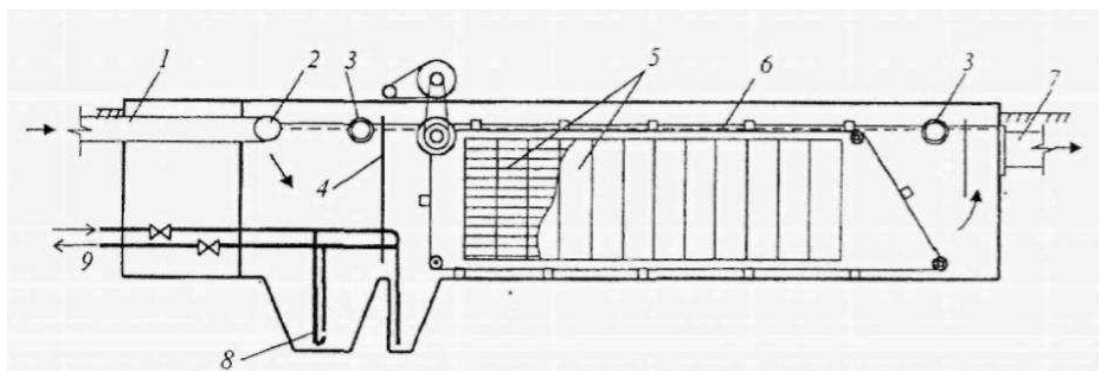
Осадок, выпадающий на дно, тем же транспортером сгребается к приемку, откуда его гидроэлеваторами периодически удаляют по илопроводу.

Расчетная продолжительность отстаивания должна быть не менее 2 часов, скорость движения воды принимается 3 – 10 мм/с.

Многоярусные нефтеловушки

Многоярусная (тонкослойная) нефтеловушка является более усовершенствованной конструкцией горизонтальной ловушки, имеет меньшие габариты, более экономична.

На рисунке 2.2 представлена схема работы многоярусной нефтеловушки.



1 – подводящая труба; 2 – водораспределительная труба; 3 – нефтесбросная труба; 4 – пропорциональное водораспределительное устройство; 5 – тонкослойный модуль; 6 – скребковый транспортер; 7 – трубопровод отвода осветленной воды; 8 – гидрозелеватор; 9 – отвод осадка

Рисунок 2.2 – Многоярусная нефтеловушка

Сточная вода из отдельно расположенной распределительной камеры поступает по трубопроводам в секции нефтеловушки и через поперечную горизонтальную распределительную трубу с вертикальными патрубками и диффузорами распределяется по ширине и глубине зоны глубокой очистки. Здесь в течение 1–4 минут выделяется основное количество грубодиспергированной нефти и осадка.

Затем поток проходит через пропорциональное водораспределительное устройство и поступает в полочный блок. Блок работает по перекрестной схеме

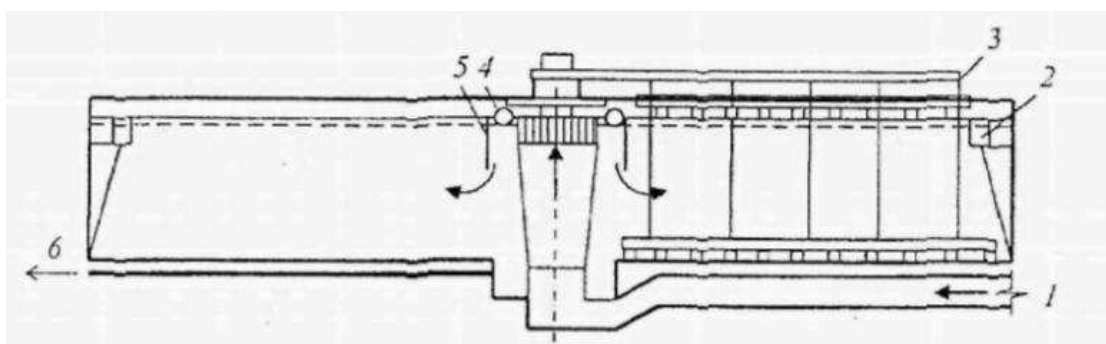
Поток осветленной воды проходит под полупогруженной перегородкой и выводится через водослив и водозаборный лоток.

Всплывшие в зоне грубой очистки нефтепродукты отводятся постоянно через щелевую поворотный трубу, над тонкослойными блоками постоянно

сгоняются скребками в направлении потока к концу отстойной зоны и через вторую поворотную трубу периодически выводятся из сооружений. Осадок удаляется с помощью гидроэлеватора.

Радиальные нефтеловушки

Радиальные нефтеловушки применяются вместо горизонтальных нефтеловушек и прудов дополнительного отстаивания. Конструкция нефтеловушек этого типа, представленная на рисунке 2.3, похожа на конструкцию радиальных отстойников.



1 – подача сточной воды; 2 – сборный лоток; 3 – скребковый механизм; 4 – нефтесборная труба; 5 – направляющий цилиндр; 6 – удаление осадка

Рисунок 2.3 – Радиальная нефтеловушка

Сточная вода поступает в нижнюю часть радиальной нефтеловушки по трубопроводу, расположенному под ее днищем и переходящему в вертикальный раструб с направляющим цилиндром. Цилиндр обеспечивает заглубленный впуск в отстойную зону сооружения распределяет воду по всему рабочему объему нефтеловушки. Для сбора осветленной воды предусмотрен кольцевой лоток с пропорциональным водосливом.

Всплывшие нефтепродукты сгоняются вращающимся скребком к стационарно расположенной нефтесборной трубе. Осевший осадок сгребается вращающимся скребком к центральному приемку, откуда насосом перекачивается в шламонакопитель.

Равномерность распределения и малые скорости движения жидкости способствуют всплыванию мелкодисперсных частиц нефтепродуктов размером до 50 мкм.

Достоинства нефтеловушек: простота эксплуатации и минимальное недорогое обслуживание, нефтеловушки легко и быстро справляются с резким ростом концентрации нефтепродуктов, небольшая стоимость по сравнению с другими очистными сооружениями, а также высокая степень очистки до 98 %.

Недостатки: нефтеловушки не очищают от эмульгированных продуктов, наличие большого количества свободной площади из-за габаритов нефтеловушек, загрязняют атмосферу углеводородами и сероводородом, при малейшем нарушении горизонтальности водослива происходит неравномерное распределение потока воды по ширине и глубине, скребковые механизмы ненадежны в работе, эксплуатация их сложна. Требуется более тонкая очистка для сброса вод в водоемы [44].

2.2 Флотационная очистка

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 (поверхностно-активные вещества), 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 загрязнение, и последующего удаления этого слоя с поверхности.

К преимуществам этого метода очистки можно отнести следующие: непрерывность процесса; широкий диапазон применения; небольшие капитальные и эксплуатационные затраты; селективность выделений примесей по сравнению с отстаиванием; большую скорость процесса, более низкую влажность получаемого шлама (90–95 %) и высокую степень очистки (95 – 98 %);

возможность рекуперации удаляемых веществ. Флотация сопровождается аэрацией сточных вод, снижением концентрации ПАВ и легкоокисляемых веществ, бактерий и микроорганизмов. Все это способствует успешной дальнейшей очистке сточных вод. Сущность процесса флотации заключается в слипании всплывающего пузырька воздуха с твердой гидрофобной частицей и ее подъеме в образующийся на поверхности пенный слой при условии, что вес частицы не должен превышать суммарной подъемной силы пузырька и силы слипания. Присутствие в воде ПАВ (реагентов-собирателей) делает процесс более эффективным. ПАВ, адсорбируясь на частицах, понижают их смачиваемость, т.е. делают их гидрофобными.

Существуют различные способы флотационной обработки производственных сточных вод.

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.

Достоинствами данного метода являются высокой степень очистки, за небольшой отрезок времени. Отсутствие вращающихся частей и не шумная работа. Можно утилизировать все извлекаемые компоненты.

Недостатком является высокая энергоемкость, засорение и зарастание отверстий пористого материала [45].

2.3 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 слабokonцентрированных 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.

Главное достоинство адсорбции – возможность очищать воду до любого необходимого уровня, не внося при этом дополнительных загрязнителей.

Недостаток адсорбции: для очищения от эмульгированных продуктов требуется предварительная очистка [46].

2.4 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 слабokonцентрированные эмульсии или суспензии, содержащие коллоидные частицы размером 0,001 – 0,1 мкм, мелкодисперсные частицы размером от 0,1 до 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.

Достоинства коагуляции - это простота оборудования и невысокая его стоимость, большой выбор российских и зарубежных коагулянтов, возможность по мере необходимости прерывать процесс очистки.

Недостаток - большой расход коагулянтов, образование большого количества сильно влажного осадка, высокое содержание хлорид и сульфат ионов в воде после очистки [46].

3 Объекты и методы исследования

Для определения химического состава воды, используемой в эксперименте, применяли методики выполнения измерений следующих показателей: общее железо, рН, перманганатная окисляемость, нефтепродукты (таблица 3.1).

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 «ФЛЮОРАТ-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 «ФЛЮОРАТ-02», представленный на рисунке 3.1, 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 нефтепродуктов 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. Методики выполнения измерений и методы испытаний представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 -Методики выполнения измерений и методы испытаний

№ п/п	Показатель	Нормативные документы на методики выполнения измерений и методы испытаний
1	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
2	Водородный показатель рН	Методика выполнения измерений рН в пробах потенциометрическим методом. ПНДФ 14.1:2:3:4 121 - 1997
3	Перманганатная окисляемость	ГОСТ Р55684*
4	Нефтепродукты	Методика (метод) измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах сточных вод методом ИК-спектрофотометрии с применением концентратомеров серии КН ПНД Ф 14.1.272 – 2012



Рисунок 3.1 - Анализатор «Флюорат-02»

Для хранения и транспортировки проб используют сосуды из стекла. Объем отбираемой пробы составляет 800 мл. Анализ пробы необходимо провести в течении 3 ч с момента отбора, либо провести экстракцию нефтепродуктов 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 в четыреххлористом углероде на анализаторе «Концентратомер КН-2», представленный на рисунке 3.2, в инфракрасной области спектра на длине волны 3,42 мкм (методика МУК 4.1.1013-01).



Рисунок 3.2 - Анализатор «Концентратомер 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 3.2.

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

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.

Таблица 3.2 - 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), $\sigma (\delta)$, %
От 0,02 до 0,05	50	25
От 0,05 до 0,1	40	20
0,1 до 2,0	25	13

4 Результаты экспериментальных исследований

Цель настоящего исследования состояла в повышении эффективности очистки нефтесодержащих сточных вод за счет использования флокулянтов. Исследуемый флокулянт должен обеспечить высокую степень очистки стока, сократить время процесса очистки и обеспечить образование плотного осадка с низкой степенью обводнения. Данные исследования позволят спроектировать соответствующее сооружение и скомпоновать технологическую схему очистки нефтесодержащих сточных вод с аппаратами отделения и утилизации нефтешлама.

В данном исследовании было произведено сравнение наиболее эффективных синтетических флокулянтов таких торговых марок как Praestol и Superflock. Все экспериментальные исследования проводились на натуральных нефтесодержащих сточных водах металлургического завода [47].

Исследования проводились в 3 этапа:

- приготовление рабочих растворов – 500 мл воды и 150 мл нефтесодержащей сточной воды;
- подбор дозировок флокулянтов: Superflock дозировка около 20,27 г, Praestol №1 – 20,27 г, Praestol №2 – 5,07 г.;
- непосредственная очистка нефтяных сточных вод флокулянтами.

Очистка нефтесодержащих сточных вод проводилась в несколько этапов.

Первый этап – в исходный раствор были добавлены в равных количествах флокулянты Superflock и Praestol. Время первого этапа составляет 10 минут. По окончании первого этапа настоящего эксперимента уже можно сделать вывод о том, что флокулянт Superflock является более эффективным по сравнению с флокулянтом Praestol, так как у первого флокулянта происходит очень быстрая реакция коагуляции, таблетка Superflock выделяет оксид железа, который в свою очередь выпадает в воду, взаимодействует с ней, образуя гидроксид железа и коагулирует всю нефть, а Praestol дает эффект «клекообразной» массы, эффекта очистки нефтесодержащей воды не наблюдается. У раствора с добавлением

флокулянта Superflock видимый результат появился спустя 5 минут, после добавления таблетки. Результаты первого этапа эксперимента приведены на рисунке 4.1.

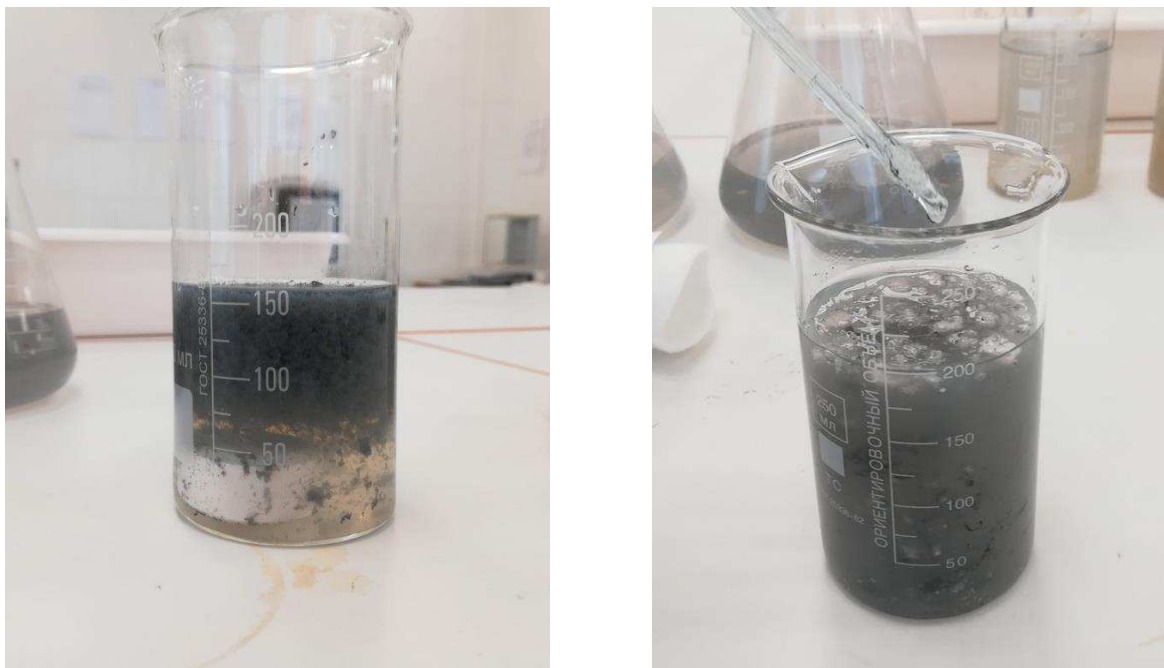


Рисунок 4.1 – Результаты после первого этапа эксперимента (фото слева исходный раствор с добавлением флокулянта Superflock, фото справа – исходный раствор с добавлением флокулянта Praestol)

Далее рассматривает только исходный раствор с добавлением флокулянта Superflock, так как у исходного раствора с добавлением флокулянта Praestol для получения видимого результата необходимо отстаивание данного раствора в течении суток после первого этапа, далее необходимо осушение, фильтрование, в результате наблюдается большое количество нефтесодержащего остатка и маленькое количество воды в техническом обороте.

Второй этап – использование магнитного перемешивателя для интенсификации процесса (время проведения второго этапа 10 минут). В растворе с флокулянтом Superflock можно заметить, что более мелкие дисперсные фракции, невидимые на первый взгляд, начинают проявляться. По

истечении второго этапа наблюдается коагулирование концентрированных мелкодисперсных фракций. Результаты второго этапа эксперимента приведены на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Результаты второго этапа эксперимента (фото слева – исходный раствор с добавлением флокулянта Superflock спустя 5 минут, фото справа – спустя 10 минут)

Третий этап - использование фильтрационной двухслойной колонны (1 слой – фракция кварцита 0,45 мм, 2 слой – 0,25 мм).

С помощью концентрометра установили, что конечная концентрация нефтепродуктов в воде после трех этапов настоящего эксперимент составляет 0,05 мг/л, данная концентрация соответствует требованиям технической воды, следовательно, можно сделать вывод, что данный метод и предлагаемая схема будет эффективной. Результаты эксперимента представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты, полученные в ходе эксперимента

Показатель	Исходная концентрация	Концентрация с применением флокулянтов					
		Praestol №1	Эффективность, %	Praestol №2	Эффективность, %	Super-flock	Эффективность, %
Нефтепродукты, мг/л	20	3,14	84,3 %	2,97	85,2	0,49	97,55
Железо, мг/л	4,3	0	100 %	0	100 %	0,05	98,9
Перманганатная окисляемость, мгО/дм ³	156	0	100 %	0	100 %	2,04	98,7
рН	5,2	9,5	-	9,1	-	7,4	-
ЭДС, В	-0,306	-0,561	-	-0,537	-	-0,437	-

Графические результаты эксперимента представлены на рисунках 4.3-4.6.

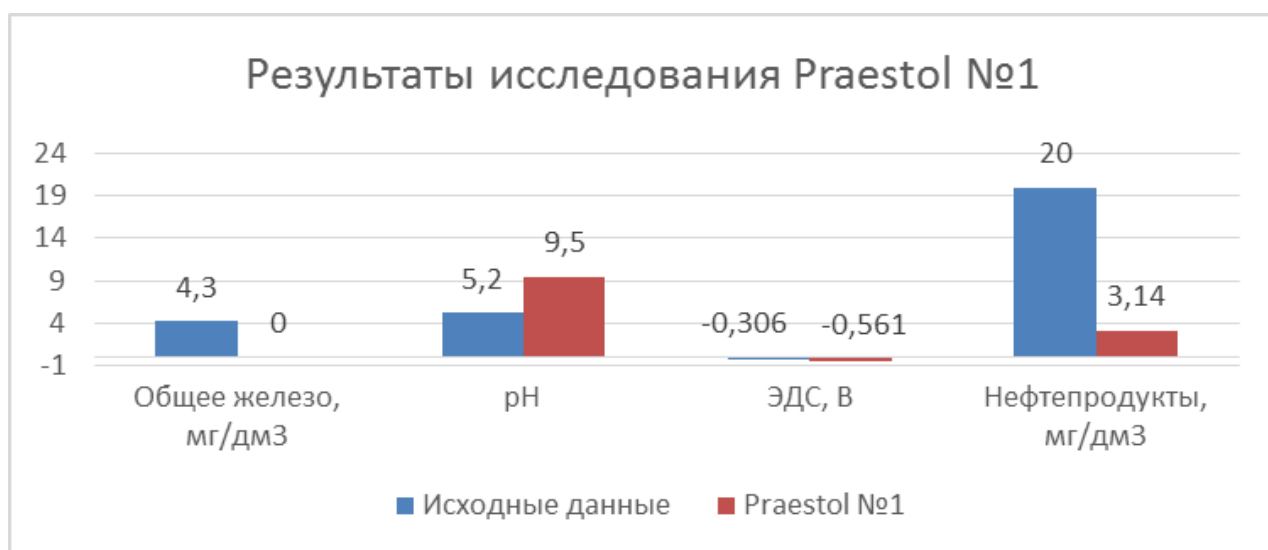


Рисунок 4.3 – Результаты исследования влияния флокулянта Praestol №1 на нефтесодержащую сточную воду

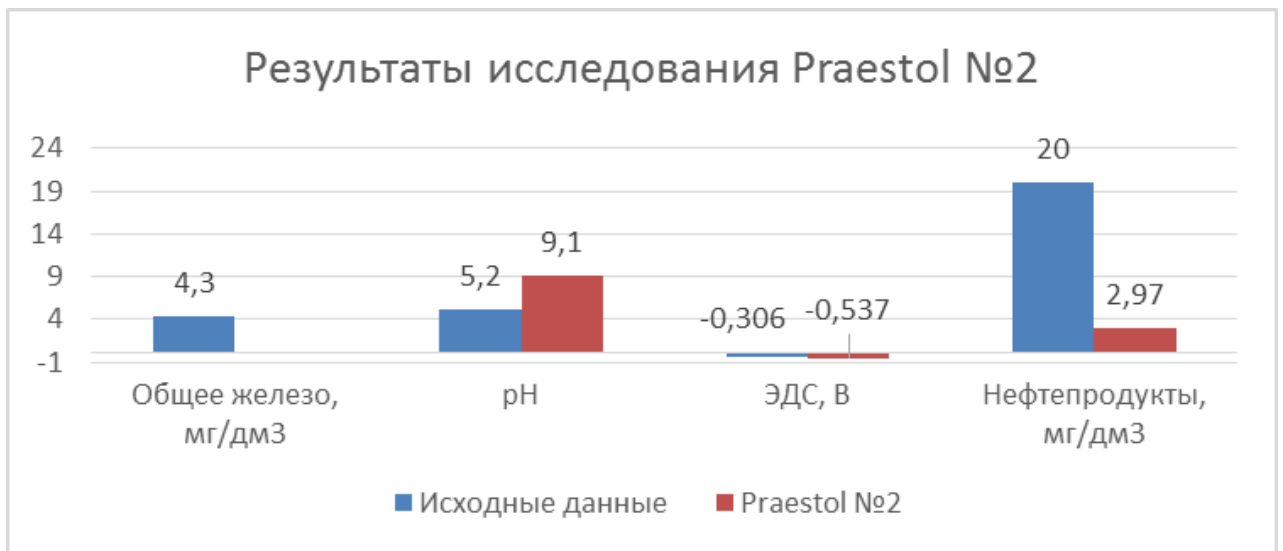


Рисунок 4.4 - Результаты исследования влияния флокулянта Praestol №2 на нефтесодержащую сточную воду

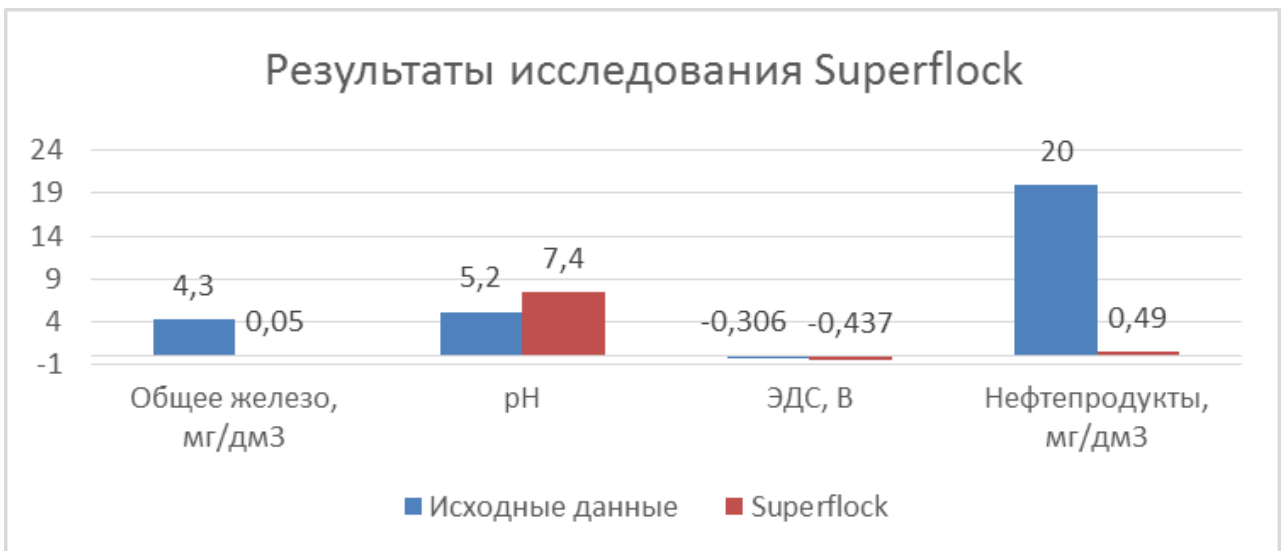


Рисунок 4.5 - Результаты исследования влияния флокулянта Superflock на нефтесодержащую сточную воду

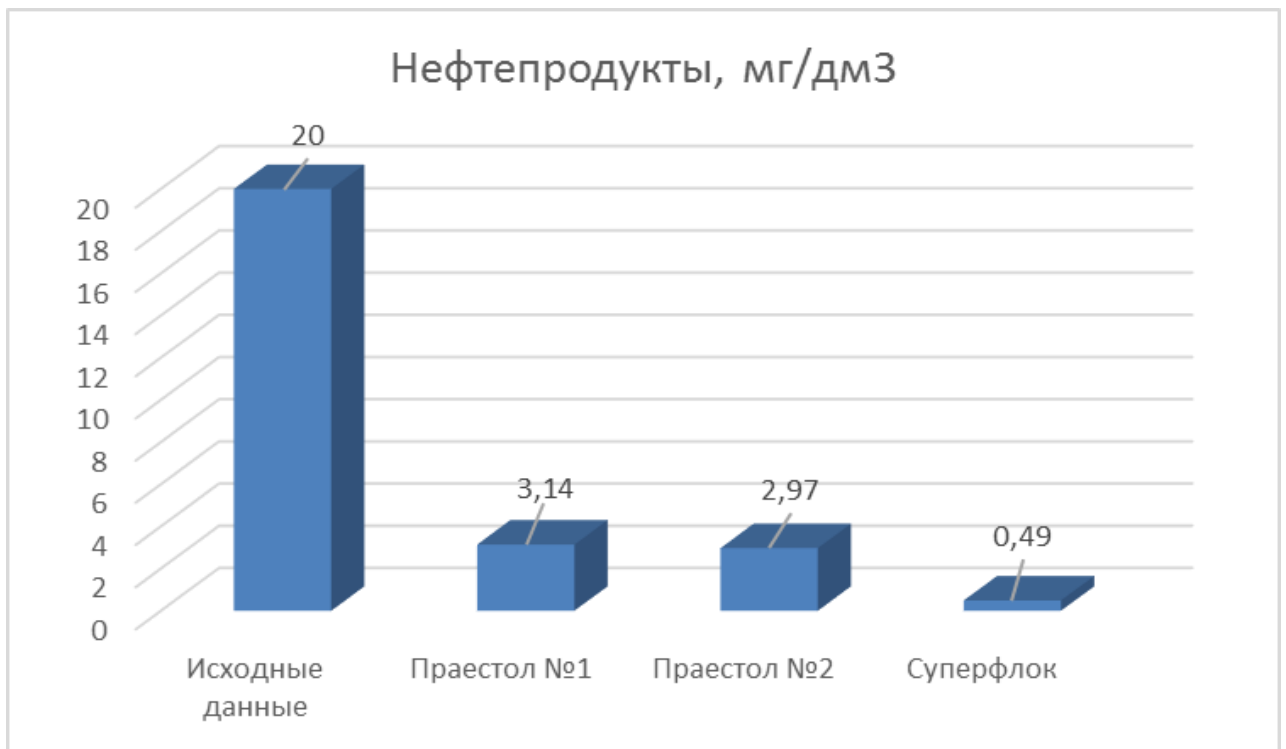


Рисунок 4.6 - Сравнение конечных концентраций нефтепродуктов в очищенной воде

5 Расчет рекомендуемого оборудования

Технологическая схема включает: аккумулирующую емкость, усреднитель, контактную камеру, фильтры, УФ-установка.

Расчет проводим по данным полученным в результате эксперимента.

Требования к воде, используемой в производстве и характеристика нефтесодержащих сточных вод от металлургических предприятий представлены в таблице 5.1 и 5.2 соответственно.

Расход сточных вод на производстве представлен в таблице 5.3.

Таблица 5.1 – Требования к воде, используемой в производстве

Показатели	Единица измерения	Техническая вода
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05
рН	-	6,0-9,0
Железо	мг/дм ³	0,3
Перманганатная окисляемость	мгО/дм ³	-
E-coli	-	-

Таблица 5.2 – Характеристика нефтесодержащих сточных вод от металлургических предприятий

Показатели	Единица измерения	Исходная концентрация
Нефтепродукты	мг/л	20
рН	-	5,2
Железо	мг/л	4,3
Перманганатная окисляемость	мгО/дм ³	156
E-coli	ед.	100

Таблица 5.3 – Расходы сточных вод

$Q_{сут}, \text{ м}^3/\text{сут}$	$Q_{час}, \text{ м}^3/\text{час}$	$Q_c, \text{ м}^3/\text{сек}$
2880	120	0,033

5.1 Расчет аккумулирующей емкости

Максимальная высота аккумулирующей емкости составляет 3,6 м.

Объем аккумулирующей емкости равен максимальному остатку воды в промежутки времени 6 часов.

$$W_{акк} = 476,1 \text{ м}^3.$$

Принимаем аккумулирующую емкость с размерами в плане 11,5x11,5x3,6 м

5.2 Расчет усреднителя с механическим перемешивающим устройством

Нефтедержащие сточные воды составляют 30 % от объема всех стоков предприятия.

Объем резервуара усреднителя рассчитываем по формуле

$$W = Q_{час} \cdot T \tag{5.1}$$

$$W = 120 \cdot 8 = 960 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Проектируем 2 рабочих отделения, с глубиной $H=2,5$ м

Площадь одного отделения, м^2 , рассчитывается

$$F = \frac{W}{n \cdot H}, \tag{5.2}$$

где n – число секций, равное 4.

$$F = \frac{960}{4 \cdot 2,5} = 96 \text{ м}^2$$

При ширине каждого резервуара 6 м длина будет равна

$$L = \frac{F}{6} = \frac{96}{6} = 16 \text{ м} \quad (5.3)$$

5.3 Расчет контактной камеры

Необходимая площадь поперечного сечения контактной камеры в плане, м^2

$$F_k = \frac{Q_{\text{час}} \cdot T}{n \cdot H}, \quad (5.4)$$

где T – продолжительность контакта коагулянта с водой; принимается в пределах 10 мин;

n – количество контактных камер;

H – глубина слоя воды в контактной камере в м; принимается 3,6 м.

При $Q_{\text{фак}} = 19,8 \text{ м}^3/10 \text{ мин}$, $T = 10 \text{ мин}$, $n = 3$ и $H = 3,6 \text{ м}$

$$F_k = \frac{19,8 \cdot 10}{3 \cdot 3,6} = 18,3 \text{ м}^2$$

Принимаем контактную камеру размерами $A \times B \times C = 4,28 \times 4,28 \times 3,6$

На штуцерах ответвлений укрепляются фарфоровые щелевые дренажные колпачки ВТИ-5. Необходимая суммарная площадь щелей в дренажных колпачках должна быть 0,8 - 1,0 % рабочей площади фильтра, т.е.

$$\sum f_{\text{щ}} = 0,008 \cdot \frac{\pi \cdot D}{4} = 0,008 \cdot 0,785 \cdot 3^2 = 0,056 \text{ м}^2 \quad (5.5)$$

Площадь щелей на каждом колпачке ВТИ-5 составляет $f_{\text{щ}}=192 \text{ мм}^2=0,000192 \text{ м}^2$

Общее число колпачков на ответвлениях распределительной системы:

$$n = \frac{\sum f_{\text{щ}}}{f_{\text{щ}}} = \frac{0,056}{0,000192} = 290 \text{ шт} \quad (5.6)$$

Так как фильтр имеет в плане круглое сечение, то ответвления будут разной длины, а именно: 0,71; 0,98; 1,14; 1,27; 1,33 и 1,38 м.

Суммарная длина всех ответвлений распределительной системы фильтра составит:

$$L = 4 \cdot (0,71 + 0,98 + 1,14 + 1,27 + 1,33 + 1,38) = 27,24 \text{ м} \quad (5.7)$$

Среднее расстояние между дренажными колпачками:

$$e = L : n = \frac{27,24}{290} = 0,094 = 94 \text{ мм} \quad (5.8)$$

На наиболее длинных ответвлениях (в центре фильтра) $l=1,38 \text{ м}$ устанавливается по 15 колпачков, а на наиболее коротких ответвлениях $l=0,71 \text{ м}$ – по 8 колпачков.

Количество колпачков на 1 м^2 фильтра составляет $290:7,1=41 \text{ шт}$.

Количество промывной воды, приходящейся на один колпачок:

$$q_{\text{колп}} = \frac{0,057}{290} = 0,0002 \text{ м}^3/\text{с} \quad (5.9)$$

Расход промывной воды, приходящейся на наиболее длинное ответвление с числом колпачков $n=15$ штук:

$$q_{\text{д.отв}} = n \cdot q_{\text{колп}} = 15 \cdot 0,0002 = 0,003 \text{ м}^3/\text{с} \quad (5.10)$$

При допустимой скорости $v=1,8 \div 2$ м/сек диаметр ответвлений будет 50 мм, что отвечает скорости 1,41 м/сек.

Сопротивление в щелях дренажных колпачков распределительной системы круглого в плане фильтра, состоящей из центрального коллектора и боковых распределительных труб неравной длины, определяется по формуле:

$$h = \frac{v_{\text{щ}}^2}{2 \cdot g \cdot \mu^2}, \quad (5.11)$$

где $v_{\text{щ}}$ -скорость движения воды в щелях колпачка;

μ - коэффициент расхода, равный 0,5.

Так как $v_{\text{щ}} = 1,05$ м/сек, то

$$h = \frac{1,05^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5^2} = 0,225 \text{ м}$$

На наиболее длинном боковом ответвлении размещено 15 щелевых колпачков, тогда:

$$\sum h = 15 \cdot 0,225 = 3,38 \text{ м} \quad (5.12)$$

5.4 Расчёт фильтровальных установок

Определение размеров фильтра. Заданная полезная производительность станции, оборудованной скорыми безнапорными фильтрами с кварцевой

загрузкой составляет $Q_{\text{сут}} = 2880 \text{ м}^3/\text{сутки}$, или $Q_{\text{час}} = 120 \text{ м}^3/\text{ч}$, или $q_{\text{сек}} = 0,033 \text{ м}^3/\text{с}$.

Суммарная площадь скорых фильтров, м^2 будет:

$$F = \frac{Q_{\text{сут}}}{T \cdot v_{\text{р.н.}} - 3,6 \cdot n \cdot w \cdot t_1 - n \cdot t_2 \cdot v_{\text{р.н.}}}, \quad (5.13)$$

где T - продолжительность работы станции в течение суток в ч;

$v_{\text{р.н.}}$ – расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме эксплуатации, равная 8 м/ч;

n – количество промывок каждого фильтра за сутки, равное 2;

w - интенсивность промывки, равная 12,5 л/сек· м^2 ;

t_1 - продолжительность промывки, равная 0,25 ч;

t_2 - время простоя фильтра в связи с промывкой, равное 0,33 ч.

Тогда

$$F = \frac{2880}{12 \cdot 6 - 3,6 \cdot 2 \cdot 12,5 \cdot 0,25 - 2 \cdot 0,33 \cdot 8} = 65,13 \text{ м}^2$$

Количество фильтров должно быть:

$$N = 0,5 \cdot \sqrt{F} \quad (5.14)$$

Тогда:

$$N = 0,5 \cdot \sqrt{65,13} = 4,03 = 4 \text{ шт.}$$

Площадь одного фильтра будет $65,13:4 = 16 \text{ м}^2$ с размером в плане 5 x 1,20 м.

Скорость фильтрования воды при форсированном режиме составит:

$$v_{p.ф.} = v_{p.н.} \cdot \frac{N}{N - N_1}, \quad (5.15)$$

где N_1 - количество фильтров, находящихся в ремонте ($N_1 = 1$).

Тогда

$$v_{p.ф.} = v_{p.н.} \cdot \frac{N}{N - N_1} = 8 \cdot \frac{4}{4 - 1} = 10,66 \text{ м/ч}$$

Следовательно, скорость фильтрования отвечает требованиям [48, с.128] в форсированном режиме

Подбор состава загрузки фильтра. Загрузка фильтра принята согласно данным [49].

На исследовании использовали фильтрующий материал марки Green Sand (зеленый песок). Свойства данного фильтрующего материала:

- цвет – от зеленовато-черного до черного;
- плотность насыпная – 1,4 г/см²;
- плотность истинная – 2,3-3,0 г/см³;
- коэффициент неоднородности гранул K_n -1,6;
- размер гранул – 0,25-1,20 мм;
- истираемость - ≤ 2 % в год.

Методика расчета характеристики фильтрующего материала.

Максимальная доза фильтрующего материала определяется по формуле:

$$D_{sb}^{max} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{a_{sb}^{min}}, \quad (5.16)$$

где C_{en} , C_{ex} – концентрация нефтепродуктов в исходных и фильтрованной воде;

a_{sb}^{min} – минимальная емкость фильтрующего материала по формуле:

$$a_{sb}^{min} = 253 \cdot \sqrt{C_{ex}} \quad (5.17)$$

$$a_{sb}^{min} = 253 \cdot \sqrt{0,49} = 177,1 \text{ мг/л}$$

$$D_{sb}^{max} = \frac{20 - 0,49}{177,1} = 0,11 \text{ г/л}$$

Максимальная емкость сорбента определяется по формуле:

$$a_{sb}^{max} = 253 \cdot \sqrt{C_{en}} \quad (5.18)$$

$$a_{sb}^{max} = 253 \cdot \sqrt{20} = 1131,45$$

Доза фильтрующего материала, выгружаемого из адсорбера по формуле:

$$D_{sb} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{K_{sb} \cdot a_{sb}^{max}}, \quad (5.19)$$

где K_{sb} – заданная степень исчерпания емкости сорбента. Согласно экспериментальным данным $K_{sb} = 0,5$.

$$D_{sb} = \frac{20 - 0,49}{0,5 \cdot 1131,45} = 0,035 \text{ г/л}$$

Ориентировочная высота загрузки, обеспечивающая очистку, определяется по формуле:

$$H = \frac{D_{sb}^{max} \cdot t_{ds}^{op}}{k_{ds} \cdot a_{sb}^{max}}, \quad (5.20)$$

где k_{ds} – заданная степень исчерпания емкости Green Sand;

t_{ds}^{op} - ориентировочная продолжительность работы установки до проскока.

$$H = \frac{0,11 \cdot 50}{0,5 \cdot 1131,45} = 0,01 \text{ м}$$

Степень извлечения нефтепродуктов рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100 \%, \quad (5.21)$$

где C_1 - исходная концентрация нефтепродукта в растворе;

C_2 - концентрация нефтепродуктов в фильтрате.

$$R = \frac{20 - 0,49}{20} \cdot 100 \% = 97,55 \%$$

Расчёт распределительной системы фильтра. В проектируемом фильтре распределительная система служит как раз для равномерного распределения воды по площади фильтра, так и для сбора профильтрованной воды.

Интенсивность промывки принята $w = 12$ л/сек·м² согласно учебного пособия [48, с. 132]. Тогда количество промываемой воды, необходимой для фильтра, будет равно:

$$q_{пр} = F \cdot w \quad (5.22)$$

$$q_{пр} = 65,14 \cdot 12,5 = 814,25 \text{ л/с} \cdot \text{ч} = 814,25/1000 = 0,814 \text{ м}^3$$

Диаметр коллектора:

$$d_{\text{кол}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\text{пр}}}{\pi \cdot V_{\text{кол}}}}, \quad (5.23)$$

где $V_{\text{кол}} \leq 2 \text{ м/с}$.

$$d_{\text{кол}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,814}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,83 \text{ м}$$

Принимаем диаметр коллектора $0,83 \text{ м} = 830 \text{ мм}$.

Площадь фильтра на каждое ответвление распределительной системы:

$$f_{\text{отв}} = (5 - d_{\text{кол}}) \cdot t, \quad (5.24)$$

где $t=0,27 \text{ м}$ – расстояние между ответвлениями.

$$f_{\text{отв}} = (5 - d_{\text{кол}}) \cdot t \approx 1,13 \text{ м}^2$$

Расход воды через ответвления:

$$q_{\text{отв}} = f_{\text{отв}} \cdot \omega = 1,13 \cdot 12,5 = 14,125 \text{ л/с} = 0,014 \text{ м}^3/\text{с}$$

Диаметр ответвлений:

$$d_{\text{отв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\text{отв}}}{\pi \cdot V_{\text{отв}}}}, \quad (5.25)$$

где $V_{\text{отв}} = 1,8 - 2 \text{ м/с}$.

$$d_{\text{отв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,014}{3,14 \cdot 1,9}} = 0,1 \text{ м}$$

Суммарная площадь отверстий:

$$\sum f_{\text{отв}} = \frac{0,25 \cdot 65,14}{100} \approx 0,163 \text{ м}^3 \text{ или } 163 \text{ см}^2 \quad (5.26)$$

Количество ответвлений в фильтре:

$$n = \frac{b}{m} \cdot 2 = \frac{1,2}{0,27} \cdot 2 = 8 \text{ шт} \quad (5.27)$$

Общее количество отверстий в распределительной системе каждого фильтра:

$$n_0 = \sum f_0 : f_0 = 163 : 1,54 \approx 105 \text{ шт} \quad (5.28)$$

В каждом фильтре имеется по 8 ответвлений. Тогда количество отверстий на каждом ответвлении $105:8 \approx 13$ шт.

Длина ответвления:

$$l_{\text{отв}} = L - d_{\text{кол}} = 1,2 - 0,83 = 0,99 \text{ м} \quad (5.29)$$

Шаг оси отверстий:

$$l_0 = \frac{l_{\text{отв}}}{n_0} = \frac{0,99}{105} = 0,009 \text{ м} \quad (5.30)$$

Ширина желоба с треугольным основанием определяем по формуле:

$$B = \sqrt[5]{\frac{q^2}{b^3} \cdot \frac{1,73^3}{9,81 \cdot 0,25^3}} = K \cdot \sqrt[5]{\frac{q^2}{b^3}}, \quad (5.31)$$

где $b = 1,57 + a$.

При высоте прямоугольной части желоба величины $a=1$

Коэффициент K для желоба с треугольным основанием определяется равен 2,1.

Расход воды на один желоб:

$$q_{\text{ж}} = \frac{q_{\text{пр}}}{\Pi_{\text{ж}}}, \quad (5.32)$$

где $\Pi_{\text{ж}}$ – количество желобов 1.

$$q_{\text{ж}} = \frac{0,814}{1} = 0,814 \text{ л}$$

$$B = 2,1 \cdot \sqrt[5]{\frac{0,814^2}{16,97}} \approx 1,1 \text{ м}$$

Высота кромки желоба над поверхностью загрузки:

$$\Delta h = \frac{H_{\phi} \cdot l}{100} + 0,3, \quad (5.33)$$

где $H_{\phi}=0,75 \text{ м}$ – высота фильтрующего слоя;

$l=45 \%$ – относительное расширение фильтрующей загрузки.

$$\Delta h = \frac{0,75 \cdot 45}{100} + 0,3 = 0,63 \text{ м}$$

Расчет воды на промывку фильтра определяется по формуле:

$$p = \frac{w \cdot f \cdot t_1 \cdot 60 \cdot N}{Q_{\text{час}} \cdot T_p \cdot 1000} \cdot 100 \%, \quad (5.34)$$

где $t_1 = 10$ мин продолжительность сброса фильтрата;

T_p – продолжительность работы фильтра между двумя промывками, равная:

$$T_p = T_0 - (t_1 + t_2 + t_3), \quad (5.35)$$

где T_0 – продолжительность рабочего фильтроцикла, обычно принимается равной 8-12 ч при нормальном режиме и не менее 6 ч при форсированном режиме работы фильтра;

t_3 - продолжительность сброса первого фильтра в сток.

$$T_p = 6 - (0,1 + 0,33 + 0,17) = 5,4 \text{ ч}$$

$$p = \frac{12,5 \cdot 16 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 5}{120 \cdot 5,4 \cdot 1000} \cdot 100\% = 74 \%$$

Вода после промывки фильтра возвращается в голову сооружения (в аккумулирующую емкость).

Определение потерь напора при промывке фильтра. Потери напора определяются так же, как в расчёте потерь напора при промывке скорого фильтра и состоят из следующих величин:

- потери напора в отверстиях труб с распределительной системы фильтра, определяемых по формуле:

$$h_{p.c} = \left(\frac{2,2}{a^2} + 1 \right) \cdot \frac{v_{\text{кол}}^2}{2g} + \frac{v_{p.t}^2}{2g} \quad (5.36)$$

где $v_{\text{кол}}$ – скорость движения воды в коллекторе, м/сек;

$v_{p.t}$ – скорость движения воды в распределительных трубах, м/сек;

a – отношение суммы площадей всех отверстий распределительной системы к площади сечения коллектора:

$$a = 0,163:0,54 \approx 0,302;$$

$$h_{p.c} = \left(\frac{2,2}{0,302^2} + 1 \right) \cdot \frac{1,5^2}{2 * 9,81} + \frac{1,7^2}{2 * 9,81} = 3,03 \text{ м}$$

- потери напора в фильтрующем слое высотой H_{ϕ} , определяемых по формуле А.И. Егорова:

$$h_{\phi} = (a + b \cdot w) \cdot H_{\phi}, \quad (5.37)$$

где a и b – параметры для песка с крупностью зерен 0,5-1,0 мм ($a = 0,76, b = 0,017$) или $a = 0,85, b = 0,0104$ – параметры для песка с крупностью зерен 1-2 мм.

$$h_{\phi} = (0,76 + 0,017 \cdot 12,5) \cdot 0,75 = 0,73 \text{ м}$$

- потери напора в гравийных поддерживающих слоях высотой $H_{п.с.}$, определяемых по формуле В.Т. Турчиновича:

$$h_{п.с} = 0,022 \cdot H_{п.с} \cdot w, \quad (5.38)$$

где $H_{н.с} = 0,5$ м – высота поддерживающего слоя;

ω – интенсивность промывки.

$$h_{п.с} = 0,022 \cdot 0,5 \cdot 12,5 = 0,14 \text{ м}$$

- потери напора в трубопроводе, подводящем промывную воду к общему коллектору распределительной системы

Гидравлический уклон $i=0,00818$. Тогда при общей длине трубопровода $l=100$ м

$$h_{п.т} = i \cdot l = 0,00818 \cdot 100 \approx 0,82 \text{ м} \quad (5.39)$$

- потери напора на образование скорости во всасывающем и напорном трубопроводах насоса для подачи промывной воды, определяются по формуле:

$$h_{о.с} = \frac{v^2}{2g}, \quad (5.40)$$

где $V=2$ м/с – скорость в трубопроводе.

$$h_{о.с} = \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,203 \text{ м}$$

- потери напора на местные сопротивления в фасонных частях и арматуре определяется по формуле:

$$h_{м.с} = \sum \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (5.41)$$

Коэффициенты местных сопротивлений равны $\zeta_1 = 0,984$ для колена;
 $\zeta_2 = 0,26$ для задвижки; $\zeta_3 = 0,5$ для входа во всасывающую трубу и
 $\zeta_4 = 0,92$ для тройника.

Таким образом,

$$h_{м.с} = (0,984 + 0,26 + 0,5 + 0,92) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} \approx 0,5 \text{ м}$$

Следовательно, полная величина потерь напора при промывке скорого фильтра составит:

$$\sum h = 3,03 + 0,73 + 0,14 + 0,82 + 0,203 + 0,5 = 5,42 \approx 5,5 \text{ м} \quad (5.42)$$

Геометрическая высота подъема воды от дна резервуара чистой воды до желоба:

$$h_{\Gamma} = \Delta h_{\text{ж}} + H_{\phi} + 4,5, \quad (5.43)$$

где $h_{\text{ж}}$ - высота кромки желоба.

$$h_{\Gamma} = 0,63 + 0,75 + 4,5 = 5,88 \text{ м}$$

Напор насоса:

$$H = h_{\Gamma} + \sum h + h_{3.н.}, \quad (5.44)$$

где $h_{3.н.} = 1,5 \text{ м}$. – запас напора.

$$H = 5,88 + 5,5 + 1,5 = 12,88 \text{ м}$$

5.5 Расчет УФ-установки

Расчетный бактерицидный поток определяется по формуле:

$$F_6 = - \frac{Q_{\text{час}} \cdot \alpha \cdot \kappa \cdot \lg\left(\frac{P}{P_0}\right)}{1563.4 \cdot \eta_{\text{п}} \cdot \eta_0}, \quad (5.45)$$

где $Q_{\text{час}}$ – расчетный расход обеззараживаемой воды в м³/ч;

α - коэффициент поглощения облучаемой воды в см⁻¹ равный для бесцветных подземных вод, получаемых из глубоких подземных горизонтов 0,1 см⁻¹, для родниковой, грунтовой и инфильтрационной воды 0,15 см⁻¹, для обработанной воды поверхностных источников водоснабжения 0,3 см⁻¹;

κ - коэффициент сопротивляемости облучаемых бактерий, принимаемый равный 2500 мквт·сек/см²;

P_0 - количество бактерий в 1 л воды, или коли-индекс воды, до облучения;

P – количество бактерий в л воды после облучения, или коли-индекс облученной воды, принимаемый ≤ 3 ;

$\eta_{\text{п}}$ - коэффициент использования бактерицидного потока, принимается равным для установок с источником излучения погруженным 0,9 и непогруженным 0,75;

η_0 - коэффициент использования бактерицидного излучения, зависящий от толщины слоя воды, ее физико-химических показателей и конструктивного типа установки, принимается равным 0,9.

$$F_6 = - \frac{120 \cdot 0,3 \cdot 2500 \cdot (-3)}{1563.4 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = \frac{270000}{1266.54} = 213 \text{ Вт}$$

Потребное количество ламп составит:

$$n = F_6 : F_{л}, \quad (5.46)$$

где $F_{л}$ - расчетный бактерицидный поток лампы в Вт после 4500-5000 ч горения (35 Вт).

$$n = 213 : 35 = 6,05 = 7 \text{ шт}$$

Расход электроэнергии на обеззараживание воды, Вт · ч/м³, вычисляется по формуле:

$$S = \frac{N_n}{Q_{\text{час}}}, \quad (5.47)$$

где N – мощность потребляемая одной лампой, Вт.

$$S = \frac{1000 \cdot 7}{120} = 58,3 \text{ Вт} \cdot \text{ч/м}^3$$

Потери напора в установке составляют

$$h = 0,000022 \cdot m \cdot Q_1^2, \quad (5.48)$$

где m – принятое количество камер в одной секции;

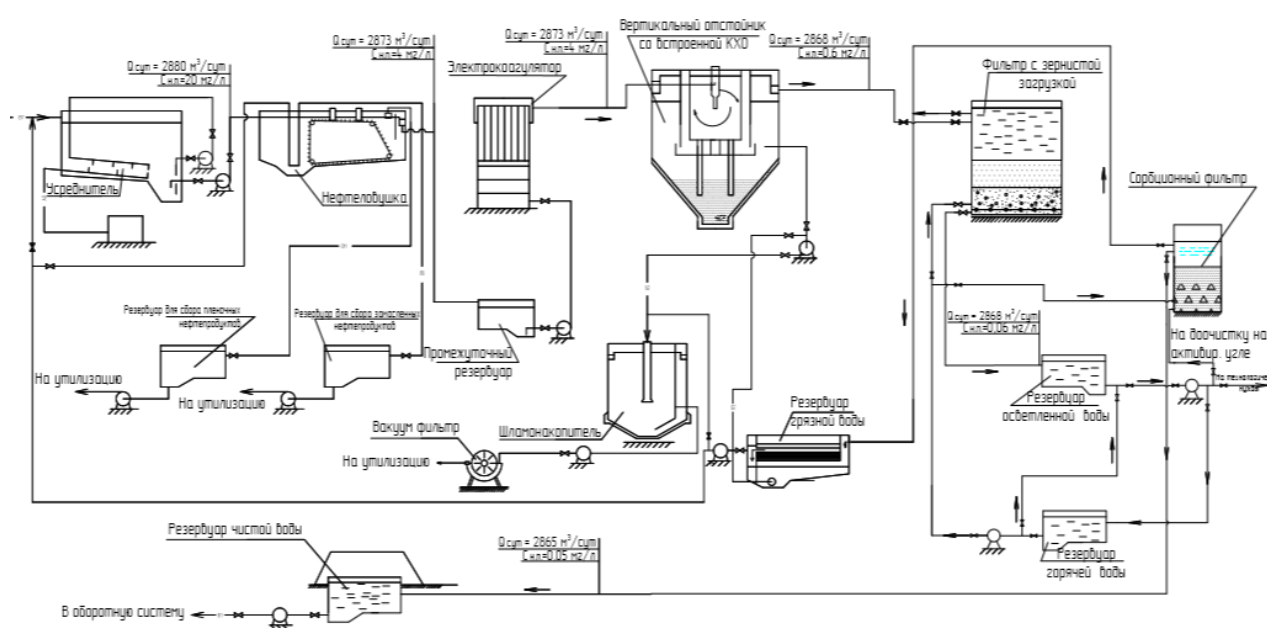
Q_1 - расчетный расход воды через одну секцию установки в м³/ч.

$$h = 0,000022 \cdot 3 \cdot 40 = 0,003 \text{ м}$$

6 Сравнение эффективности технологически схем очистки сточных вод флокулянтами Praestol и предлагаемыми флокулянтами Superalock

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 использование флокулянтов марки Superflock.

Принципиальная существующая схема очистки сточных вод представлена на рисунке 6.1.



V1-трубопровод очищенной воды; V7- трубопровод исходной воды; K5-
трубопровод отвода осадка; R1-трубопровод подачи угольной пульпы; ОН-
трубопровод замасленных нефтепродуктов; АО-трубопровод подачи воздуха;
ПВ-трубопровод промывной воды

Рисунок 6.1 - Принципиальная существующая схема процесса очистки

Предлагаемый способ очистки можно существенно интенсифицировать путём добавления небольшого количества флокуляционного реагента в контактную камеру для инициирования хлопьеобразования и лучшего отделения

эмульгированных нефтепродуктов. В качестве флокулянта может применяться Superflock.

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

Технологическая схема предлагаемой системы очистки от нефтесодержащих стоков представлена на рисунке 6.2.

Данная схема работает следующим образом: сточная вода сначала попадает в аккумулирующую емкость. Аккумулирующая емкость предназначена для обеспечения равномерного распределения концентрации стока. Аккумулирующая емкость оснащена воздухобарбатерами с целью частичной отдувки легких фракций нефтепродуктов возможных ПАВ и АПАВ.

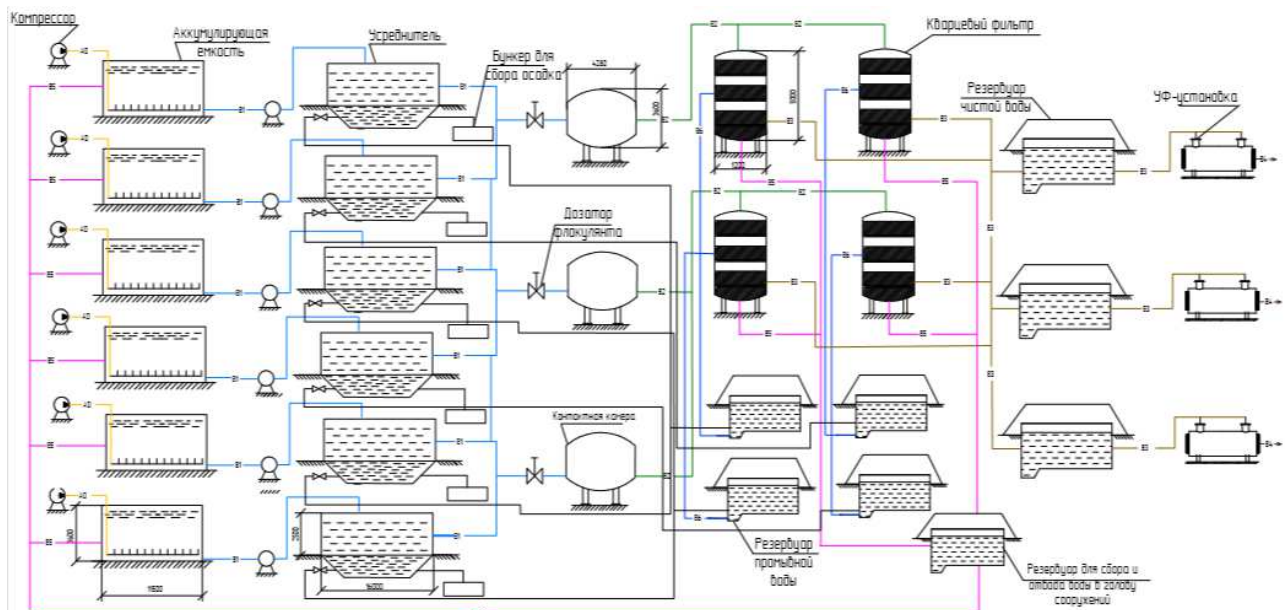
Далее вода поступает в контактный резервуар для коагуляционной очистки от сопутствующих солей металлов и тяжелых фракций нефтепродуктов.

После контактного резервуара вода направляется в блок фильтров включающий две линии по 2 фильтра, одна линия рабочая, другая резервная. Фильтры загружены сорбентом Green Sand.

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

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 98 %.



V1 – трубопровод исходной воды, V2 – трубопровод очищаемой воды,
 V3 – трубопровод отфильтрованной воды, V4 – трубопровод очищенной воды,
 V5 – трубопровод возвратной воды, V6 – трубопровод промывной воды, A0 –
 трубопровод подачи воздуха

Рисунок 6.2 — Модернизированная аппаратно-технологическая схема станции водоочистки на металлургических предприятиях.

Исследовательские данные показывают ошибочное мнение о том, что очистные сооружения, используемые в настоящее время, полностью обеспечивают удовлетворительную очистку сточных вод.

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.

Результаты обработки сточных вод по существующей и рекомендуемой схеме очистки сточных вод представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Результаты обработки сточных вод по существующей схеме и рекомендуемой схеме очистки сточных вод

Сооружения	Нефтепродукты, мг/л		
	до	после	эф, %
Существующая схема			
Усреднитель	20	19,30	3,5
Нефтеловушка	19,3	4,25	78
Вертикальный отстойник	4,25	0,85	80
Фильтр с зернистой загрузкой	0,85	0,09	90
Сорбционный фильтр	0,09	0,04	62
Рекомендуемая схема			
Аккумулирующая емкость	20	7	65
Усреднитель	7	2,1	70
Контактный камера	2,1	0,32	85
Блок кварцевых фильтров	0,32	0,03	92

С конструктивной точки зрения целесообразным представляется частичная реконструкция существующих технологической схем очистки сточных вод. Предлагаемое конструктивное решение возможно устанавливать после стадии предварительного усреднения, 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 флокулянта Superflock по сравнению с флокулянтом Praestol:

- 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 кварцевая загрузка встраивается в фильтрационные камеры существующих сооружений без изменения их конструкции;
- возможность автоматизировать процесс очистки;
- снижение эксплуатационных экономических затрат.

7 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:

$$\delta_y = \left(\left| \frac{d_y}{d_{x_1}} \delta_{x_1} \right| + \left| \frac{d_y}{d_{x_2}} \delta_{x_2} \right| + \dots + \left| \frac{d_y}{d_{x_n}} \delta_{x_n} \right| \right), \quad (7.1)$$

где δ_y – абсолютная погрешность измеряемых величин.

Относительная ошибка, выраженная в процентах:

$$\Delta y_{\text{отн}} = \frac{\delta_y}{y} \cdot 100\% \quad (7.2)$$

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

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}, \quad (7.3)$$

где x_i - показатели измеряемых величин;

n - число испытаний.

Находились среднеквадратичные отклонения (ошибки) по формуле:

$$\sigma \rightarrow \lim_{n \rightarrow \infty} S_n, \quad (7.4)$$

$$\text{где } S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}} \quad (7.5)$$

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

$$W = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (7.6)$$

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

$$\Delta x = \pm \frac{t_{\alpha n} S_n}{\sqrt{n}}, \quad (7.7)$$

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.

8 Технико-экономическое обоснование применения рекомендуемой технологии

8.1 Общее положение

Перед выполнением технико-экономических расчетов решаются следующие вопросы:

- 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 днях) 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:

$$\Pi = E \cdot K + \mathcal{E}, \text{ тыс.руб./год} \quad (8.1)$$

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.

8.2 Расчет капитальных вложений

Таблица 8.1 –Технико-экономический расчёт

Обоснование стоимости	Наименование	Ед. изм	Стоимость тыс.руб. в 2019 г. (4 кв)			Всего
			строительство	монтаж	оборудование	
Глава 2						
УПСС стр.23 табл.5 п.11	Акумулирующая емкость	м ³ /сут	6,24	1,84	0,81	8,89
Прайс-лист	Напорные фильтры ФК31		42	10,5	-	52,5
УПСС стр.32 табл.10 п.10	Водоводы стальные трубы d=100мм l=5.5	м	0,864	0,3349	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 кварцевой очистки	м ³ /сут	49,78	19,754	9,482	79,016
Прайс-лист	Автоматическая насосная станция Activ/J 62 М	м ³ /сут	12	3		15

Окончание таблицы 8.1

Обоснование стоимости	Наименование	Ед. изм	Стоимость тыс.руб. в 2019 г. (4 кв)			Всего
			строительство	монтаж	оборудование	
Прайс-лист	Установка Лазурь МК-500	м ³ /сут	56,0			56,0
Итого			266,7608	61,3305	11,6385	339,73

8.3 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 2019 и представлен в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Сводный сметный расчёт

№ сметы и расчета	Наименование глав, объекта, работ и затрат	Стоимость тыс.руб.				Общая сметная стоимость, тыс.руб.
		строительство	монтаж	оборудование	прочие затраты	
Часть 1	Глава 1 Подготовка территории 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 энергетического хозяйства	19,74	4,538	0,861	-	25,139

Продолжение таблицы 8.2

№ сметы и расчета	Наименование глав, объекта, работ и затрат	Стоимость тыс.руб.				Общая сметная стоимость, тыс.руб
		строите- льство	монтаж	оборудо- вание	прочие затраты	
	Глава 5 Объекты транспорта и связи	12,004	-	-	-	12,004
	Глава 6 Наружные инженер- ные сети	13,871	3,189	0,605	-	17,665
	Глава 7 Благоустройство, озе- ленение	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

Окончание таблицы 8.2

№ сметы и расчета	Наименование глав, объекта, работ и затрат	Стоимость тыс.руб.				Общая сметная стоимость, тыс.руб
		строите- льство	монтаж	оборудо- вание	прочие затраты	
	Глава 12 Проектно- изыскательные работы				14,88	14,88
	Итого по главам1-12	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

8.4 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:

$$C_{\text{Э}} = C_{\text{з/н}} + C_p + C_{\text{эл}} + C_{\text{тэ}} + C_{\text{в}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{ам}}, \quad (8.2)$$

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

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

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

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

$C_{\text{в}}$ – стоимость воды, использованной на собственные нужды, тыс.руб;

C_{np} – прочие затраты, тыс.руб;

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

$C_{ам}$ - амортизационные отчисления

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

8.5 Расходы на заработную плату

Заработная плата зависит от численности эксплуатационного персонала по категориям работающих, годового фонда работающих и районного коэффициента, данные приведены в таблице 8.3.

Таблица 8.3 - 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:

$$C_{з/пл}=12 \cdot MPOТ \cdot nKp \cdot K_c \cdot K_{np} \cdot Ч, \quad (8.3)$$

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,

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

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

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

8.6 Расчет стоимости реагентов и материалов

Стоимость реагентов, представленные в таблице 8.4, 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 8.4 – Расчет стоимости материалов

Наименование материалов	Ед. изм.	Потребность материалов, кг /год	Стоимость, руб./ кг.	Общая стоимость, руб.
Материалы фильтрующих компонентов				
Кварцевый песок	кг	314,62	0,66	207,65
Green Sand	кг	181	18	3258
Итого				3672,626

8.7 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 8.5.

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

Присоединяемая мощность определяется по формуле:

$$N^I = \frac{P \cdot K_0 \cdot \sum N}{\cos \varphi}, \quad (8.4)$$

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 8.5 – Характеристика электросиловых агрегатов

Наименование	Кол-во рабочих агрегатов	Мощность одного агрегата, кВт	Общая потребляемая мощность, кВт
Насосная станция Activ/J 62 М	1	0,75	0,75
Автомоечное оборудование Karcher- K 785 MPlus	1	3	12,6
Итого:			13,35

Годовой расход потребляемой электроэнергии определяется по формуле:

$$W^I = 365 \cdot 10 \cdot \sum N, \quad (8.5)$$

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

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

$$C_{эл}^I = \frac{T_1 \cdot W}{10^6}, \quad (8.6)$$

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

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

8.8 Стоимость воды на собственные нужды

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

$$C_v = Q_{соб} \cdot C_v / 1000, \quad (8.7)$$

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

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

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

$$Q'_{\text{соб}} = \frac{25 \cdot n_1 \cdot 365}{1000}, \quad (8.8)$$

где n_1 и n_2 – число работающих и число рабочих.

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

Отсюда стоимость воды на собственные нужды будет составлять:

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

8.9 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, представленные в таблице 8.6, по формуле:

$$C_m = \frac{Q_m \cdot C_{\text{г}}}{1000}, \quad (8.9)$$

где $C_{\text{г}}$ – стоимость одной гкалл, соответственно теплоносителя;

Q_m – годовой расход тепла на отопление зданий.

$$Q_m = \frac{24 \cdot T_o \cdot \sum_{i=1}^m x_i \cdot a_i \cdot V_i \cdot (t_{\text{сп}} - t_n)}{10^6}, \quad (8.10)$$

где T_o – отопительный период, сут;

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

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

V_I – наружный объем здания;

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

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

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

Таблица 8.6 – Удельные тепловые характеристики зданий

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

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

8.10 Амортизационные отчисления

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

$$C_{ам} = \sum_{i=1}^m (K_i \cdot H_i) \quad (8.11)$$

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 %.

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

8.11 Затраты на текущий ремонт и прочие расходы

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

$$C_{mp} = 0,01 \cdot K \quad (8.12)$$

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

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

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:

$$C_{np} = 0,2 \cdot (C_{ам} + C_{з/пл}) \quad (8.13)$$

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

8.12 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

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

8.13 Затраты на текущий ремонт и прочие расходы

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

$$C_{mp} = 0,01 \cdot K , \quad (8.14)$$

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

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

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:

$$C_{np} = 0,2 \cdot (C_{ам} + C_{з/пл}) \quad (8.15)$$

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

8.14 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.

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

8.15 Техничко-экономические показатели

Техничко-экономические показатели представлены в таблице 8.7.

Таблица 8.7 – Техничко-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:		
Зарботная 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

9 Расчет риска разлива нефтезагрязненных сточных вод

Под риском подразумевают вероятность наступления неблагоприятных событий при выполнении технологического процесса или в области жизнедеятельности человека.

Согласно ГОСТ Р ИСО 31000-2010 [50] риск можно выявить путем описания и систематизации источников опасностей, кроме того позволяет оценить и прогнозировать его значение на основе исследований о предстоящем развитии событий, явлений процессов, их изменений и исходов.

Термин «оценка риска» может выражать процедуру определения его величины, то есть оценивание возможного риска, а также величину степени этого риска. В области решения конкретных задач оценки, анализа и прогнозирования техногенного риска универсальность этого критерия состоит в способности количественного оценивания сразу двух параметров события – частоты возникновения и последствий.

Образование и выбросы вредных веществ на нефтеперерабатывающих предприятиях создают не только техногенную нагрузку на окружающую среду, но и общественно-политическую напряженность в обществе. Многие виды продукции нефтеперерабатывающих заводов, с передовой технологией, обеспечивающей комплексную переработку сырья и состоящей из сотен позиций, взрывоопасны и пожароопасны или токсичны. Перечисленные особенности современных объектов нефтепереработки обуславливают их потенциальную экологическую опасность.

Ущерб промышленных технологий нефтеперерабатывающих заводов для окружающей среды можно охарактеризовать риском, характер и масштабы которого зависят от типа и объемов, потребляемых нефти и топлива, способов их использования, уровня технологии системы безопасности и эффективности проведения работ по уменьшению загрязнений.

Сырая нефть, а также многочисленные продукты ее переработки, широко используемые в хозяйственной деятельности в качестве топлива, смазок,

исходного сырья для нефтехимической промышленности и т. д., попадают в значительных количествах в атмосферные, промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды и вместе с ними поступают в открытые водоемы, почву, подземные водоносные горизонты, нарушая ход естественных биохимических процессов, вызывая гибель флоры и фауны озер, рек и морей, снижая плодородие почв. Таким образом, нефтесодержащие сточные воды стали одним из глобальных загрязнителей окружающей среды.

Учитывая, что нефтеперерабатывающая промышленность является достаточно водоемкой, в этой отрасли постоянно совершенствуются системы водоиспользования и канализации для максимально возможного сокращения водопотребления и водоотведения [51].

Учитывая потенциальную промышленную и экологическую опасность различных технологических процессов на нефтеперерабатывающем заводе, существует определенная вероятность возникновения нештатных аварийных ситуаций, прямо или косвенно влияющих на окружающую среду.

Практика показывает, что крупные аварии, как правило, происходят в результате комбинации случайных событий, инициированных, а также возникающих на разных стадиях аварии (отказы оборудования, ошибки человека, выброс, воспламенение и т. д.).

Авария – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ.

Для выявления причинно-следственных связей между комбинациями случайных событий используют логико-графический метод анализа дерева отказов.

Дерево отказов – графическое представление логических связей между событиями-авариями и инициирующими их событиями.

Построение дерева отказов представляет собой многоуровневый процесс прослеживания и осмысления опасных ситуаций в обратном порядке (сверху вниз). Для того чтобы, во-первых, отыскать все возможные причины

возникновения (нижестоящие, инициирующие события) и, во-вторых, определить частоту возникновения верхней, головной аварийной ситуации.

Проанализировав все возможные причины разлива нефтезагрязненных сточных вод на металлургических предприятиях и с использованием ГОСТ Р 54142-2010 [52], было составлено дерево отказов, для данной аварии, представленное на рисунке 9.1.

Таким образом, возможные причины такой аварийной ситуации, как «разлив нефтезагрязненных сточных вод», можно выявить следующую логическую последовательность.

Наступление головного события возможно при одном из следующих событий (оператор «ИЛИ»): ЧС техногенного характера, ЧС природного характера или в результате теракта. В свою очередь событие «ЧС техногенного характера» зависит от двух событий (оператор «И»): от неисправности очистных систем и о несвоевременном техническом обслуживании оборудования и труб. Неисправность очистных систем могут быть двух типов (оператор «ИЛИ»): неисправность очистных установок или нарушение целостности соединительных труб. В свою очередь неисправность очистных установок может привести к четырем событиям (оператор «ИЛИ»): перелив сточных вод, нарушение целостности стенок установок, разгерметизация запорной арматуры или истекший срок службы. Событие «перелив сточных вод» имеют следующие две причины (оператор «И»): превышение давления в установках и неисправность датчика уровня. В свою очередь событие «Повышения давления в установках» зависит от (оператор «И») неисправности средств контроля давление (манометр) и неисправности автоматики.

Событие «нарушение целостности стенок установок» может возникнуть вследствие двух причин (оператор «ИЛИ»): коррозионного износа или внешних механических повреждений. Нарушение целостности соединительных труб может произойти (оператор «ИЛИ»): в следствии подземной коррозии, некачественной сварки, некачественного производства труб или внешнего механического повреждения. Такое событие как «ЧС природного характера»

возникает благодаря четырем причинам (оператор «ИЛИ»): землетрясению, наводнению, оползню или пожару.

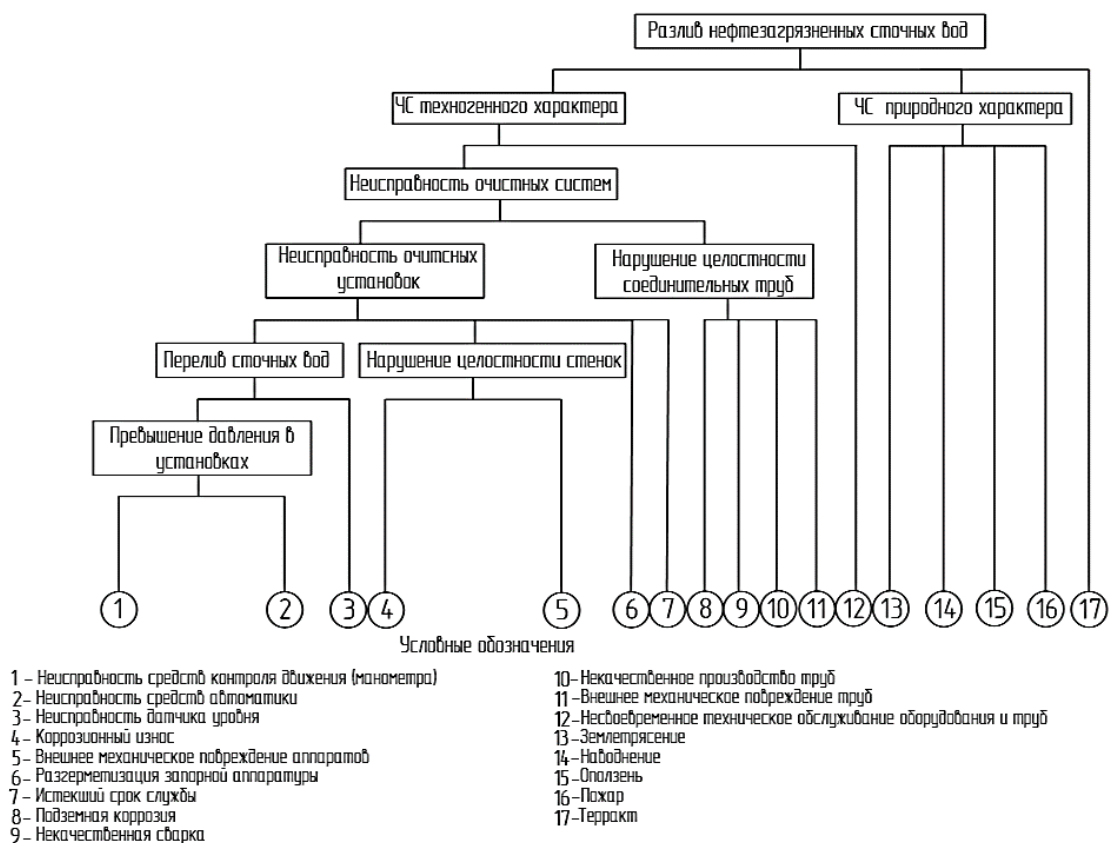


Рисунок 9.1 – Дерево отказов разлива нефтезагрязненных сточных вод

В нашем случае рассматривается такая аварийная ситуация, как разлив нефтезагрязненных сточных вод на нефтеперерабатывающем заводе, то есть будет определяться показатель $P_{общ}$ как вероятность наступления неблагоприятного события.

В таблице 9.1 приведена расшифровка исходных причин аварий

Таблица 9.1 – Исходные причины дерева отказов

№ п/п	Исходная причина аварии
1	Неисправность средств контроля давления (манометра)
2	Неисправность средств автоматики

Окончание таблицы 9.1

№ п/п	Исходная причина аварии
3	Неисправность датчика уровня
4	Коррозийный износ
5	Внешнее механическое повреждение аппаратов
6	Разгерметизация запорной аппаратуры
7	Истекший срок службы
8	Подземная коррозия
9	Некачественная сварка
10	Некачественное производство труб
11	Внешнее механическое повреждение труб
12	Несвоевременное техническое обслуживание оборудования и труб
13	Землетрясение
14	Наводнение
15	Оползень
16	Пожар
17	Теракт

Для каждого аварийного событий введем следующие обозначения:

P_1^1 – вероятность события «повышение давления в установках»;

P_1^2 – вероятность события «перелив сточных вод»;

P_2^2 – вероятность события «нарушение целостности стенок»;

P_1^3 – вероятность события «неисправность очистных установок»;

P_2^3 – вероятность события «нарушение целостности соединительных труб»;

P_1^4 – вероятность события «неисправность очистных систем»;

P_1^5 – вероятность события «ЧС техногенного характера»;

P_2^5 – вероятность события «ЧС природного характера»;

$P_{\text{общ}}$ – вероятность наступления головного события.

Для расчета вероятности безаварийной работы используются следующие формулы в зависимости от используемого оператора «И», «ИЛИ»:

для оператора «И»:

$$P = P_1 \cdot P_2 \quad (9.1)$$

для оператора «ИЛИ»:

$$P = 1 - \prod (1 - P_n) \quad (9.2)$$

Зная значения вероятности исходных событий и учитывая формулы 9.1 и 9.2, можем рассчитать вероятность головного события:

$$P_{\text{общ}} = 1 - (1 - P_1^5) \cdot (1 - P_2^5) \cdot (1 - p_{17}) \quad (9.3)$$

Для того, чтобы определить вероятность головного события, были определены вероятности исходных событий, значения которых представлены в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Вероятность наступления исходных событий

№ исходного события	p_i
1	0,0025
2	0,0036
3	0,0074
4	0,0003
5	0,0006
6	0,0012
7	0,0009
8	0,0011

Окончание таблицы 9.2

№ исходного события	p_i
9	0,0013
10	0,0008
11	0,0007
12	0,0017
13	0,0003
14	0,0005
15	0,0002
16	0,0006
17	0,0008

Вероятность события «ЧС техногенного характера» можно посчитать следующим образом:

$$P_1^5 = P_1^4 \cdot p_{12}, \quad (9.4)$$

где p_{12} – несвоевременное техническое обслуживание оборудования и труб.

Вероятность такого события, как «ЧС природного характера» рассчитывается по формуле 9.5:

$$P_2^5 = 1 - (1 - p_{13}) \cdot (1 - p_{14}) \cdot (1 - p_{15}) \cdot (1 - p_{16}), \quad (9.5)$$

где p_{13} – землетрясение;

p_{14} – наводнение;

p_{15} – оползень;

p_{16} – пожар.

Вероятность наступления события «неисправность очистных систем» можно определить следующим образом:

$$P_1^4 = 1 - (1 - P_1^3) \cdot (1 - P_2^3), \quad (9.6)$$

где вероятность события «неисправность очистных установок» определяется как:

$$P_1^3 = 1 - (1 - P_1^2) \cdot (1 - P_2^2) \cdot (1 - p_6) \cdot (1 - p_7), \quad (9.7)$$

где p_6 – разгерметизация запорной аппаратуры у очистных установок;

p_7 – истекший срок службы очистных установок.

Вероятность события «нарушение целостности соединительных труб» можно посчитать таким образом:

$$P_2^3 = 1 - (1 - p_8) \cdot (1 - p_9) \cdot (1 - p_{10}) \cdot (1 - p_{11}), \quad (9.8)$$

где p_8 – подземная коррозия;

p_9 – некачественная сварка;

p_{10} – некачественное производство труб;

p_{11} – внешнее механическое повреждение труб.

Вероятность наступления такого события как «перелив сточных вод» рассчитывается таким образом:

$$P_1^2 = P_1^1 \cdot p_3, \quad (9.9)$$

где p_3 – неисправность датчика уровня.

Вероятность наступления события «повышение давления в установках» рассчитывается следующим образом:

$$P_1^1 = p_1 \cdot p_2, \quad (9.10)$$

где p_1 – неисправность средств контроля давления (манометра);

p_2 – неисправность средств автоматики.

Вероятность наступления такого события как «нарушение целостности стенок» у очистных установок можно определить следующим образом:

$$P_2^2 = 1 - (1 - p_4) \cdot (1 - p_5), \quad (9.11)$$

где p_4 – коррозионный износ очистного оборудования

p_5 – внешнее механическое повреждение труб

Произведем расчет вероятности наступления головного события разлива сточных вод по приведенным выше формулам.

$$P_1^1 = 0,0025 \cdot 0,0036 = 0,000009,$$

$$P_1^2 = 0,000009 \cdot 0,0074 = 0,00000007,$$

$$P_2^2 = 1 - (1 - 0,0003) \cdot (1 - 0,0006) = 0,0009,$$

$$P_1^3 = 1 - (1 - 0,00000007) \cdot (1 - 0,0009) \cdot (1 - 0,012) \cdot (1 - 0,0009) = 0,0030,$$

$$P_2^3 = 1 - (1 - 0,0011) \cdot (1 - 0,0013) \cdot (1 - 0,0008) \cdot (1 - 0,0007) = 0,0039,$$

$$P_1^4 = 1 - (1 - 0,0030) \cdot (1 - 0,0039) = 0,0069,$$

$$P_1^5 = 0,0069 \cdot 0,0017 = 0,000012,$$

$$P_2^5 = 1 - (1 - 0,0003) \cdot (1 - 0,0005) \cdot (1 - 0,0002) \cdot (1 - 0,0006) = 0,0016,$$

$$P_{\text{общ}} = 1 - (1 - 0,000012) \cdot (1 - 0,0016) \cdot (1 - 0,0008) = 0,0024.$$

То есть вероятность наступления головного события составляет 0,0024. Известно, что допустимый риск соответствует вероятности равной 10^{-6} . Из этого следует, что вероятность данной аварии высока и соответствует недопустимому риску.

Для того, чтобы снизить вероятность аварии, нужно снизить вероятности наступления исходных событий. В этом случае, чтобы снизить вероятность наступления аварийной ситуации, необходимо повлиять на те исходные события, которые имеют наибольшее значение, то есть это события такие как: неисправность средств контроля давления (манометра) (событие №1), неисправность средств автоматики (событие №2), неисправность датчика уровня (событие № 3), некачественная сварка (событие №9), несвоевременное техническое обслуживание оборудования и труб (событие №12).

В результате одной или нескольких аварий, может произойти нерегулируемый сброс нефтезагрязненных сточных вод, который нанесет значительный вред окружающей среде. Для того, чтобы оценить нанесенный ущерб, произведен расчет платы за сброс вредных веществ в водные объекты. В данном расчете рассматривались такие вредные вещества как нефтепродукты и железо.

В виду того, что сброс нефтезагрязненных сточных вод не может произойти на почву, расчет ущерба почвенному покрову не производился.

Расчет платы за сброс вредных веществ в водные объекты производится на основе базовых нормативов платы за сброс загрязняющих веществ в водные объекты, утвержденных Постановлением Правительства РФ № 913 от 13.09.2016 г [53].

Ущерб, наносимый водным объектам представлен в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Ущерб, наносимый водным объектам

№ п/п	Загрязняющие вещества	Показатель	Ед. изм.	Исходная вода	Очищенная вода		
					Praestol №1	Praestol №2	Superflock
1	Нефтепродукты	Концентрация в воде	мг/л	20	3,14	2,97	0,49
		Объем воды	тыс.м ³	1051,2	1051,2	1051,2	1051,2
		Коэффициент перевода цен 2018 г в цены 2019 г		1,04	1,04	1,04	1,04
		Масса сброса вещества	т	21,024	3,301	3,122	0,515
		Ставка платы за сверхлимитный сброс	руб./т	14711,7	14711,7	14711,7	14711,7
		Коэффициент, учитывающий сверхлимитный сброс		5,00	5,00	5,00	5,00
		Плата за сброс	руб.	1608353,66	252511,53	238840,52	39404,65
		2	Железо	Концентрация в воде	мг/л	4,3	0
Объем воды	тыс.м ³			1051,2	1051,2	1051,2	1051,2
Коэффициент перевода цен 2018 г в цены 2019 г				1,04	1,04	1,04	1,04
Масса сброса вещества	т			4,520	0,000	0,000	0,053
Ставка платы за сверхлимитный сброс	руб./т			5950,8	5950,8	5950,8	5950,8

Окончание таблицы 9.3

№ п/п	Загрязняющие вещества	Показатель	Ед. изм.	Исходная вода	Очищенная вода		
					Praestol №1	Praestol №2	Superflock
		Коэффициент, учитывающий сверхлимитный сброс		5,00	5,00	5,00	5,00
		Плата за сброс	руб.	189872,55	0,00	0,00	1626,43
Итого плата за сброс			руб.	1798226,21	252511,53	238840,52	41031,08

По результатам расчета технологической схемы и модернизации флокуляционно-фильтрационного блока, можно сделать вывод, что использование флокулянта Superflock позволит снизить риски, увеличить эффективность очистки стоков, что приведет к снижению эколого-экономического ущерба окружающей природной среде в 44 раза по сравнению с неочищенными стоками и в 6 раз по сравнению со стоками, очищаемыми флокулянтами Praestol.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературных источников и патентной документации показал, что в них недостаточно освещены вопросы применения физико-химических методов очистки нефтесодержащих сточных вод.

В результате исследований разработан способ очистки сточных вод загрязненной нефтепродуктами с использованием флокулянта Superflock.

Произведен анализ эффективности очистки сточных вод флокулянтами Praestol с предлагаемым методом, на основе которого показано, что использование флокулянта Superflock является эффективнее флокулянта Praestol.

Рекомендовано аппаратное оформление технологических схем с внедрением контакто-флокуляционных камер, которые встраиваются непосредственно в трубопровод контактной камеры, без значительного изменения их конструкции.

Произведен расчет риска разлива нефтезагрязненных сточных вод, который показал, что вероятность наступления рассматриваемого события составляет 10^{-6} , вероятность данной аварии высока и соответствует недопустимому риску.

По результатам расчета технологической схемы и модернизации флокуляционно-фильтрационного блока, можно сделать вывод, что использование флокулянта Superflock позволит снизить риски, увеличить эффективность очистки стоков, что приведет к снижению эколого-экономического ущерба окружающей природной среде в 44 раза по сравнению с неочищенными стоками и в 6 раз по сравнению со стоками, очищаемыми флокулянтами Praestol.

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 металлургического предприятия Красноярска – 65,80 рублей и срок окупаемости внедряемой технологии – 1 год и 7 месяцев.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Катин В. Д. К вопросу снижения и нормирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на НПЗ//Нефтепереработка и нефтехимия-2005. — № 2. — С.45–48
2. Буренин В.В. Очистка и обезвреживание нефтесодержащих сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий // Нефтепереработка и нефтехимия, 2008. № 12. С. 39–47.
3. Роев Г. А., Юфин В. А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов — М.: Недра, 1987.
4. Злыднев Н. Н., Еськин А. А., Ткач Н. С. [и др.] Источники нефтесодержащих вод// Технические науки — от теории к практике: сб. ст. по матер. XXXVI междунар. науч. — практ. конф. № 7 (32). — Новосибирск: СибАК, 2014.
5. Пат. 4818410 США, МКИ 4 С 02F 1/26, В 01 D 17/05. Способ удаления водорастворимых органических веществ из технологических вод процессов нефтепереработки / Томас Д. Беллоу, Рой В. Гринли, Фредерик Т. Велэн.
6. А.с.. 1527177 СССР, МКИ 4 С 02 F1/40. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод / Ширеев А.И., Тронов А.В., Ли А.Д., Хохлов Д.Б.
7. Заявка 63-14677 Япония, МКИ 4 С 02 F1/40, В 01 D 17/02, В 63 J 4/00. Устройство предварительной обработки в судовой установке для разделения масел и воды.
8. Заявка 258537 ПНР, МКИ 4 С 02 F. Устройство для предварительной обработки сточных вод нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / Хмелевский А., Пака З., Осполский М., Змолинский К. и др.
9. Фоминых А.М., Джнад Х. Модернизация коалесцирующих фильтров для очистки сточных вод от мойки автомобилей // Изв.вузов. Стр-во и архитектура – 1991. №2. – С.77-81.

10. Стахов Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспортировки нефтепродуктов. – Л.: Недра, 1983 – 263 с.
11. Пономарев В.Г., Иокимис Э.Г., Монгайт И.Л. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. – М.: Химия, 1985. – 256 с.
12. Очистка сточных вод от нефтепродуктов, жиров и белков (основы технологии) / Мархасин И.Л., Измайлова В.Н., Утяшева Л.Х. и др.; Под редакцией акад. И.В. Петрянова-Соколова. – М.: ВИНТИ, 1988. – Т.20 – 176 с.
13. Яковлев В.С. Хранение нефтепродуктов. Проблемы защиты окружающей среды. М.: Химия, 1987. – 152 с.
14. А.с. 1500627 СССР, МКИ 4 С F 1/40, В 01 D 21/08. Установка для очистки нефтесодержащих сточных вод / Назаров В.Д., Щур В.И., Султангулова Р.А.
15. А.с. 1446114 СССР, МКИ 4 С 02 F 1/24. Сооружения для очистки сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ / Резник Н.Ф., Гит Ф.М.
16. А.с. 1551394 СССР, МКИ 5 В 01 D 17/022, 24/0. Фильтр для очистки нефтесодержащих сточных вод / Коган П.К., Кессельман Э.М., Долуб Л.М., Крутоголов А.С.
17. Чистова Л.Р., Рогач Л.М., Пехтерева В.С. и др. Удаление нефтепродуктов из сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника – 1988. № 8. – С. 22-3.
18. Технология извлечения нефтепродуктов из промышленных стоков с возвратом очищенной воды / Епишов В., Мельников В.Н., Ройзман Д.Х. // Очистка сточных вод и переработка отработанных растворов промышленных предприятий: Тез.докл.к зон.конф. 17-18 мая 1990 г. – Пенза, 1990. – С. 76-77.
19. Заявка 1-17433 Японии, МКИ 4 С 02 F 1/72, 1/44, 1/54. Способ обработки содержащих масла сточных вод.
20. Демихова З.Н. Интенсификация процесса удаления из сточных вод нефтепродуктов при помощи флотации: Автореферат дис. Канд. Наук. – Таллин, 1989. 16 с.

21. Copalratnam N.C., Mennet G.F., Peters R.W. The simultaneous removal industrial waste water by joint precipitation and air //Environmental Process. – 1988. – Vol.7, № 2. – P. 84-92.
22. Балтрушис Р.С., Кублицкене Р.Н., Милукас Б.Ю. Реагентный состав для очистки нефтесодержащих сточных вод // Материал конференции «Достижение технических наук в республике и внедрение их результатов». – Вильнюс, 1989. – С.23.
23. Шатц В.Д., Сахартова О.В, Концентрирование микропримесей из воды и их анализ методом ВЭЖХ // Тезисы докладов Всесоюзного семинара «Контроль окружающей среды», Курск, 19-21 марта 1990 г. – М., 1990. С. 56.
24. Биологическая очистка производственных сточных вод / Яковлев С.В., Скирдов И.В., Швецов В.Н. и др. – М.: Строиздат, 1985. – 208 с.
25. Шеер М.Г. Опытнo-промышленный биореактор для очистки нефтесодержащих сточных вод // Водоснабжение и сан. Техника. – 1990. - №9. – С. 25-27.
26. Небера В.П. Флокуляция минеральных суспензий. М.: Недра. 1983. 288 с.
27. Вейцер Ю.И., Минц Д.М. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод. М.: Стройиздат. 1984. 202 с.
28. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение. М.: Химия. 1987. 208 с.
29. Николаев А.Ф., Охрименко Г.И. Водорастворимые полимеры. Л.: Химия. 1979. 144 с.
30. Яковлев С.В., Мясников И.Н., Потанина В.А., Буков Ю.В., Ляхтеэнмяки Х., Кескинен Т. Водоснабжение и сантехника. 1995. №3. С. 28.
31. J. Vostrcil, F. Juracka. Commercial organic flocculants. Park (N.Y.). Noyes data corp. 1976. V.7. 173p.
32. Попов Х.Я. Флокулянты. София: Техника. 1986. 267с.
33. Куренков В.Ф. Соросовский образовательный журнал. 1997. №7. С.57 - 63.

34. Автореферата Гайнулиной М.Р. Изучение возможности использования полимеров на основе малеинового агидрида в качестве флокулянта.
35. Е.С. Берлинтейгер, Е.В. Ульрих, В.А. Давыденко. Изучение технологических свойств нанополимеров и их действие на нефтесодержащие сточные воды, Экология и охрана труда. С. 98-100.
36. Мясников И.Н., Потанина В.А., Демин Н.И., Леонов Ю.М., Попов В.А. Водоснабжение и сан. Техника. 1999. №1. С. 8-9.
37. Пат. CN 103864177 В, Китай. Виды очистки и подготовки маслянистых сточных вод, 2015 г.
38. Пат. CN 100497193 С, Китай. Высокополимерный композитный коагулянт для очистки нефтесодержащих сточных вод и способ его получения, 2007.
39. Пат. CN 100289598 С, Китай. Промышленная вода и сточные воды. Катионный органический флокулянт в нефтесодержащих сточных водах, 2002.
40. Пат. CN 102973969 В, Китай. Промышленная вода и сточные воды, 2002.
41. Пат. CN 101486515 В, Китай. Способ очистки сточных вод, 2009.
42. Pat. EP 0637599 B1, Stephen Robert Vasconcellos, Michael Robert Wood, German, French. Method for treating oily wastewater, 1993.
43. Пат. SU 1477442 А1, Юрий Анатольевич Меншутин, Игнат Никифорович Мясников. Россия. Камеры флокуляции, 1987.
44. Гудков А.Г. Механическая очистка сточных вод», Вологда, 2003, с. 94-97.
45. Манцев А.И. Очистка сточных вод флокулянтами, 1976, с. 18-29.
46. Когановский А.М., Клименко И.А., Левченко Т.М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении.: Химия, 1983, с. 288.
47. Андруняк И.В., Дубровская О.Г., Демченко Д.В. Применение синтетических флокулянтов для кондиционирования нефтесодержащих промышленных сточных вод // Труды международной научно-практической

конференции: XLVI Международные научные чтения (памяти Ф.А. Блинова). – Москва: ЕФИР, 2019. – С. 7-10.

48. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты: Учебное пособие для вузов – М.: ООО «БАСТЕТ», 2008. 304 с.

49. Беликов С.Е. Водоподготовка: Справочник. – М.: Аква-Терм, 2007. 240 с.

50. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство, 2011.

51. ГОСТ Р 54142-2010 Менеджмент рисков. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков, 2011.

52. Кузубова Л.И., Морозова С.В. Очистка нефтесодержащих сточных вод.: Аналитический обзор СО РАН, ГПНТБ, НИОХ. – Новосибирск, 1992, с. 72.

53. Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 N 913 (ред. от 29.06.2018) «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах»

54. Левковский В.Е., Лепихин А.М., Москвичев В.В. Безопасность и риски устойчивого развития территорий. Монография. Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2014-224 с.

55. ГОСТ Р 50897-2011 Менеджмент риска. Термины и определения.

56. OHSAS 18001:1999 «Системы управления безопасностью труда и охраной здоровья. Требования».

57. Измалков В.И., Измалков А.В. Безопасность и риск при техногенных воздействиях.: Ч. 1, 2. М.; СПб., 1994. 269 с.

58. СТО 4.2-07-2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Красноярск: ИПК СФУ, 2014. – 60 с.

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
« 17 » 07 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Снижение рисков за счет использования флокулянтов при очистке
нефте содержащих сточных вод»

20.04.01 Техносферная безопасность

20.04.01.03 Чрезвычайные ситуации в техносфере

Руководитель  канд.техн.наук

И.В. Андруняк

Выпускник  12.07.2019г

Д.В. Демченко

Рецензент  16.07.2019г канд.техн.наук

Е.П. Грищенко

Красноярск 2019