МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»
(наименование)

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов
(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка технических рекомендаций по повышению качества очистки сточных вод на предприятии «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3»

Студент А. Н. Захаркин _____
(И.О. Фамилия) (личная подпись)

Руководитель Ю.Н. Шевченко
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Выпускная квалификационная работа содержит 88 с., 14 таблиц, 11 рисунков.

Выпускная квалификационная работа состоит из двух основных разделов, содержания, введения, заключения и списка используемых источников.

Данная выпускная квалификационной работа посвящена исследованию путей повышения качества очистки сточных вод «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3».

В работе решены следующие задачи:

– проведен анализ сточных вод предприятия, выявлены недостатки;

– проведен анализ существующих технологий очистки сточных вод;

– разработаны технические решения, направленные на повышения качества очистки сточных вод «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3». В качестве технического решения предложена модернизация существующей системы очистки сточных вод, загрязненных нефтепродуктами до необходимой степени очистки, пригодной для оборотного использования;

– произведен расчет предложенной технологической схемы очистки с использованием станции очистки сточных вод (СОСВ).

Методы очистки нефтяных сточных вод требуют других этапов для удаления органических веществ, поскольку они переносят загрязняющие вещества из одной среды в другую, которые включают химическое окисление, биологические методы, коагуляцию и адсорбцию.

Содержание

Введение 5
Перечень обозначений и сокращений 7
1 Характеристика системы промышленного водоснабжения и водоотведения предприятия «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3» 8
1.1 Характеристика системы промышленного водоснабжения предприятия «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3» 8
1.2 Методы очистки сточных вод и обработки осадков предприятия «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3» 12
1.3 Условия сброса сточных вод в водоемы 16
1.4 Качественный и количественный анализ состава сточных вод 21
1.5 Выводы по разделу 32
2 Расчет нормативно–допустимого сброса сточных вод и проектирование системы очистки сточных вод 333
2.1 Анализ различных методов очистки сточных вод от нефтепродуктов 333
2.2 Общие положения проектирования систем водоснабжения и канализации предприятий нефтеперабатывающей промышленности 5050
2.3 Схема проектируемого водоснабжения предприятия 52
2.4 Водопотребление и водоотведение 54
2.5 Состав и характеристики сточных вод 59
2.6 Расчет основного оборудования и сооружений 65
2.6.1 Определение размеров песколовки 65
2.6.2 Определение размеров отстойника–нефтеловушки 67
2.6.3 Расчет и определение основных размеров реагентного хозяйства 70
2.6.3.1 Коагуляционное хозяйство 7071
2.6.3.2 Расчет установки для приготовления и дозирование флокулянта 745
2.6.3.3 Расчет хлораторной установки 75
2.7 Проектирование генерального плана 789

2.8 Выводы по разделу 7980
Заключение 8081
Список используемых источников 8283

Введение

Растущий мировой спрос на энергию, который, как ожидается, составит 44% в течение следующих двух десятилетий делает переработку нефти принципиально значимой [56]. Нефть представляет собой сложную смесь органических жидкостей, называемых сырой нефтью и природным газом, и важное значение имеет образование нефтяных сточных вод. Очистка промышленных сточных вод является важной областью изучения окружающей среды. Очистка нефтяных и нефтехимических сточных вод является широко изучаемой областью исследований. Эти потоки трудно поддаются обработке из-за больших концентраций нефти. Состав стоков в сточных водах, загрязненных углеводородами зависит от качества нефти. Это зависит от условий эксплуатации.

На нефтеперерабатывающем заводе не углеводородные вещества удаляются, а масло разлагается на различные компоненты и смешивается в полезные продукты. Вода является неотъемлемым элементом технологического процесса предприятия.

На Рязанском нефтепроводном управлении вода используется как для нужд технологических процессов, так и для бытовых нужд.

После использования данная вода сбрасывается на очистные сооружения производственных стоков ПДСВ. Однако качество данных сточных вод не отвечает нормативам на сброс в производственную канализацию, она имеет значительные превышения допустимых концентраций по нефтепродуктам, механическим примесям, ионам тяжелых металлов и др. Поэтому на предприятие налагаются штрафы на сброс данных вод.

Сброс сточных вод, превышающих ДК увеличивает общую нагрузку на очистные сооружения, таким образом повышается риск негативного воздействия на водоемы города и окружающую среду в целом.

Следовательно, является актуальным и целесообразным повышение качества очистки сточных вод «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3».

Тема выпускной квалификационной работы – Разработка технических рекомендаций по повышению качества очистки сточных вод на предприятии «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3».

В соответствии с данной темой сформируем цели и задачи работы.

Цель бакалаврской работы – Снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду, за счет повышения качества очистки сточных воды «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3».

В соответствии с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

– провести анализ сточных вод предприятия, выявить недостатки;

– провести анализ существующих технологий очистки сточных вод от нефтепродуктов;

–разработать технические решения, направленные на повышения качества очистки сточных вод от нефтепродуктов «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3»;

–рассчитать предложенную технологическую схему очистки с использованием станции очистки сточных вод (СОСВ).

Перечень обозначений и сокращений

БПК – биологическая потребность в кислороде

ГПС – главная перекачивающая станция

МФ – микрофильтрация

НФ – нанофильтрация

ПДСВ – предельное допустимое содержание веществ

РНУ– районное нефтеуправление

СОСВ – станция очистки сточных вод

ТМР – трансмембранное давление

ТРН – общий объем нефтяных углеводородов

СПВ – система подачи воды

ХПК – химическая потребность в кислороде

1 Характеристика системы промышленного водоснабжения и водоотведения предприятия «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3»

1.1 Характеристика системы промышленного водоснабжения предприятия «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3»

ГПС «Шилово–3» – головная перекачивающая станция Рязанского нефтеуправления (рисунок 1).

Рисунок 1 – Резервуарный парк на ГПС «Шилово–3»

Схемы водоснабжения промышленных предприятий могут быть:

– прямоточными,

– последовательными (повторное использование),

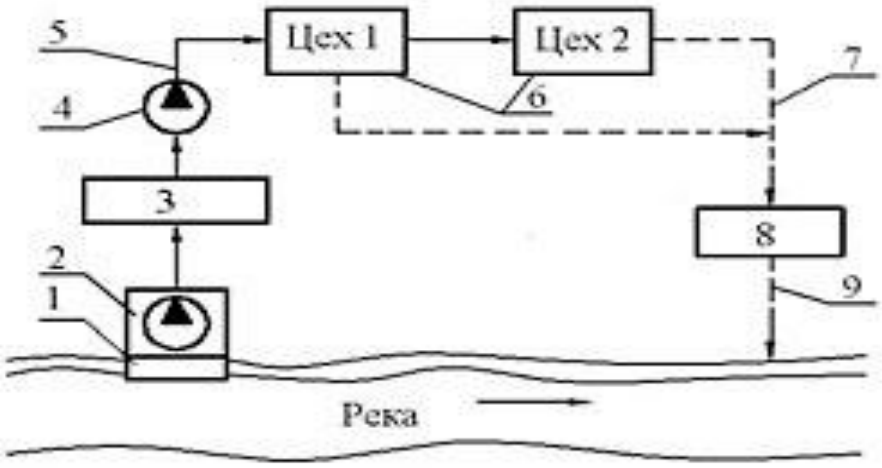
– оборотными [46].

НаГПС «Шилово–3» Рязанского нефтеуправления используется последовательная (повторная) система водоснабжения.

Эта система работает по прямоточному режиму, но из источника забирается только то количество воды, которое необходимо потребителю с большим расходом, а остальные используют его сбросную воду.

Данная система позволяет сократить количество забираемой природной воды и сбрасываемых стоков, снизить производительность и удешевить всю систему водоснабжения.

Система ГПС «Шилово–3» Рязанского нефтеуправлениясооружена как по техническим условиям, экологическим требованиям и экономическим соображениям. Схема производственного водоснабженияГПС «Шилово–3» Рязанского нефтеуправления представлена на рисунке 2.



1 – речной водозабор, 2 – насосная станция 1-го подъема, 3 – станция водоочистки, 4 – насосная станция 2-го подъема, 5 – подающий трубопровод, 6 – потребители, 7 – трубопровод отработанной воды, 8 – станция очистки сточных вод,9 – сброс воды в реку

Рисунок 2 – Схема производственного водоснабжения ГПС «Шилово–3» Рязанского нефтеуправления

Если при первом использовании вода в системе водоснабжения загрязняется, ее подают в очистные сооружения, после чего очищенную воду с помощью насосов вновь направляют для участия в технологическом цикле.

В канализацию уходит небольшая часть воды с загрязнениями. Потери восстанавливают свежей водой.

«При работе повторной системы часть воды теряется: с уносом, испарением и продувкой из охлаждающих устройств; с утечками через неплотности и за счет сброса в канализацию воды загрязняющейся у потребителя примесями, не разрешающими ее повторное использование. Для компенсации этих потерь из природного источника забирается соответствующее количество воды и насосами НС I направляется на станцию ХВО. Очищенная вода сливается в бассейн охлаждающих устройств. Для поддержания солевого баланса из бассейна ведется непрерывная продувка части воды в канализацию» [46].

«По техническим условиям применение данной системы необходимо потому, что дебет имеющегося природного водоисточника недостаточен для осуществления прямоточного водоснабжения» [46].

«Избыток тепла воды, использованной в 10 теплообменных аппаратах, устраняется в градирне, брызгальном бассейне или другом аналогичном устройстве, после чего вода подается снова в цикл циркуляционными насосами. При этом происходит многократное и последовательное физико–химическое воздействие на воду: изменение ее температуры, аэрация, испарение, загрязнение. Это приводит к частичным потерям объема оборотной воды путем капельного выделения и испарения в атмосферу. Частичное испарение, в свою очередь, провоцирует рост минерализации воды. При этом нередко наблюдается нарушение стабильности: повышение коррозионной активности воды либо увеличение отложений минеральных солей» [46].

«Это приводит к постепенному накоплению в воде пыли и продуктов коррозии. Поэтому, подача в систему свежей воды, важна, как для восполнения потерь, так и для восстановления ее качества» [46].

Однако гораздо выгоднее и экономически эффективнее использовать третью схему – оборотную.

«Оборотное водоснабжение промышленных предприятий использует повторно воду, нагретую в охладительных системах производства и затем охлажденную на специальном оборудовании. При необходимости производится не только охлаждение, но и очищение оборотной воды» [46].

«Применение оборотной системы оптимально, если мощность источника водоснабжения ограничена. Экономический эффект от такой схемы достигается также и при источнике достаточной мощности, но который значительно удален от объекта (от 4–5 км), либо промышленная площадка расположена значительно выше уровня воды в источнике (от 25 м). Обустройство оборотной системы водоснабжения значительно снижает объем сбрасываемых в водоем промышленных стоков и, как следствие, снижает уровень его загрязненности» [46].

«В системах оборотного водоснабжения вода охлаждается в предназначенных для этого гидротехнических сооружениях, в основном градирнях, прудах–охладителях и брызгальных бассейнах» [46].

1.2 Методы очистки сточных вод и обработки осадков предприятия «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3»

ГПС «Шилово–3» имеет собственные очистные сооружения.

На рисунке 3 представлены очистные сооружения ГПС «Шилово–3» Рязанского районного нефтепроводного управления.

Производительность очистных сооружений составляет 115 м^3/сут.

Рисунок 3 – Очистные сооружения ГПС «Шилово–3» Рязанского районного нефтепроводного управления

«Для очистки производственных сточных вод промышленные предприятия используют следующие методы:

– механические,

– химические,

– физико–химические,

– биологические» [42].

Ниже представлена таблица 1комплектности очистных сооружений ГПС «Шилово–3» Рязанского районного нефтепроводного управления.

Таблица 1– Комплектность очистных сооружений ГПС «Шилово–3» Рязанского районного нефтепроводного управления

Состав установки	Описание
Сборное модульное здание	Здание состоит из одного и более составных утепленных модулей. Оснащается системами отопления, приточно–вытяжной вентиляцией и освещением Сооружение рассчитывается для требуемой климатической зоны Параметры здания по пожарно– техническим характеристикам. Категория по пожарной опасности – Д (в соответствии с СП 2.13130.2009) Степень огнестойкости – IV Класс конструктивной пожарной опасности – С0 Класс функциональной пожарной опасности – Ф5.1
Блок механической очистки	Механическая очистка от мусора на шнековой решетке. Материал – нержавеющая сталь
Нефтеотделитель тонкослойный безнапорный скребковый	Корпус из листовой стали, толщиной 4 мм Скребковые механизмы удаления осадка и плавающей нефти – нержавеющая сталь Трубопроводная обвязка –нерж.сталь/ПВХ
Блок подачи воды	Емкость из полиэтилена или листовой стали Насос из нержавеющей стали с обвязкой ПВХ
Установка напорной реагентной флотации	Напорный флотатор с флокулятором Блоки приготовления и дозирования коагулянта и флокулянта
Блок приема и подачи флотопены	Емкость с электромешалкой Насос откачки (винтовой/центробежный)
Обезвоживатель шлама с блоком флокулянта	Шнековый/мешковыйобезвоживатель Емкость с электромешалкой и дозатором флокулянта
Комплект трубопроводов и запорно–регулирующей арматуры	В пределах 100 мм от границы контейнера Материал — сталь, ПВХ, полипропилен Тип запорной арматуры – ручная
Комплект силовых и управляющих кабелей	Комплект силовых и управляющих кабелей, подключенных к локальным потребителям, кабеленесущие конструкции

Продолжение таблицы 1

Состав установки	Описание
Комплект КИП	Расходомер, реле потока, датчики уровня в емкостях, манометры, электроконтактный манометр, датчик аварии механизма шламоудаления флотатора
ВРУ	III–я категория электроснабжения, 380В, 50 Гц
Шкаф управления	Ручное и автоматическое управление технологическими электропотребителями

Принцип работы очистных сооружений ГПС «Шилово–3» Рязанского районного нефтепроводного управления.

Удаление нефтепродуктов. Исходные стоки поступают в безнапорный нефтеотделитель, где всплывает основная часть свободных нефтепродуктов. Сбор и транспортировка нефтепродуктов с зеркала воды осуществляется при помощи скребкового транспортера. Удаленные нефтепродукты поступают в нефтесборный карман и отводятся на утилизацию. Осадок собирается в нижней конической части нефтеотделителя и перемещается донным скребком в приямок, откуда периодически выводится через сбросной трубопровод в шламовую емкость. Осветленная вода отводится из нефтеотделителя в самотечном режиме.

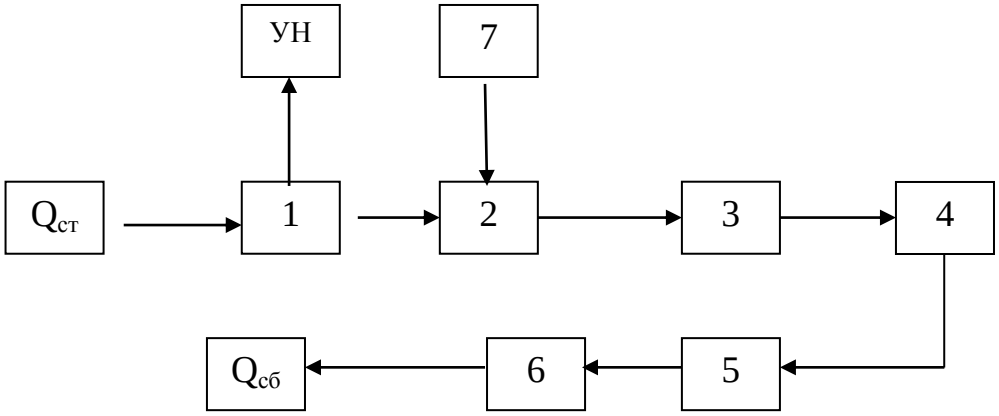
Реагентная обработка. Осветленная вода из емкости насосом подается на обработку коагулянтом и флокулянтом. Автоматические станции приготовления и дозирования реагентов обеспечивают высокоточную подачу рабочих растворов. Интенсивное и полное смешение реагентов с водой и необходимое время контакта обеспечивает трубный флокулятор со встроенными статическими смесителями

Напорная флотация. Обработанные реагентами сточные воды поступают в напорный флотатор, который работает по схеме с рециркуляцией части очищенной воды, насыщаемой воздухом, что обеспечивает эффективную очистку сточных вод от скоагулированных

тонкодисперсных взвешенных веществ и эмульгированных загрязнений. Флотопена удаляется с поверхности камеры движущимися скребками в лоток, откуда самотеком направляется в шламовую емкость. Осветленная вода отводится из флотатора в самотечном режиме.

Обезвоживание осадка. Для обезвоживания осадка применяется шнековый обезвоживатель.

На рисунке 4 представлена технологическая схема очистки сточных вод на предприятии.



$Q_{ст}$ – промышленные стоки, поступающие с ГПС, $Q_{сб}$– очищеные промышленные стоки для сброса, УН – удалённые нефтепродукты,
1 – приемный резервуар-нефтеотделитель, 2 – смеситель, совмещенный с камерой хлопьеобразования, 3 – фильтр,4 – резервуар отфильтрованных сточных вод, 5 – шламообезвоживающая площадка,
6 – камера дренажных вод шламовых площадок, 7 – реагентное хозяйство

Рисунок 4 – Технологическая схема очистки сточных вод на предприятии

1.3 Условия сброса сточных вод в водоемы

В соответствии с «Правилами охраны поверхностных водных объектов» условия отведения сточных вод в открытые водоемы для ГПС «Шилово–3» РНУ согласованы с органами по использованию и охране вод (водная инспекция, органы рыбоохраны и Государственные органы санитарного надзора).

Согласование производится на стадии проектирования очистных сооружений. Действующие сооружения должны обеспечивать выполнение согласованных на стадии проектирования условий и норм сброса очищенных сточных вод.

«Вышеуказанные организации могут изменить ранее выданные нормативы и потребовать выполнения более жестких показателей, поэтому очистные сооружения должны проектироваться и строиться так, чтобы имелась возможность перестроить технологический процесс или дополнительно построить новые сооружения, что позволит выполнить эти требования»[7].

«Нормативы для сброса очищенных сточных вод устанавливают в зависимости от категории водоема, в который они сбрасываются. Различают три категории водоемов: I — водоемы, предназначенные для хозяйственнопитьевого водоснабжения; II—водоемы, используемые для купания, спорта и отдыха населения; III — водоемы рыбохозяйственного назначения. Для водоемов каждой из трех категорий установлены нормы предельно допустимых концентраций различных загрязняющих ингредиентов, значения которых не должны быть превышены после смешения очищенных вод с водой водоема» [7].

«Большое значение для протекания химических и биологических процессов в водоеме имеет активная реакция среды (pH) и температура» [7].

«Согласно общим требованиям к составу и свойствам воды водоемов I и II категории водопользования, в результате сброса сточных вод реакция pH

не должна превышать 6,5—8,5, а температура воды летом не должна повышаться более чем па 3°С по сравнению с наиболее высокой» [8].

«Правилами по охране водоемов от загрязнений предусматривается, что при спуске сточных вод количество взвешенных веществ в воде водоема I категории не должно увеличиваться более чем на 0,25 мг/л, в воде водоема II категории — более чем на 0,75 мг/л. В связи с тем, что аналитически определить такое незначительное увеличение очень трудно, прибегают к расчетам. Для расчетов необходимо знать дебит водоема, количество сточных вод и количество взвешенных веществ в воде водоема и в сточных водах. Иногда в водоеме количество взвешенных веществ в природном состоянии во много раз превышает установленное нормой. Поэтому для водоемов, содержащих более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания взвешенных веществ в воде до 5% по сравнению с исходным их содержанием» [10].

«Чтобы ограничить поступление в водоем сточных вод, содержащих грубодисперсные вещества, гидравлическая крупность взвеси в них не должна превышать для проточных водоемов 0,4 мм/с, для непроточных — 0,2 мм/с. Как правило, даже сточные воды, прошедшие только сооружения механической очистки, такой грубодисперсной взвеси не имеют» [10].

«В соответствии с нормативными требованиями по БПК при сбросе сточных вод в водоемы полная биохимическая потребность в кислороде при 20°С не должна превышать 3 мг/л в водоеме I категории и б мг/л в водоеме II категории. При расчете допустимой величины $БПК_{полн}$ очищенных сточных вод, сбрасываемых в водоем, наряду с возможной степенью их разбавления в воде водоема учитывают и скорость протекания процессов биохимического, самоочищения воды в водоеме на участке от места сброса сточных вод до ближайшего пункта водопользования. Кроме того, известно, что вода некоторых водоемов в природном состоянии имеет величину БПК, превышающую нормативы за счет содержания в ней гуминовых веществ, а также вследствие «цветения» водоема. В этих случаях, не имеющих ничего

общего с загрязнением водоема сточными водами, расчет спускаемых в водоем органических загрязнений осуществляется специально» [11].

«При прочих равных условиях наличие растворенного кислорода в воде водоема находится в прямой зависимости от БПК. Чем больше показатель БПК, тем меньше в воде растворенного кислорода, так как он потребляется на биохимические процессы окисления органических веществ. Одновременно с процессом поглощения кислорода на окисление органических веществ и дыхание водных организмов происходит и его воспроизводство. Количество кислорода пополняется за счет поглощения его открытой поверхностью водоема из воздуха (реаэрации) и за счет продуцирования его фитопланктоном в светлое время суток. Правила охраны поверхностных вод от загрязнений устанавливают минимальную величину растворенного кислорода в воде, равную 4 мг/л в любой период года в пробе, отобранной в 12 ч дня. При расчете величины растворенного кислорода в водоеме после спуска сточных вод нужно обязательно учитывать величину реаэрации» [8].

«Расчеты концентраций ингредиентов для непроточных водоемов производят на основании кратности разбавления сточных вод водой водоема, при этом считается, что разбавление происходит в два этапа — сначала в месте выпуска, а затем под влиянием турбулентной диффузии в значительной части объема водоема. Существует методика расчета выпуска сточных вод в море, в основу которой положено определение зоны предельно допустимой концентрации заданного показателя» [10].

«Таким образом, в любом случае расчетом может быть получена величина Ка, а, следовательно, допустимая концентрация любого показателя в сбрасываемых очищенных сточных водах. Практически такую концентрацию для некоторых веществ можно обеспечить, только ограничив их поступление в систему городской канализации, так как любое вещество имеет предел удаления на городских очистных сооружениях. Этот предел может быть рассчитан. Его величина фактически является предельно

допустимой нормой для сброса сточных под в городские канализационные сети. Расчет концентрации производят с учетом степени разбавления этих веществ в сточных водах города и степени удаления (или распада) их на очистной станции. Таким образом, взяв за основу условия спуска сточных вод в водоем, можно определить и условия спуска сточных вод (бытовых и промышленных) в городские системы канализации» [11].

В таблице 2 представлены усредненные данные по загрязнению сточных вод объекта исследования.

Таблица 2 – Усредненные данные по загрязнению сточных вод ГПС «Шилово–3» РНУ

Загрязнитель сточных вод	После очистки (мг/л)	ПДК для водоемов (мг/л)
нефтепродукты	5	до 0,05
фенол	1,5	до 0,01
хлориды	500	до 300
сульфаты	146	до 100
взвешенные вещества	8	–
ХПК	30	до 15
$БПК_5$	20	до 3
аммонийный азот	10	до 0,39

Проведем анализ качества очистки сточных вод предприятия.

Стоки ГПС «Шилово–3» РНУ содержат или могут содержать в себе следующие вещества: масло– и нефтепродукты, парафины, сульфаты, жирные кислоты, ПАВ, фенол, карбамид, циклические органические углеводороды, аммонийные ионы и др.

Источники загрязнений сточных вод ГПС «Шилово–3» РНУ:

– помывка резервуаров для хранения перекачиваемых продуктов, труб для перегонки, напорного оборудования;

– слив нефтепродуктов на сливной железнодорожной эстакады. Загрязненность этих вод может достигать высоких значений – параметр БПК может превышать 2000 мг/л.

Для оценки количества нефтепродуктов, попадающих в сточные воды, принимают долю 2% от количества перекачивающихся за сутки нефтепродуктов.

Сложность очистки стоков от нефтепродуктов заключается в трудностях при удалении эмульгированной нефти, особенно в случае стойкой нефтяной эмульсии.

В данной ситуации следует учитывать, что разного рода загрязнения, следует извлекать подходящим для данного случая способом. А наилучший результат может быть достигнут совокупностью всех существующих методов очистки.

Для удаления эмульсии чаще всего используются флотационные установки двух ступеней очистки, т.к. одна ступень может быть не эффективна из-за наличия высокой турбулентности. Которая способствует распаду образованных частиц..

1.4 Качественный и количественный анализ состава сточных вод

При оценке сточных вод, сбрасываемых в водоемы, большое внимание уделяется органолептическим и физико–химическим показателям.

«Одним из таких показателей является прозрачность сточных вод, мерой которой служит высота столба воды, при которой сквозь нее можно читать шрифт определенного размера и типа. Сточные воды, поступающие на очистку должны иметь прозрачность не менее 10 см. Прозрачность сточной воды обусловлена наличием в ней нерастворенных и коллоидных примесей» [47]. Результаты органолептических исследований представлены в таблице 3.

Из данных таблицы видно, что сточные воды, поступающие на очистку, имели прозрачность 2…7 см на протяжении всего периода исследований. Самыми прозрачными сточные воды были в весенний, наиболее мутными – в зимний период. Значение данного показателя во всех исследованных пробах не соответствовало требованиям СанПиН. По запаху не наблюдалось отклонений от нормативных требований. Весной и летом сточные воды имели цветность выше требуемой на 40 и 20 % соответственно.

Таблица 3 – Органолептические показатели сточных вод ГПС «ШИЛОВО–3» РНУ за 2019 год

Показатель	Сезон года				Норматив (СанПиН 2.1.5.980–00)
	Зима	Весна	Лето	Осень	
Прозрачность, см	2	7	5	6	Не < 10
Запах, балл	5	5	5	5	Не > 5 (обнаруживаемый непосредственно)
Цвет	Серый (11 см)	Серый (6 см)	Серый (8 см)	Серый (11 см)	Не должен обнаруживаться в столбике 10 см

«Одним из значимых факторов, воздействующих на скорость изъятия загрязняющих веществ при механическом отстаивании, интенсивность обмена веществ у организмов активного ила, потребление растворенного кислорода, а, следовательно, на эффективность процесса биохимического окисления, является температура очищаемой сточной воды» [47].

«Существенное воздействие температуры на процесс очистки наблюдается при отсутствии горячего водоснабжения. Оптимальные значения для удовлетворительного процесса биологической очистки находятся в диапазоне (16…23˚С). От температуры сточной воды зависит эффект первичного отстаивания. С повышением температуры степень содержания взвешенных веществ увеличивается от 5 до 10%. Работа вторичных отстойников ухудшается зимой на (20…30%) в связи с понижением температуры воды, поступающей на очистку» [48].

Таблица 4 – Физико–химические показатели сточных вод ГПС «ШИЛОВО–3» РНУ за 2019 год

Показатель	Сезон года				ПДК
	Зима	Весна	Лето	Осень	
Температура, ˚С	17	21	23	20	16, 0 – 23, 0
pH	7, 8	7, 3	7, 9	8, 1	6, 5 – 8, 5

Результаты исследований показали, что температура поступающей сточной воды в весенний, летний и осенний сезоны года не имела отклонений от оптимальных величин. При оптимальной реакции среды это является очень важным условием для успешной очистки сточных вод. Однако необходимо отметить, что минимальное значение температуры (17˚С) наблюдалось в зимний период и было на уровне нижнего предела требуемой величины, максимальное – в летний (23˚С).

«Концентрацию водородных ионов сточных вод необходимо определять потому, что стоки канализации имеют кислую реакцию. В результате чего создается опасность гибели микроорганизмов биологической

пленки, а после сброса таких стоков в водоем возникает угроза гибели в нем флоры и фауны, снижения его самоочищающей способности» [48].

«При pH 6, 0 жизнедеятельность микроорганизмов на биологических фильтрах снижается, а при pH менее 5, 0 в ряде случаев прекращается совсем» [48].

Как показывают данные таблицы 4, pH сточных вод во все исследуемые периоды составил 7, 3 – 8, 1, что соответствует значению ПДК.

«Среди основных загрязняющих веществ, прежде всего органической природы, присутствующих в сточных водах очистных сооружений, по физическому состоянию (размеру составляющих частиц), выделяют соединения в нерастворенном, коллоидном и растворенном состояниях. По мере изменения степени дисперсности частиц загрязняющих веществ происходит последовательное их изъятие на всех ступенях биологической очистки. Среди них для характеристики работы сооружений механической очистки большое значение имеют взвешенные вещества, т.е. частицы нерастворимого твердого вещества, плавающие по всему объему жидкости (грубые суспензии)» [48].

Таблица 5 – Содержание взвешенных и оседающих веществ в сточных водах ГПС «ШИЛОВО–3» РНУ, мг/дм^{3}за 2019 год

Показатель	Сезон года				ПДК
	Зима	Весна	Лето	Осень	
Взвешенные вещества	90	50	80	58	10
Оседающие вещества	30	60	20	60	6

Содержание взвешенных и оседающих веществ в сточных водах ГПС «ШИЛОВО–3» РНУв течение года превышало предельную концентрацию. При анализе сезонной динамики установлено, что наибольшее содержание взвешенных веществ наблюдалось зимой и летом, достигая значений 9 и 8 ПДК соответственно.

Наибольшее содержание оседающих веществ наблюдалось осенью и

весной. Превышение от предельной концентрации составляло 6 ПДК.

«Необходимость определения содержания этой группы веществ в сточных водах обусловлена присутствием в них одного из наиболее вредных взвешенных веществ органического происхождения лигнина. Большая часть его извлекается из сточных вод в процессе очистки. При высоких концентрациях взвешенных веществ в сточных водах лигнин на очистных сооружениях, как правило, не полностью выпадает в осадок в отстойниках и может поступать со сточными водами в водоемы. Попадая в жабры рыб, лигнин вызывает их закупорку, затрудняет дыхание и приводит к гибели рыбы» [47].

«Для характеристики работы сооружений механической очистки большое значение имеет содержание не только взвешенных, но и количество оседающих веществ. Оседающие вещества – это часть взвешенных веществ, выпадающих в осадок за 2 ч отстаивания в лабораторном цилиндре; они рассчитываются по объему (см /дм^3) и весу (мг/ дм^3)» [23].

Из данных таблицы 5 видно, что уровень содержания оседающих веществ максимальным был весной, в другое время года он снижался: осенью – в 1,5 раза, летом – в 2,6 раз, зимой – в 1,8 раз.

«Перед сооружениями биологической очистки ставится задача глубокого удаления всех форм азотсодержащих соединений. В сточных водах азот представлен, в основном, в виде минеральной (NH_4+, NO_2–, NO_3) и органической (аминокислоты и др. органические соединения) составляющих» [24].

Таблица 6 – Содержание азота в сточных водах ГПС «ШИЛОВО–3» РНУза 2019 года, мг/ дм^3

Показатель	Сезон года				ПДК
	Зима	Весна	Лето	Осень	
Азот аммонийный	0, 51	0, 80	0, 88	0, 56	0, 40
Нитриты	0, 18	0, 27	0, 41	0, 28	0, 08
Нитраты	12	20	21	11	40, 00

Как показывают данные таблицы 6, наибольшее поступление азота аммонийного наблюдалось в летний период (0, 88 мг/ $дм^3$), в другие периоды года оно снижалось: осенью и зимой – на 30%, весной – на 10 %. В первом квартале года значение этого показателя было самым невысоким и превышало ПДК на 7, 5%, тогда как осенью оно превышало ПДК на 27 %; весной и летом превышало на 200%.

«В сточных водах до их очистки азот в окисленных формах (нитриты и нитраты) как правило, отсутствует. Окисленные формы азота отсутствуют даже в том случае, если в производственных стоках имелись нитриты и нитраты. Денитрификация примесей сточной воды объясняется процессами анаэробиоза при транспортировании сточных вод по системе водоотведения, действием бактерий, денитрифицирующих окисленные формы азота до молекулярной формы. Окисленные формы азота появляются после биологической очистки сточных вод, свидетельствуя о полной завершенности процесса» [29].

«Азот служит питательной средой для многих микроорганизмов, применяемых при биологической очистке в аэротенках и необходим для нормальной работы биологической пленки очистных канализационных сооружений. В случае его значительного количества в сточных водах, а также после биологической очистки и разбавления в водоеме его содержание увеличивается, усиливается разрастание сине–зеленых водорослей (цветение воды), что часто наблюдается в летний период» [30].

Содержание нитратов во все исследуемые периоды в сточных водах находилось в пределах нормативных значений. Самым высоким оно было также в летний, самым низким – в зимний период, весной и осенью занимало промежуточное значение.

В сточных водах ГПС «ШИЛОВО–3» концентрация нитритов в течение всего года превышала ПДК: зимой – в 1,8; весной – в 2,9; летом – в 4; осенью – в 2,8 раза, что является признаком нарушения технологии биологической очистки сточных вод.

«Хлориды и сульфаты – примеси сточных вод, не влияющие на скорость и эффективность процесса очистки, если их концентрация невелика; при этом их концентрация в сточных водах не изменяется. Хлориды не влияют на биохимические процессы даже при концентрациях 10 г/л, но во избежание засоления воды водоемов – приемников сточных вод следует предотвращать сброс высокоминерализованных производственных сточных вод в поселковую систему водоотведения» [29].

«Концентрация сульфатов может изменяться лишь в анаэробных условиях при очистке сточных вод в двухъярусных отстойниках и сбраживании осадка в метантенках. В этих процессах сульфаты восстанавливаются до сульфидов и при концентрации более 1 г/дм^3 могут нарушать процесс метанового брожения» [29].

Таблица 7 – Содержание анионов в сточных водах в 2019 г., мг/дм^3

Показатель	Сезон года				ПДК
	Зима	Весна	Лето	Осень	
Сульфаты	124	178	235	190	500, 0
Хлориды	52	115	264	121	300, 0
Фосфаты (по фосфору)	1, 34	2, 38	3	1, 56	0, 2

Как показывают результаты исследований, представленные в таблице 7, содержание сульфатов в сточных водах в течение всего периода наблюдений находилось в пределах (78,1…235,8 мг/дм^3) при ПДК 500 мг/дм^3 (СанПиН 2.1.5.980–00). Концентрация хлоридов имела значительно больший диапазон колебаний (52,3…264,6 мг/дм^3), но также не превышала допустимой величины. При изучении сезонной динамики данных показателей установлено, что максимальные их значения установлены в летний период, минимальные – в зимний, весной и осенью – удерживались примерно на одном уровне.

Источником фосфора в сточных водах являются физиологические

выделений людей, отходы хозяйственной деятельности человека и некоторые виды производственных сточных вод. Содержание азота и фосфора в сточных водах характеризует качество процесса биологической очистки. Азот и фосфор – компоненты материала клеток микроорганизмов. Их называют биогенными элементами, при отсутствии азота и фосфора в сточных водах процесс биологического окисления примесей сточной воды невозможен. На очистных сооружениях фосфаты применяют в технологии производства для выращивания дрожжей, а также для нормальной работы биологической пленки очистных сооружений. При поступлении сточных вод для предварительной механической очистки в отстойнике концентрация фосфатов заметно задерживает осаждение взвешенных веществ.

Данные таблицы 7 показывают, что содержание фосфатов, поступающих со сточными водами на очистку, превышает ПДК. При допустимой величине 0, 2 мг/дм^3, концентрация фосфатов составила летом 3,3 мг/дм^3, что выше ПДК в 16,5 раз. Зимой, весной и осенью значение этого показателя понижалось, но также оставалось значительно выше критического уровня в 6,7; 11,9; и 7,8 раз соответственно.

Наиболее полную информацию о загрязненности сточных вод легкоокисляемыми органическими веществами возможно получить только после определения БПК в натуральной (взболтанной) пробе. БПК пробы сточных вод – кислородный эквивалент степени загрязненности сточных вод биохимически окисляемыми органическими веществами. БПК устанавливает количество кислорода, необходимое для жизнедеятельности микроорганизмов, участвующих в окислении и деструкции органических соединений примесей сточной воды. БПК характеризует часть органических примесей, окисляемых биохимически и находящихся в растворенном и коллоидном состояниях, и часть примесей во взвешенном состоянии, которая способна расщепляться под действием экзоферментов.

Из данных таблицы 8 видно, что зимой и осенью биохимическое потребление кислорода было в пределах допустимых величин. Однако

весной оно возрастало по сравнению с этими значениями в 6,1 раза и превышало допустимое значение в 4,8 раза. Летом БПК продолжало расти, что составило 52,7 мг/дм^3. Данное значение было максимальным за весь период исследований, оно превысило ПДК в 8,8 раза. Это свидетельствует о высоком содержании в сточных водах углеродсодержащей органики, окисляющейся биологическим способом и выполняющей роль активного субстрата для микроорганизмов.

Таблица 8 – Окислительные свойства сточных вод за 2019 год мг/дм^3

Показатель	Сезон года				ПДК
	Зима	Весна	Лето	Осень	
БПКполн	4, 8	29, 1	52, 7	4, 9	6, 0

Тяжелые металлы извлекаются из сточных вод при биологической очистке путем их активной сорбции илом. Данные по содержанию тяжелых металлов в сточных водах, поступающих на очистные сооружения, приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Содержание металлов в сточных водах за 2014–2019 года, мг/дм^3

Металлы:	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Железо общее	0,45	0,47	0,33	0,35	0,31	0,35	0,10
Алюминий	0,065	0,061	0,057	0,051	0,044	0,050	0,040
Хром 3+	0,18	0,17	0,11	0,12	0,09	0,08	0,070
Медь	0,007	0,007	0,006	0,006	0,002	0,003	0,001
Марганец	0,056	0,052	0,048	0,041	0,033	0,020	0,010
Никель	0,038	0,035	0,027	0,030	0,027	0,021	0,010
Свинец	0,2	0,18	0,18	0,11	0,1	0,08	0,100
Цинк	0,023	0,033	0,022	0,018	0,015	0,012	0,010

Исходя из данных таблицы, можно сказать, что за весь период наблюдения по всем показателям наблюдалось превышение ПДК, наибольшее превышение наблюдалось в период с 2014 по 2019 год, до кризиса. После рецессии в 2019 году объемы производства уменьшились, с

чем и связано понижение содержания металлов в сточных водах. Наиболее сильно выделяется содержание железа (превышение ПДК в 3,5…4 раза), марганца (в 2…5 раза), никеля (в 2...4 раза).

Промышленные сточные воды являются одним из источников поступления тяжелых металлов в природные водоемы. Все промышленные примеси, присутствующие в сточных водах, в той или иной мере неблагоприятно воздействуют на нормальное функционирование и жизнеспособность активного ила. Особую проблему представляют токсичные (ядовитые) сточные воды, убивающие активный ил. Сточные воды, содержат большое количество разнообразных токсикантов, из которых можно выделить два основных типа: ксенобиотики (органические токсины) и тяжелые металлы.

Тяжелые металлы – наиболее распространенная группа токсичных трудноокисляемых загрязнений, присутствующих в сточных водах. В неочищенных сточных водах металлы представлены разнообразными химическими соединениями во взвешенной, коллоидной, растворенной и нерастворенной формах. Некоторые из солей тяжелых металлов, например, меди, цинка, трехвалентного хрома в щелочной среде выпадают в осадок. Другие, гидролизуясь, значительно подкисляют сточные воды. Как правило, тяжелые металлы и их соли действуют на активный ил как токсиканты, угнетая его окислительную способность. Они вызывают денатурацию ферментов активного ила, это ингибирует их активность и нарушает проницаемость мембран у организмов ила, что приводит к его гибели.

В процессе биохимической очистки часть ионов тяжелых металлов аккумулируется илом. При этом происходит образование комплексов ионов с белком активного ила, следствием чего является, с одной стороны, накопление соединений металлов в осадках, а с другой – снижение качества очистки сточных вод, так как сорбированные металлы концентрируются в активном иле и с возвратным илом неоднократно попадают в аэротенки, где значительная часть подаваемого кислорода воздуха затрачивается не на

эффективное биологическое окисление загрязнений, а на восстановление свойств активного ила после токсического повреждающего воздействия. Тяжелые металлы ингибируют активный ил при концентрациях (1..5) мг/ дм^3.

Степень удаления тяжелых металлов в процессе биологической очистки на очистных сооружениях зависит от природы металла, его начальной концентрации в неочищенных сточных водах, дозы ила, времени контакта сточных вод с илом и эффективности сорбции соединений металлов, в которой активно участвует все тот же полисахаридный гель активного ила.

В результате анализа качественного и количественного состава сточных вод, поступающих на очистку, и сбрасываемых в водоем, можно сказать, что по ряду показателей наблюдается превышение нормативов: по взвешенным веществам (в 8…9 раз), железу (превышение ПДК в 3,5…4 раза), марганцу (в 2…5 раза), никелю (в 2…4 раза).

С целью оценки эффективности работы очистных сооружений, проведем анализ качества очищенных сточных вод, сбрасываемых в реку Ока, и полученные результаты сравнили с качественными показателями исходных сточных вод. Результаты исследований приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели качества сточных вод, поступающих в реку Ока

Показатель	Стадия обработки		ПДК, норматив (СанПиН 2.1.5.980–00)
	До очистки	После очистки	
Прозрачность, см	5, 000	9, 100	Не < 10
Запах, балл	5	3	Не > 2 (обнаруживаемый непосредственно)
Цвет	Серый (9 см)	Серый (10 см)	Не должен обнаруживаться в столбике 10 см
Температура, ˚С	20, 2	19,3	16, 0 – 23, 0
pH	7, 7	6, 9	6, 5– 8, 5
Взвешенные вещества, мг/ дм^3	36, 8	22	10, 5
Оседающие вещества, мг/ дм^3	25, 9	15	6, 7

Продолжение таблицы 10

Показатель	Стадия обработки		ПДК, норматив (СанПиН 2.1.5.980–00)
	До очистки	После очистки	
Азот аммонийный, мг/ дм^3	0, 6	0, 38	0, 4
Нитриты, мг/ дм^3	0, 28	0, 18	0, 08
Нитраты, мг/ дм^3	16, 5	10, 7	40
Сульфаты, мг/ дм^3	182, 2	153	500
Хлориды, мг/ дм^3	138, 4	103, 8	300
Фосфаты (по фосфору), мг/ дм^3	1, 1	0, 4	0, 2
$БПК_{полн}$, мг/ дм^3	22, 9	14	6
Железо общее, мг/ дм^3	0, 45	0, 35	0, 1
Никель, мг/ дм^3	0, 027	0, 021	0, 01
Хром, мг/ дм^3	0, 085	0, 08	0, 07

По данным таблицы 10 видно, что по большинству определяемых показателей сточные воды после очистки также не соответствовали требованиям СанПиН, хотя и произошло некоторое улучшение их значений. Так, концентрации взвешенных, оседающих веществ, азота аммония, нитритов, нитратов, сульфатов, хлоридов, фосфатов, $БПК_{полн}$, железа общего, никеля и хрома в сточных водах после очистки снизились на 40, 42, 45, 38, 35, 16, 25, 31, 39, 10, 12, и 11% соответственно.

Однако следует отметить, что значения этих показателей даже после очистки сточных вод превышали предельно допустимые: по взвешенным веществам – в 2,11, оседающим веществам – в 2,2 раз, нитритам – в 2,3, фосфатам – 7,4, $БПК_{полн}$, – 2,3, железу общему – в 2, никелю – в 1,5, хрому – в 8,6 раза. Прозрачность очищенных сточных вод была меньше нормативного значения на 0,9 см, запах обнаруживался непосредственно и его интенсивность соответствовала 3 баллам при требуемых 2–х баллах.

Цвет сточных вод после очистки был серым и обнаруживался в столбике воды глубиной 10 см, что не удовлетворяет требованиям к очищенным сточным водам. Температура, pH, концентрации нитратов, ионов аммония, сульфатов, хлоридов находились в пределах допустимых значений.

1.5 Выводы по разделу

На предприятии «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3» установлена система очистки промышленных сточных вод.

Такая схема очистки сбрасываемых сточных вод применяется повсеместно на нефтеперерабатывающих предприятиях, однако схема имеет ряд недостатков:

–схема не оборотная, а это значит, что, все сточные воды очищаются только один раз, а значит, степень очистки в значительной степени зависит от качества очистки на каждом этапе;

–невозможность повторного использования очищенной воды в технических целях;

–одноступенчатая система очистки не обеспечивает должной очистки сточных вод;

–моральный и физический износ оборудования.

В целом, эффективность очистки сточных вод следует считать неудовлетворительной. Эффективность очистки по взвешенным веществам составляет 61%, по оседающим веществам – 57%, по нитритам – 64%, по фосфатам – 36%, по железу и никелю – 77%, по хрому – 94%. Средняя арифметическая эффективность очистки по данным показателям составляет 66,5%. Такое положение в значительной степени объясняется физической изношенностью технологического оборудования.

Следовательно, требуется реконструкция системы очистки сточных вод ГПС «Шилово–3» Рязанского районного нефтепроводного управления, так как существующая система очистки производственных сточных вод не обеспечивает должную степень очистки.

2 Расчет нормативно–допустимого сброса сточных вод и проектирование системы очистки сточных вод

2.1 Анализ различных методов очистки сточных вод от нефтепродуктов

Нефтяные сточные воды являются основным источником загрязнения водной среды и являются сточными водами, происходящими из отраслей, в основном занимающихся переработкой сырой нефти, производством горюче–смазочных материалов и нефтехимическими промежуточными продуктами Исследования показывают, что объем нефтяных сточных вод, образующихся при переработке, в 0,4–1,6 раза превышает объем перерабатываемой сырой нефти. Если нефтяные сточные воды, содержащие высокое содержание органических веществ, сбрасываются в водную среду, для которой требовалось 2 мг л $^{-1}$ из растворенного кислорода для нормальной жизни, это приводит к уменьшению количества растворенного кислорода бактериями. В анаэробных системах продукты химических и биохимических реакций вызывают неприятные цвета и запахи в воде.

В основном стоки состоят из жиров и нефтяных соединений, которые состоят из трех основных углеводородных групп: парафин (очень мало атомов углерода (C_1–C_4), такой как метан (CH_4), этан (C_2H_6) и пропан (C_3H_8)], нафтен [такой как циклогексан (C_6H_{12}) и диметилциклопентан (C_7H_{14})] и ароматические соединения (чем больше углерода атомы представляют собой углеводородную молекулу, такую, как бензол (C_6H_6), толуол (C_7H_8) и ксилол (C_8H_{10}) [10].

Кроме того, нафтеновые кислоты (НА), которые представляют собой один класс соединений в сточных водах нефтяной промышленности, которые, как известно, вызывают токсические эффекты, и их удаление из сточных вод нефтяного месторождения является важной проблемой для восстановления больших объемов нефтехимических стоков [10].

Когда сырая нефть содержит значительные количества серы, ее называют кислой сырой. Так, кислая вода – это особый поток нефтеперерабатывающих заводов, который содержит медленно разлагаемые соединения и токсичные вещества. Нефтяные сточные воды могут сильно различаться в зависимости от конфигурации установки, процедур эксплуатации и типа обрабатываемой нефти.

Как правило, очистка сточных вод, загрязненных углеводородами состоит из двух основных этапов: предварительной обработки и предварительной очистки. Биодеградация, фотокаталитическая деградация, адсорбция и другие были исследованы с многообещающими результатами. Важными параметрами в этих методах обработки были химическая потребность в кислороде (ХПК), биологическая потребность в кислороде (БПК), общий объем нефтяных углеводородов (ТРН), масла и смазки, сульфаты и фенолы. Поскольку эти методы имеют некоторые недостатки, передовые процессы окисления в последние годы привлекают больше внимания из–за их способности к быстрому разложению непокорных загрязняющих веществ в водной среде под действием гидроксильного радикала (ОН), который обладает высоким окислительным потенциалом (по оценкам, плюс ,8 В) по сравнению с другими окислителями, и они имеют высокую эффективность и меньшее образование шлама. Кроме того, они работают в широком диапазоне pH. Это обзорное исследование фокусируется на исследованиях и исследованиях по очистке нефтяных сточных вод.

Нефтеперерабатывающие заводы были классифицированы либо на установку гидрообезжиривания, которая включает установку для дистилляции сырой нефти, установку для обессеривания и установку для риформинга, либо на комплексную установку, которая включает установку каталитического крекинга с нефтеперерабатывающим заводом. Кроме того, нефтехимические заводы иногда включались в нефтеперерабатывающий комплексы. В целом, загрязняющие вещества в сточных водах можно

разделить на органические вещества, неорганические вещества, которые включают азот, фосфор, аммиак и хлориды железа, а также тяжелые металлы.

Органические соединения и аммиачный азот считаются основными химическими характеристиками окружающей среды в сточных водах. Химическая потребность в кислороде (ХПК) и пятидневная биохимическая потребность в кислороде ($БПК_5$) используются в качестве параметров для описания органических веществ в сточных водах.

Превращение сырой нефти в полезные продукты, такие как бензин и керосин, было достигнуто благодаря многочисленным конфигурациям нефтеперерабатывающих заводов. В ходе этих процессов нефтяные сточные воды генерировались в таких установках, как гидрокрекинг, факел гидрокрекинга, гидроразрыв, факел гидроскиммера, сточные воды, конденсат, конденсат и факел и опреснитель. Кроме того, основными источниками общего количества фенолов в полученных потоках отходов на очистных сооружениях, загрязненных углеводородами были нейтрализованные отработанные щелочные (в среднем 234 мг/л) потоки отходов, отвод воды из резервуара (в среднем 11,8 мг/л) и стоки опреснителя. (в среднем 1,4 мг / л) [2].

Основными загрязняющими веществами в нефтехимических сточных водах по порядку величины были нормальные алканы (C_{10}–C_{21}), ароматические углеводороды и полициклические углеводороды.

Различные типы органических веществ, которые обычно содержатся в нефти, как показано в таблицах (2-10)раздела 1. Из-за таблиц следует, что нефтяные сточные воды содержали высокие полициклические ароматические соединения, которые были очень токсичными, а также широкий спектр загрязняющих веществ при различных концентрациях, так же считаются опасными загрязнителями окружающей среды.

Идентификация органических загрязнителей в сточных водах нефтеперерабатывающих заводов на некоторых нефтеперерабатывающих заводах показала, что основными соединениями являются различные

фракции нефтяных алифатических углеводородов (до C_{10}) и хорошо известные ароматические соединения, такие как бензол, толуол и этилбензол показали, что максимальное удаление ХПК и БПК составляло около (1400…1500) мг/л и (25…30) мг/л, соответственно, из разных источников нефтехимических сточных вод с использованием физической обработки, и пришел к выводу, что разделение и индивидуальное обработка для каждого источника была хорошей альтернативой лечению в полном количестве после смешивания различных источников. Нефтяные сточные воды представляют собой сложные матрицы органических загрязнителей, как показано в таблице 10, и большинство из них содержат масла и смазки, которые забивают дренажные трубы и вызывают неприятные запахи и коррозию, а также являются липкими, фенольные соединения, которые угрожают окружающей среде из–за их крайней токсичности и способности оставаться в течение длительного времени [5], а также компоненты азота и серы, которые представлены в форме аммиака и сероводорода (H_2S), соответственно.

Кроме того, нафтеновые кислоты (НК) представляют собой один класс соединений в сточных водах нефтяной промышленности, которые, как известно, вызывают токсические эффекты, и их удаление из сточных вод нефтяного месторождения является важной проблемой для восстановления больших объемов нефтехимических стоков.

Следующие общие выводы можно сделать из этих характеристик нефтяных сточных вод, представленных различными исследователями:

– состав сточных вод в нефтяных сточных водах зависит от качества нефти, условий эксплуатации и источников загрязнения сточных вод. Итак, большая разница была показана в спецификации сточных вод среди исследованных исследований и широкого спектра загрязняющих веществ в различных концентрациях;

– большинство соединений в нефтяных сточных водах были растворенными и диспергированными маслами, которые представляют собой смесь углеводородов (бензол, этилбензол, ксилолы, толуол,

полиароматические соединения, фенол и углеводороды). Кроме того, растворенные минералы пласта представляют собой неорганические соединения, в состав которых входят тяжелые металлы;

– средняя концентрация сульфида составляла около 20 мг/л. Но это высокая концентрация в потоке кислой воды, который имеет сложный химический состав, такой как нефть, фенолы, сульфиды, меркаптаны, аммиак, цианиды и другие микрозагрязнители. Различные агентства по охране окружающей среды устанавливают максимальные пределы сброса для каждого компонента отходов.

Очистки нефтяных сточных вод подразделяются на три типа; физический, химический и биологический. Однако обработка требует типичного применения интегрированной системы из–за сложности характеристик нефтяных сточных вод.

Таким образом, традиционные методы очистки требуют многостадийного процесса очистки.

Первая стадия состоит из предварительной очистки, которая включает механическую и физико–химическую обработку, за которой следует вторая стадия, которая представляет собой предварительную очистку предварительно очищенных сточных вод. Основываясь на проведенном обзоре литературы, методы и методы очистки нефтяных сточных вод включали физическую, химическую и биологическую очистку.

В таблице 11 представлен анализ различных методов очистки сточных вод от нефтепродуктов.

Таблица 11 – Обзор методов для очистки сточных вод от нефтепродуктов

Применяемый метод	Удаленные загрязнители	Максимальное удаление, %
Физико–химические процессы	Всего нафтеновых кислот	16
	Ароматические нафтеновые кислоты	24
Процесс погруженной мембраны	содержание масла в сточных водах	69
Мембранный биореактор (МБР)	Тяжелые металлы	70
	Железо	75
Нанокомпозитная мембрана с многостенной углеродной нанотрубкой (MWCNT), встроенной в матрицу поливинилиденфторида (PVDF)	Углеводородные загрязнители	
Мембранный биореактор с перекрестным потоком (CF–MBR)	ХПК	93
Половолоконный мембранный биореактор (HF–MBR)	ХПК	82
	$БПК_5$	89
	Мутность	98
Мембранный секвенирующий реактор периодического действия	Углеводородные загрязнители	98
Ультрафильтрационные (УФ) мембраны	ХПК	44
Полиалюминий хлорид и хлорное железо для коагуляции	ХПК	58
Силикат полицинка (PZSS) и анионный полиакриламид (A–PAM) для коагуляции / флокуляции	Углеводородные загрязнители	99
Последующая коагуляция / H_2O_2	ХПК	58
	$БПК_5$	78
Коагуляция квасцами	ХПК	61
Коагуляция хлоридом железа (FeCl3)	ХПК	52
Электрокоагуляция	Фенол	100
Ячейка с горизонтально ориентированным алюминиевым катодом и горизонтальным алюминиевым экранным анодом при высокой плотности тока	Фенол	97
Адсорбция органоглиной	органически евещества	62
Адсорбция активированным углем	ХПК	60
Процесс каталитического окисления влажного воздуха с помощью микроволн	ХПК	90
Частичный осадитель [$FeCl_3 \cdot 6H_2O$ и $FeSO_4 \cdot 7H_2O$] и вспомогательные вещества коагулянта [Ca $(OH)_2$ и $CaCO_3$]	Сульфиды	99

Методы физической обработки включают процессы, в которых не выполняются грубые химические или биологические изменения и используются строго физические явления для улучшения или очистки сточных вод. Примерами могут служить грубый скрининг для удаления крупных захваченных объектов и образования осадка. Присутствие сульфида и солей может препятствовать биологической операции, превышающей 20 мг/л$^{-1}$.Таким образом, система физической очистки является первичной стадией очистки, которая необходима для удаления или отделения взвешенных твердых частиц, несмешивающихся жидкостей, твердых частиц, взвешенных веществ из нефтяных сточных вод с использованием седиментации, коагуляции и флокуляция и длительное использование вторичной очистной установки. Большинство физических методов лечения рассматриваются как обычные методы. В настоящее время физические технологии, такие как седиментация, используются перед биологической обработкой для удаления взвешенных частиц. Седиментационная обработка, которая используется для отделения нефти от воды, механически достигается гравитацией в сепараторах или сепарационных резервуарах. Процесс коагуляции был использован для устранения помутнения и уменьшения органических нагрузок. Тем не менее, физические процессы были относительно неэффективными для очистки нефтяных сточных вод из–за их сложности, и, следовательно, другие процессы могут быть использованы для предварительной обработки. Как показано в таблице 11, максимальное снижение общего содержания нафтеновых кислот и ароматических нафтеновых кислот в результате физико–химических процессов составило 16% и 24%, соответственно, в сточных водах, в то время как в биологических процессах они составляли 65% и 86% соответственно [10].

Мембранные методы очистки обычно можно разделить на биологические мембраны и синтетические мембраны. Мембранные технологии, такие как электродиализ и ультрафильтрация, применяются все чаще. Было обнаружено, что мембранное разделение полезно при обработке

органического вещества и является более приемлемым и экономичным, чем другие методы физической обработки.

В зависимости от размера пор их можно классифицировать как ультрафильтрация (УФ), микрофильтрация (МФ), нанофильтрация (НФ) и мембраны обратного осмоса. По исследованиям из статьи можно сделать вывод, что на применение процесса погруженной мембраны сильно повлияли содержание масла в сточных водах и значения потока пермеата при очистке сточных вод, загрязненных углеводородами. Максимально допустимое трансмембранное давление (TMP) достигло значения 9 Паскалей с увеличением потока пермеата и содержания масла, что привело к увеличению циклов обратной промывки и очистки[3].

Трансмембранное давление (TMP) – это разность давлений между подачей и потоком пермеата.

Как показано в таблице 11 мембранный биореактор удалял тяжелые металлы из нефтехимических сточных вод с различным процентом удаления, который варьируется от 40% до 70%, и максимальное удаление только железа было этот процесс, будучи выше 70%. указали, что лучшей нанокомпозитной мембраной была нанокомпозитная мембрана с многостенной углеродной нанотрубкой (MWCNT), включенной в матрицу поливинилиденфторида (PVDF) для целей фильтрации, поскольку она удаляла все загрязняющие вещества из сточных вод НПЗ, и это было отличное свойство против обрастания. Принципы поперечной фильтрации были использованы в нанофильтрации, ультрафильтрации, микрофильтрации и обратном осмосе.

Так же в статье говориться, что использование мембранного биореактора с перекрестным потоком (CF–MBR) для очистки нефтяных сточных вод позволило достичь эффективности удаления ХПК более чем на 93% при концентрациях взвешенных веществ в смешанной жидкости (MLSS) 5000 и 3000 мг/л$^{-1}$. Средняя эффективность удаления ХПК, $БПК_5$ и мутности из реальных сточных вод загрязненных углеводородами с использованием

мембранного биореактора с полыми волокнами (HF–MBR) достигла 82%, 89%, и 98% соответственно [3].

Взаимодействие между поверхностью мембраны и взвешенными твердыми составляющими в сточных водах, загрязнённых нефтяными остатками сильно влияло на загрязнение мембраны в поливинилиденфторидных (PVDF) мембранах из полых волокон. Эффективность удаления выше, чем 97%, была найдена для трех модельных углеводородных загрязнителей при использовании мембранных секвенирующих реакторов через 8, 16 и 24 ч для очистки синтетических нефтяных сточных вод. Распределение частиц по размеру и микроскопический анализ показали уменьшение популяций простейших в активном иле с уменьшением времени. Было обнаружено, что скорость загрязнения мембраны увеличивается с уменьшением времени гидравлического удержания. Ультрафильтрация (УФ) очень перспективна для их обработки для удаления масла, но она была ограничена экономическими препятствиями из-за серьезного загрязнения мембран [1].

В общем, значения удаления ХПК были значительно ниже, между 41 и 44%, при использовании мембран ультрафильтрации для очистки сточных вод НПЗ из-за более высокого содержания растворенных органических веществ, а трансмембранное давление значительно повлияло на объем накопления проникновения, что указывает на надежность модели [1].

Химический процесс коагуляции является важным и общепринятым методом очистки сточных вод для уменьшения или устранения мутности, цвета, ХПК. Это эффективный процесс предварительной обработки, когда он используется перед биологической или мембранной обработкой, или используется в качестве окончательной полирующей обработки для уменьшения или устранения не биоразлагаемых органических веществ в сточных водах нефти.

Процесс коагуляции или флокуляции проводился для очистки нефтяных сточных вод с целью максимального удаления ХПК. Однако

коагуляция считается неподходящей для полной очистки сточных вод из–за ее ограниченной эффективности удаления органических веществ.

За последние 10 лет активно развивались исследования с использованием хлорида полиалюминия и хлорида железа для коагуляционной очистки сточных вод в нефтяной промышленности. Исследователи отмечают, что полиалюминийхлорид был более эффективным. Изменение pH оказывает незначительное влияние на удаление цвета сточных вод из нефти. Эффективность удаления ХПК из нефтяных сточных вод зависит от характеристик нефтяных сточных вод и видов коагулянтов, которые обычно могут быть неорганическими солями металлов, такими как сульфат алюминия (квасцы), сульфат железа, хлорид железа и хлорсульфат железа, а также дозировка коагулянта.

Эффективность удаления ХПК из сточных вод, загрязненных углеводородами варьировалась в пределах 45…75% при использовании частичного осаждения [$FeCl_3 \cdot 6H_2O$ и $FeSO_4 \cdot 7H_2O$] и коагулянтов [Ca (OH) $_2$ и $CaCO_3$] при различных Значения pH и эффективность удаления сульфида составляли (96…99%). Эффективность удаления ХПК ионов (Fe_3 +) и (Fe_2 +) вместе с коагулянтами [$Ca(OH)_2$] составляла (50…80%) и (32…50%) соответственно. Несколько исследований показали, что коагуляция способствует удалению органических соединений в нефтяных сточных водах. Более 99% масла было удалено из сточных вод с тяжелой нефтью через 40 минут и pH (6,5…9,5) с использованием поликатинового силиката и анионного полиакриламидадля коагуляции или флокуляция нефти и взвешенных веществ. Силикат поли–цинка был более эффективен, чем сульфат полиуретана и хлорид полиалюминия [1].

Другая работа показала, что коагулянт, коагулянты и турецкая глина использовались для очистки нефтяных сточных вод. Эффективность турецкой глины была меньше, чем у полимерных материалов. Кроме того, было выяснено, что хлорид железа увеличивает размер хлопьев и уменьшает время седиментации больше, чем квасцы. Таким образом, хлорид железа был

более эффективным, чем квасцы, а соли железа – более эффективными, чем добавление алюминия или извести при удалении органических соединений сточных вод.

В работе было исследовано, что последующая коагуляция H_2O_2 удаляет 58% ХПК и 78% $БПК_5$из сточных вод, загрязненных углеводородами. В работе использовали коагуляцию для предварительной очистки нефтяных и нефтехимических сточных вод. Их результаты показали, что квасцы имели более высокую эффективность удаления ХПК, чем хлорид железа ($FeCl_3$), и способствовали удалению мутности, когда pH увеличивался от кислотного диапазона до щелочного диапазона. Однако недостатком квасцов была его опасная природа. Они также сообщили, что хлорид железа обладает более высокой эффективностью по сравнению с другими коагулянтами с эффективной дозой 800 мг/л$^{-1}$ [4].

Обнаружено, что процесс обработки в значительной степени зависит от плотности тока, типа анода и катода и исходного состава сточных вод. Скорость электрокоагуляции улучшалась с увеличением количества сит на массив и снижением концентрации фенола. В результате исследований получили 100% удаление фенола через 2 часа из нефтехимических сточных вод путем электрокоагуляции с использованием электрохимического реактора с неподвижным слоем [1].

Например, тип анода и катода играет важную роль в этом процессе. Использование полиалюминий хлорида было более эффективным, чем использование хлорида железа (III) при нефтехимической обработке сточных вод. Так же использование алюминия в качестве анода и катода в экспериментах по серийной электрокоагуляции, безусловно, является наиболее эффективным способом по сравнению с нержавеющей сталью и железом при снижении ХПК и сульфата из сточных вод нефтяного происхождения. Удаление 97% фенола из сточных вод, загрязненных углеводородами через 2 часа было достигнуто благодаря использованию ячейки с горизонтально ориентированным алюминиевым катодом и

горизонтального алюминиевого экранного анода при высокой плотности тока и pH раствора.

Преимуществами адсорбции были низкая стоимость, простота и технологичность. Недавняя работа показывает исследования по адсорбции органоглиной для удаления сточных вод из нефтяных сточных вод. Они обнаружили, что органофильные глины были эффективны в качестве адсорбентов для удаления органических веществ с высокой токсичностью, таких как фенолы и соединения BTEX. Адсорбционная технология в основном относится к адсорбции активированным углем. Он обычно используется для органических соединений, характеристик аммония и токсичности при очистке нефтяных сточных вод [1].

Добавление сорбента и связывание активного ила с образованием биологически активированной углеродной системы улучшает обработку путем адсорбции. Адсорбция на активированном угле эффективна для удаления остатков органических соединений после биологической очистки. Кроме того, низкомолекулярные загрязнители специально адсорбируются. Этот метод ограничен высоким потреблением активированного угля или требованием частой регенерации колонн. При этом методе можно достигнуть 30% снижения ХПК при температуре окружающей среды, тогда как при 60 ° С было достигнуто 53% снижения ХПК.

Процесс физико–химической обработки объединяет методы физической обработки (такие как абсорбция и фильтрация) и методы химической обработки (такие как окисление и озонирование) для очистки промышленных и коммерческих сточных вод.

После механического этапа физико-химический этап агломерирует мелкие взвешенные твердые частицы в крупные частицы, чтобы облегчить удаление фильтрацией, флотацией и осаждением. АОП определяются как методы, которые производят гидроксильные радикалы в достаточных количествах, способных разрушать большинство не перекачивающих загрязнений, присутствующих в сбросной воде.

Очистка нефтяных сточных вод проводится по широкому кругу технологий и подходов. В последние годы строгие стандарты сброса в большинстве стран установлены для полного снижения воздействия на окружающую среду. Многие традиционные технологии не используются для некоторых стойких соединений из-за плохой производительности этих процессов с этими соединениями. Комбинация подходящих процессов очистки может обеспечить эффективную очистку этих соединений в нефтяных сточных водах. Среди химических методов АОП представляют наиболее эффективное решение и являются отличной альтернативой для очистки нефтяных сточных вод из-за их огромного потенциала для уменьшения значительного ХПК, улучшения биоразлагаемости и разрушения широкого спектра огнеупорных соединений из нефтяных сточных вод.

Кроме того, АОП могут также достигать значительно высокой эффективности удаления органических соединений на основе высокой окислительной способности гидроксильных радикалов и превращать их в диоксид углерода и воду или в другие побочные продукты.

Это преимущество считается основным преимуществом АОП, поскольку они разрушают загрязняющие вещества гидроксильными радикалами и превращают их в CO_2 и воду, а не переносят их из одной фазы в другую. Однако большинство ограничений применения АОП на очистных сооружениях на нефтеперерабатывающих заводах связано с высоким потреблением энергии и возможностью получения критических промежуточных продуктов.

Химическая обработка состоит в использовании некоторых химических реакций или реакций для улучшения качества воды. Химический процесс, обычно используемый во многих промышленных очистных сооружениях, – это нейтрализация. Нейтрализация заключается в добавлении кислоты или основания для корректировки уровня pH до нейтрального. Поскольку известь является основой, ее иногда используют для нейтрализации кислотных отходов. Как показано в таблице 11, с помощью процесса каталитического

окисления влажного воздуха с помощью микроволнового излучения удалось достичь более 90% удаления ХПК и увеличить отношение $БПК_5$ к ХПК с 0,04 до 0,47 за 30 минут для очистки нефтяных сточных вод при 150 ° C и давлении 0,8 МПа. Несмотря на то, что была достигнута высокая эффективность, 150 ◦C не является многообещающим из-за высокой стоимости энергии.

Использование микроорганизмов, в основном бактерий, в биохимическом разложении сточных вод до стабильных конечных продуктов. Образуется больше микроорганизмов или осадков, и часть отходов превращается в углекислый газ, воду и другие конечные продукты.

Нефтяные сточные воды были успешно обработаны различными биологическими методами, такими как реакторы с активным илом или реактор на биопленке для удаления органических загрязнителей. Процессы биологического окисления зависят от состава нефтяных сточных вод.

Однако эти процессы имеют некоторые недостатки, такие как экстремальное образование осадка и низкая емкость для удаления ХПК. Как правило, методы биологической очистки можно разделить на аэробные и анаэробные методы, основанные на наличии растворенного кислорода. В анаэробных системах продукты химических и биохимических реакций вызывают неприятные цвета и запахи в воде. Таким образом, доступность кислорода была важна в воде для уменьшения неприятных цветов и запахов.

Аэробный биологический процесс превращает органические соединения и не перекачивающие компоненты в сточных водах в CO_2, воду и твердые биологические продукты. Реактор, иммобилизованный микроорганизмами, достиг эффективности разложения: удаление ТОС 78% и удаление нефти 94% из сточных вод, загрязненных углеводородами. Кроме того, он обладает более высокой устойчивостью к токсическим и органическим ударным нагрузкам и меньшей потерей.

Анаэробная биологическая очистка имеет превосходную эффективность удаления органических веществ и экономичную стоимость.

Органическое вещество превращается в CO_2 и CH_4, а также в ил при анаэробной биологической обработке. Анаэробная биологическая технология широко применяется благодаря своей высокой эффективности. В последнее время возрос интерес к использованию реакторов с анаэробным иловым слоем с восходящим потоком (UASB) для очистки нефтяных сточных вод, поскольку они имеют простую конструкцию и простое обслуживание. Сточные воды загрязненных углеводородами могут быть успешно очищены с помощью процесса анаэробной обработки (реактор UASB), поскольку наблюдается самое высокое удаление ХПК – 82%, и более половины органических соединений может быть биоразлагаемым в биогаз.

В проведенном исследовании авторы заявили, что 70% эффективности удаления ХПК и 72% для общего масла были получены с использованием реактора с восходящим потоком анаэробного ила (UASB) для очистки сточных вод, загрязненных углеводородами, содержащих большое количество полярных органических веществ, и продемонстрировали потенциал этот метод как альтернатива для высокоэффективной анаэробной очистки нефтяных сточных вод[9].

Однако реактор UASB следует эксплуатировать при низкой скорости загрузки органических веществ и длительном времени во время очистки нефтяных сточных вод [9]. Авторы показали, что аммиачный азот (NH_3–N), ХПК и масло в сточных водах с тяжелой нефтью удалялись на 90,2%, 90,8% и 86,5%, соответственно, после использования реактора с восходящим потоком анаэробного осадка (UASB) и двухступенчатая система биологического аэрированного фильтра (BAF).

Биологические процессы для очистки нефтяных сточных вод обычно проводятся в реакторах с активным илом или в аэрированных лагунах. Иногда аэрированные лагуны не достигают требований сброса в очищенных сточных водах. Они нуждаются в огромных территориях из-за их небольших концентраций биомассы.

Процесс с активированным илом более компактен, но требует значительных площадей для строительства аэротенков и отстойников. В работе так же исследовали, что температура сильно повлияла на биотрансформацию общих нафтеновых кислот (НК) системой активного ила. Средняя эффективность удаления общих нафтеновых кислот (НК) летом (73%) была выше, чем зимой (53%), из–за относительно высокие активности микробной биотрансформации в системе активного ила летом. Однако этот метод имеет слишком много недостатков по сравнению с другими технологиями, такими как производство избыточного ила, необходимость более длительного времени аэрации и высокая потребность в энергии [9].

Так же интересна новая технология – реакторные системы на биопленке имеют высокую эффективность удаления взвешенных частиц, гибкую и устойчивую работу, способность выдерживать загрязняющие вещества и органические ударные нагрузки, а также высокая задержка биомассы. Исследования показали, что максимальное удаление ХПК было достигнуто на 91% при использовании анаэробного погружного реактора с неподвижным слоем (ASFBR), который содержит гофрированный ПВХ для прикрепления биопленки. Этот реактор показал хорошую стабильность, и его эффективность возросла, когда органическая нагрузка нефтяных сточных вод увеличилась. Количественное определение биопленки и важные составляющие биопленки требуют более тщательного изучения при эксплуатации реактора. Средняя эффективность удаления фенолов из нефтяных сточных вод составила около 98% при использовании системы последовательного реактора периодического действия.

Таким образом, проанализировав различные технологии очистки сточных вод от загрязнения отходами нефтепереработки можно сделать следующие выводы:

– нефтяные сточные воды очищались с помощью различных процессов, таких как физические, химические и биологические процессы очистки;

– сточные воды нефтяной промышленности и нефтеперерабатывающих заводов в основном содержат взвешенные вещества (30…40 мг/дм^3), металлы (10…200 мг/дм^3) и другие соединения (0.5…1 мг/дм^3);

– в сточных водах, загрязненных углеводородами содержатся опасные соединения, которые негативно влияют на экосистему, если они сбрасываются в окружающую среду;

– очистка нефтяных сточных вод состоит из двух этапов, во–первых, стадии предварительной очистки для уменьшения количества жира, масла и взвесей. Во–вторых, финишная стадия обработки, чтобы разложить и уменьшить загрязняющие вещества до приемлемых значений выбросов;

– в последние годы было внесено много изменений в технологические подходы для предварительной обработки, за исключением физического разделения из–за его эффективности в нефтяных сточных водах;

– различные конструкции биореакторов были использованы для очистки сточных вод, загрязненных углеводородами, включая реакторы периодического действия, псевдоожиженные слои и мембранные системы;

– выбор среди альтернативных процессов основан на капитальных и эксплуатационных затратах, наличии земли, сложности эксплуатации и стандартных лимитах сброса;

– многие технологии не используются для некоторых сложных и стойких соединений, таких как арены, парафены, которые не могут быть надлежащим образом устранены биологическим методом из-за плохой эффективности этих процессов с этими соединениями. Таким образом, поиск более жизнеспособных альтернатив очень важен для решения этой проблемы. Комбинация подходящих процессов очистки может обеспечить эффективную очистку этих соединений в нефтяных и промышленных сточных водах.

2.2 Общие положения проектирования систем водоснабжения и канализации предприятий нефтеперерабатывающей промышленности

Вода на заводах по переработки углеводородов используется для технологических и хозяйственно–бытовых нужд, целей пожаротушения, а также для полива территории. В зависимости от назначения подаваемой воды системы водопроводов делятся на производственные и хозяйственно–питьевые (или хозяйственно–противопожарные). Для отвода сточных (использованных) вод проектируются системы канализации, которые соответственно системам водоснабжения делятся на производственные и хозяйственно–бытовые.

Производственная вода расходуется, например, на насосные для перекачки, технологическую обработку изделий, промывку технологического оборудования, охлаждение компрессоров и сварочных аппаратов, полив изделий на складе готовой продукции, а также полив территории и зелёных насаждений.

Для отвода производственных сточных и ливневых вод устанавливается система производственной канализации, в которой загрязненные стоки пропускают через песколовки, где задерживаются крупные механические частицы. Затем стоки подвергают отстаиванию для осаждения мелких взвесей в отстойниках и очистке от масла и жира в масло–, нефте–, бензоулавливотелях и фильтрах, после чего их направляют на повторное использование. Вместе с загрязнёнными производственными сточными водами отводят и подвергают совместной очистке и дождевые воды, стекающие с территории предприятия.

Сточные воды после локальной очистки могут содержать до 100 мг/л взвешенных минеральных частиц, до 10 мг/л поверхностно–активных

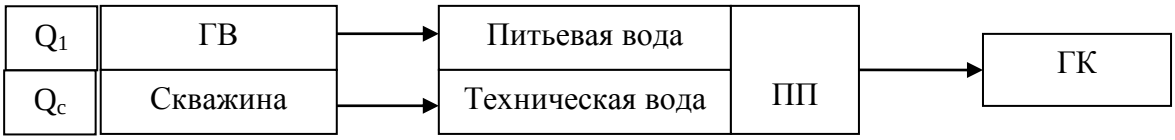
веществ и нефтепродуктов, до 600 мг/л сульфатов в пересчете на SO_3 и иметь водородный показатель pH не менее 4.

Для подачи воды на хозяйственно–питьевые нужды работников предприятия и на тушение пожаров проектируется хозяйственно–питьевой водопровод. Обработанные бытовые сточные воды (из душевых, санузлов, столовой, питьевых фонтанчиков и других мест) отводятся с городскими хозяйственно–фекальными стоками и подаются на городские канализационные сооружения, из которых, пройдя сложный цикл механической, химико–биологической очистки и обеззараживания, сбрасываются в ближайший водоём.

Сточные воды на нефтеперерабатывающем предприятии опасны и токсичны для окружающей среды, поэтому требуют сложной и многоступенчатой очистки. Поэтому на предприятии должно отдельное внимание уделяться именно очистке сточных вод.

2.3 Схема проектируемого водоснабжения предприятия

Система производственного водоснабжения заводов в настоящее время представлена на рисунке 5.

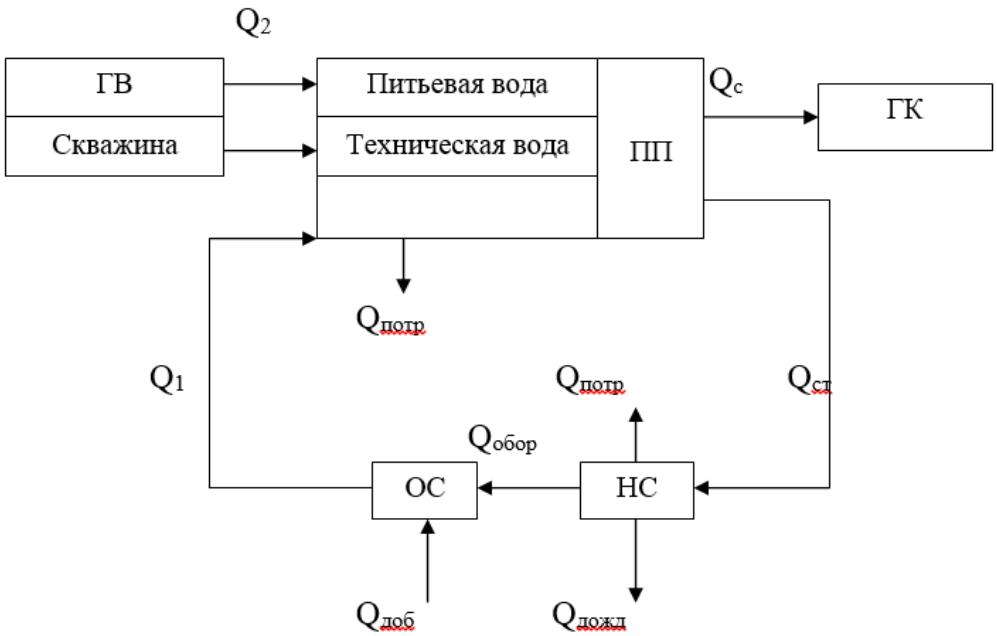


Q_1 – вода, подаваемая на производственные и питьевые нужды,
Q_c– сброс в городскую канализацию, ГВ – городской водопровод,
ПП – промышленное предприятие, ГК – городская канализация.

Рисунок 5 – Принципиальная схема водоснабжения предприятия

На предприятии не предусмотрена система оборотного водоснабжения, что приводит к большому расходу воды. Чтобы снизить расход воды необходимо запроектировать систему оборотного водоснабжения.

Ниже представлена проектируемая система производственного водоснабжения принимается оборотной, для снижения расхода воды (рисунок 6). При этом должны предусматриваться необходимая очистка, обработка и повторное использование сточной воды.



Q_1, Q_2 – вода, подаваемая на производственные и питьевые нужды,
$Q_с$– сброс в городскую канализацию,$Q_{ст}$ – промышленные стоки,
$Q_{потр}$ – вода, безвозвратно потребляемая в производстве;
$Q_{дожд}$ – сброс дождевых вод,
$Q_{доб}$ – добавочная вода из источников на производственные нужды,
$Q_{обор}$ – оборотная вода, ГВ – городской водопровод,
ПП – промышленное предприятие, ГК – городская канализация,
НС – насосная станция, ОС – очистные сооружения.

Рисунок 6 – Схема проектируемого водоснабжения предприятия

2.4 Расчет водопотребления и водоотведения

Расходы потребляемых вод на технологические нужды и выход сточных вод зависят от объема выпускаемой продукции, принятой технологии производства и вида технологического оборудования.

Расход воды на перекачку 1 м^3 нефти 325 л/м^3. Таким образом, количество воды на весь объем производства рассчитывается по формуле:

$$B = \frac{\sum B_i \cdot n}{1000}, \quad (1)$$

где B_i – расход воды, л/м^3;

n – доля производства в общем годовом объеме.

$$B = \frac{325 \cdot 380000}{1000} = 123500 \text{ м}^3/\text{год}$$

Соответственно при расчетном количестве рабочих суток в году 253 среднесуточный расход воды составит 488,1 м^3/сут.

Среднесуточный расход дождевых вод ($Q_{сут}$) приближенно можно определить по формуле:

$$Q_{\text{сут}} = \frac{q_{\text{год}} \cdot F \cdot \Psi}{365 \cdot 1000}, \quad (2)$$

где $q_{\text{год}}$ – количество жидких осадков, приходящихся на 1 м^2 площади предприятия за год, мм. ($q_{год}$ = 220 мм);

F – площадь предприятия, м^2;

Ψ – средневзвешенный коэффициент стока, равный 0,4–0,5.

$$Q_{сут} = \frac{220 \cdot 3000 \cdot 0{,}45}{365 \cdot 1000} = 0{,}81 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Максимальный часовой расход дождевых вод ($Q_ч$):

$$Q_ч = \frac{q_{сут} \cdot F \cdot \Psi}{24 \cdot 1000}, \quad (3)$$

где $q_{сут}$ – суточный максимальный объем жидких осадков, приходящийся на 1 м^2 площади предприятия, мм ($q_{сут}$ = 28 мм).

$$Q_{сут} = \frac{28 \cdot 3000 \cdot 0{,}45}{24 \cdot 1000} = 1{,}58 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Суточный объем талых вод определяется по формуле:

$$Q_{сут} = \frac{q_{год} \cdot F \cdot \Psi}{24 \cdot 1000}, \quad (4)$$

где $q_{сут}$ – среднесуточная величина осадков для данного района, мм (количество осадков за холодный период года, равное 42 мм);

F – площадь предприятия, м^2;

Ψ – общий коэффициент стока талых вод, равный 0,6.

$$Q_{сут} = \frac{42 \cdot 3000 \cdot 0{,}6}{365 \cdot 1000} = 0{,}21 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Невозможно направить на очистные сооружения весь объем поверхностного стока, образующегося на площади предприятия. Поэтому установлен реальный коэффициент сбора сточных вод:

– для дождевых вод – 0,76;

– для талых вод – 0,56.

Таким образом, годовой сток поверхностных вод в канализацию составит:

– для дождевых вод:

$$Q_{сут} = 0{,}81 \cdot 0{,}76 = 0{,}62 \text{ м}^3/\text{сут}$$

– для талых вод:

$$Q_{сут} = 0{,}21 \cdot 0{,}56 = 0{,}12 \text{ м}^3/\text{сут}$$

– всего:

$$Q_{сут} = 0{,}62 + 0{,}12 = 0{,}74 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Расход потребляемых сточных вод на технологические нужды и вывод сточных вод зависит от принятой технологии производства и вида технологического оборудования. Сведения об объемах водопотребления и водоотведения технической воды приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Потребление и расход воды в цехе

Потребители воды	Потребление воды		Расход сточных вод	
	максимальный часовой, $м^3/ч$	Среднесуточный, $м^3/сут$	максимальный часовой, $м^3/ч$	Среднесуточный, $м^3/сут$
Насосная для перекачки нефти	15,5	124	–	–
Мойка оборудования	1	8	1	8
Поливка и смыв полов в цехе	1,25	10	1,25	10
Приготовление шлама	4	32	–	–
Приготовление пара и образующийся конденсат	14,6	116,7	14,6	116,7
Неучтенные расходы	2,5	20	1,9	15

Для наглядного представления о состоянии водного хозяйства производственного цеха составляется балансовая схема водопотребления и водоотведения. В ней указывается количество воды, подаваемой каждому потребителю, сбрасываемой каждым потребителем, теряемой безвозвратно в производстве, очистных сооружениях. В схеме, кроме того, указывается направление движения воды. Схема составлена в абсолютных количествах циркулируемых вод в единицу времени ($м^3$/сут, $м^3$/ч). На рисунке 7 представлена балансовая схема водопотребления и водоотведения РНУ.

Q_1 = 38 $м^3$/ч – вода, подаваемая на производственные нужды (Q_1 = 310,7 $м^3$/сут);

Q_2 = 125 $м^3$/сут – вода, подаваемая на питьевые нужды;

$Q_с$ = 125 $м^3$/сут – сброс в городскую канализацию;

$Q_{ст}$ = 17,99 $м^3$/ч – промышленные стоки ($Q_{ст}$=150,44 $м^3$/сут);

$Q_{потр}$ = 20,1 $м^3$/ч – вода, безвозвратно–потребляемая в производстве ($Q_{потр}$ = 161 $м^3$/сут);

$Q_{доб} = 0{,}1 (Q_{ст} + Q_{потр}) = 0{,}1 (150{,}44 + 161) = 31{,}1$ $м^3$/сут.

Рисунок 7 – Балансовая схема водопотребления и водоотведения предприятия ГПС «Шилово–3» РНУ производительностью 380000 м^3/год

2.5 Состав и характеристики сточных вод

На предприятиях нефтехимической отрасли в качестве основного метода очистки промышленных стоков применяется механический метод. Показатели свойств сточных вод приведены в таблице 13. Исходные данные для проектирования очистных сооружений представлены в таблице 14.

Сточные воды с механическими и нефтяными загрязнениями от цехов и дождевые воды с промышленной площадки обычно самотеком поступают в приемный резервуар насосной станции перекачки для регулирования их расхода. Подача сточных вод на очистные сооружения производится насосами по напорному режиму.

Очистка сточных вод, как правило, проектируется в три ступени:

– задержание крупных взвесей на песколовках;

– отстаивание мелких взвесей и улавливание масел в совмещенных отстойниках – нефтеловушках;

– частичное осветление воды в фильтрах.

После очистки до требуемой степени, осветленные сточные воды по напорному режиму подаются обратно в цех на повторное использование, а осветленные дождевые воды сбрасываются в промышленную канализацию. В процессе производства происходят безвозвратные потери воды за счет испарения и использования в составе продукции, поэтому покрытие этих потерь осуществляется добавлением свежей воды.

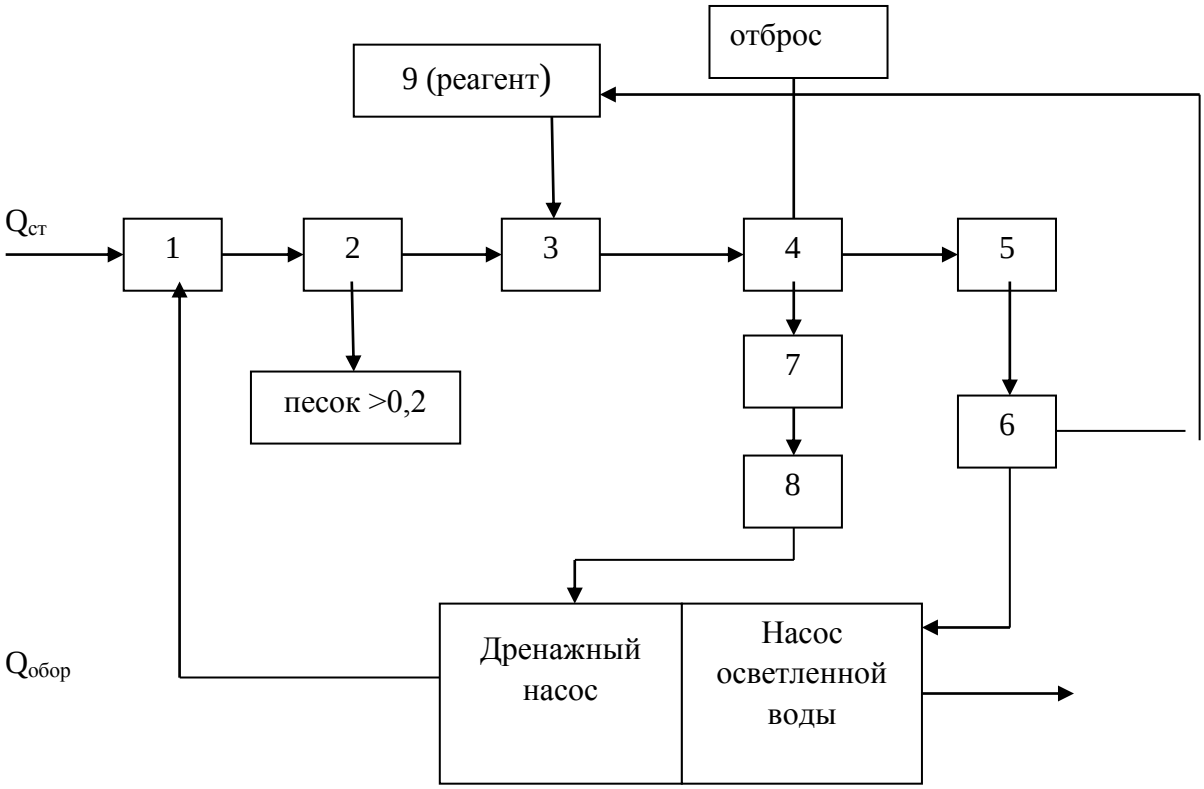
Схема очистных сооружений по механическому методу очистки вод приведена на рисунке 8 [25].

Таблица 13 – Составы и основные свойства сточных вод

Виды сточных вод	Среднесуточный расход сточных вод		Показатели компонентов сточных вод					Расчет показателей смешанных сточных вод				
	$м^3$/сут	%	Взвешенные частицы, мг/л	Нефтепродукты, мг/л	pH	T, °C	Сухой остаток, мг/л	Взвешенные частицы, мг/л	Нефтепродукты, мг/л	pH	T, °C	Сухой остаток, мг/л
Мойка оборудования	8	5,31	8000	-	6		800	682,4	-			68,24
Поливка и смыв полов	10	6,64	4200	-	7		700	448,14	-			74,69
Образующийся конденсат	116,7	77,57	2000	70	7		40	1280,20	44,81			25,60
Дождевые воды	0,74	0,49	-	-	7		-	-	-			-
Неучтенные расходы	15	9,97	50	2	7		-	8	0,32			-
Итого	150,44	100	3562,5		6,8	63	513,3	2418,74	45,13	6,92	62,97	168,53

Таблица 14 – Исходные данные для проектирования очистных сооружений

	Q $м^3$/сут	Показатели	Взвешенные частицы, мг/л	Нефтепродукты, мг/л	pH	T,°C	Сухой остаток, мг/л
Расходы сточных вод	150,4	Исходные показатели сточных вод	2418,74	45,13	6,92	62,97	168,53
		Требования к оборотной воде	100	10	>4 <12		600
		Фактические показатели оборотной воды	90,71	9,03	6,92	62,97	168,53



$Q_{ст}$ – промышленные стоки,$Q_{обор}$ – оборотная вода,
1 – приемный резервуар, 2 – песколовка,
3 – смеситель, совмещенный с камерой хлопьеобразования,
4 – отстойник–нефтеловушка, 5 – фильтр,
6 – резервуар отфильтрованных сточных вод,
7 – шламообезвоживающая площадка,
8 – камера дренажных вод шламовых площадок, 9 – реагентное хозяйство.

Рисунок 8 – Предлагаемая технологическая схема очистки сточных вод на предприятии

Приемная камера предназначена для гашения энергии потока сточных вод, поступающих на очистные сооружения по напорному трубопроводу.

В песколовке происходит задерживание механических взвесей размером более 0,2 мм (первая ступень очистки). Опыт показывает, что в хорошо работающих песколовках можно задержать (65…75) % всех минеральных загрязнений, содержащихся в сточной воде.

В смесителе, совмещенном с камерой хлопьеобразования, к сточной воде добавляют реагент, который, вступая в химическую реакцию с содержащимися в стоках солями, образует хлопья. В результате этого процесса осаждения взвешенных частиц в отстойниках интенсифицируются.

В качестве второй ступени очистки сточных вод применяют отстойники – нефтеуловители. В них происходит улавливание до (80…90%) минеральных взвесей (менее 0,2 мм) и до (60…80%) грубодисперсных нефтяных частиц. Уловленные и обезвреженные взвеси (шламы) утилизируются при приготовлении растворимых смесей, а обезвреженные нефтепродукты сжигают на специальной установке.

В качестве третьей ступени очистки сточных вод применяют фильтры, в которых задерживаются 50–70 % (без коагуляции) минеральных взвесей и нефтяных частиц.

Резервуар отфильтрованной воды предназначен для снабжения ею реагентного хозяйства и песколовок при удалении осадка с учетом запаса воды на промывку фильтров.

Реагентное хозяйство предназначено для приготовления и хранения реагента (коагулянта), необходимого для обработки сточной воды. В состав реагентного хозяйства входят растворные и расходные баки, дозирующие устройства. Реагент доставляется на станции очистки автотранспортом. В качестве реагента используется двухэтапная глубокая очистка водонефтяной смеси сначала обычными деэмульгаторами (или деэмульгаторами с блокирующими свойствами), затем флокулянтами. При интенсивном смешивании водонефтяной смеси с деэмульгатором под действием

последнего бронирующие оболочки глобул воды разрушаются. Лишенные оболочек глобулы коалесцируют, образуя крупные капли, которые могут вновь дробиться до определенного размера, лимитируемого уровнем турбулентности потока водонефтяной смеси. Флокулянты обеспечивают глубокую очистку сточной воды от нефтепродуктов (до 20 мг/л) при их среднем удельном расходе не более 10 г/м^3 воды

Шламообезвоживающие площадки устанавливаются для обезвоживания и просушки осадка.

«Камера дренажной воды от шламовых площадок устанавливается для приема свободной от осадков воды, откуда насосами подается в приемный резервуар сооружений» [25].

Содержание взвешенных частиц в сточных водах 2418,74 мг/л, нефтепродуктов – 45,13 мг/л, сухого остатка – 168,53 мг/л.

Принимают трехстступенчатую систему очистки сточных вод: песколовка (задерживает 75 %) – первая ступень очистки, отстойник–нефтеуловитель (90 %) – вторая.

Таким образом, после принятых двух ступеней очистки сточных вод фактические показатели оборотной воды будут следующие:

– после песколовки:

$$m = \frac{a \cdot (100 - Э)}{100}, \quad (5)$$

где а – количество взвешенных веществ в исходной воде (до песколовки), мг/л;

Э – эффективность очистки взвешенных веществ в песколовке, %.

$$m = \frac{2418{,}74 \cdot (100 - 75)}{100} = 604{,}7 \text{ мг/л}.$$

– после отстойника–нефтеловушки:

$$m = \frac{b \cdot (100 - Э)}{100}, \quad (6)$$

где b – количество взвешенных веществ в исходной воде (после песколовки), мг/л;

Э – эффективность очистки от взвешенных веществ в отстойникенефтеловушке, %.

$$m = \frac{604{,}70 \cdot (100 - 90)}{100} = 90{,}71 \text{ мг/л},$$

– после отстойника–нефтеловушки:

$$m = \frac{c \cdot (100 - Э)}{100}, \quad (7)$$

$$m = \frac{45{,}13 \cdot (100 - 80)}{100} = 9{,}03 \text{ мг/л}.$$

где с – количество нефтепродуктов в исходной воде (после песколовки), мг/л;

Э – эффективность очистки нефтепродуктов в отстойнике–нефтеловушке, %.

2.6 Расчет основного оборудования и сооружений

2.6.1 Определение размеров песколовки

Длина проточной части песколовки определяется по формуле:

$$L = (k \cdot 1000 \cdot h \cdot v)/Uo, \quad (8)$$

где k = 1,7 – коэффициент, при минимальном диаметре задерживаемых частиц 0,2 мм;

h = 2 м – расчетная глубина песколовки;

v = 0,2 м/с – скорость движения сточных вод;

U_o = 18,7 мм/с – гидравлическая крупность песка.

$$L = (1{,}7 \cdot 1000 \cdot 0{,}25 \cdot 2)/18{,}7 = 4{,}55 \text{ м}.$$

Ширина песколовки определяется по формуле:

$$B = Q/(v \cdot h\text{песк}), \quad (9)$$

где Q = Qст=150,44 м^3/сут = 00.00174 м^3/с – расход воды;

hпеск – глубина проточной части песколовки, принимаем 2 м;

$$B = 0.00174/(0{,}2 \cdot 2) = 0{,}4 \text{ м}.$$

Принимаем ширину песколовки согласно условию отношения ширины песколовки к ее глубине – B:H = 1, то есть 2 м.

Принимаем горизонтальную песколовку с размерами в плане: длина 4,6 м, ширина 2 м. Дно таких песколовок должно иметь уклон 0,02—0,05 против течения сточных вод. Осадок собирается в коническом днище, откуда его направляют на переработку или отвал.Так как расход воды небольшой, то дно песколовки можно очищать насосом, который откачивает песок с водой.

Основные преимущества данного вида песколовок: высокая производительность, степень очистки до (90…99%), простота обслуживания, дешевизна оборудования, ремонтопригодность, долговечность.

Среди представленного на рынке оборудования можно выделить Песколовка горизонтальная для очистки сточных вод – ПГШ Пескоуловитель горизонтальный со шнековой выгрузкой, производитель «НПО Экосистема» (рисунок 9).

Рисунок 9 - Пескоуловитель горизонтальный со шнековой выгрузкой, производитель «НПО Экосистема»

Характеристики песколовки:

– эффективность установки: песок (u0 = 50 мм/с) - от 90 до 99 %,

– влажность шлама -50 %,

– производительность сепараторов: от 15 до 250 м3/ч,

– резервуар-отстойникс фланцевым присоединением,

– шнековый транспортер с мотор-редуктором,

– патрубок подачи промывной воды,

–материал исполнения корпуса: Сталь Ст.3, AISI304, AISI316, AISI32.

2.6.2 Определение размеров отстойника–нефтеловушки

Длина отстойника определяется по формуле:

$$L = (v \cdot h\text{п. отст})/Uo, \quad (10)$$

где v = 7 мм/с – средняя расчетная скорость в проточной части отстойника;

hп. отст= 1,5 м – глубина проточной части отстойника;

U_o – гидравлическая крупность частиц взвеси, мм/с.

$$Uo = \frac{1000 \cdot k \cdot H}{\left[\alpha \cdot t\left(k \cdot \frac{H}{h}\right)n\right]} - \omega, \quad (11)$$

где α – коэффициент, учитывающий влияние температуры воды на ее вязкость, при T = 60 °C α = 0,45; [25]

n = 0,4 – коэффициент, зависящий от свойств взвеси (при плотности 2–3 г/см^3);

ω = 0 мм/с – вертикальная составляющая скорости движения воды в отстойнике при v = 7 мм/с;

(k·H)/h=1,11 при H=2; [25]

t = 1558 с – продолжительность отстаивания в цилиндре при слое воды h=500 мм.

Значение величины k вычисляется по формуле:

$$k = n\sqrt{1{,}11 \cdot h/H} \quad (12)$$

$$k = 0{,}4\sqrt{1{,}11 \cdot 500/1500} = 0{,}43,$$

$$Uo = (1000 \cdot 0{,}43 \cdot 1{,}5)/[0{,}45 \cdot 1558(1{,}11)0{,}4] = 0{,}88 \text{ мм/с},$$

$$L = (7 \cdot 1{,}5)/0{,}88 = 11{,}93 \text{ м}.$$

Необходимая ширина всех отделений отстойника (В) определяется по формуле:

$$B = Q/(v \cdot h\text{п. отст}), \quad (13)$$

где Q – расход воды, м^3/с;

v = 0,007 м/с;

$$B = 0{,}00174/(0{,}007 \cdot 1{,}5) = 0{,}2 \text{ м}.$$

Длина нефтеловушки определяется по формуле:

$$L = (v \cdot h\text{п. н})/Uo, \quad (14)$$

где v = 5 мм/с – средняя расчетная скорость в проточной части нефтеловушки;

hп. н = 1,5 м – глубина проточной части нефтеловушки;

U_o = 0,5 мм/с – гидравлическая крупность нефтяных частиц, мм/с.

$$L = (5 \cdot 1{,}5)/0{,}5 = 15.$$

Необходимая ширина всех отделений нефтеловушки (В) определяется по формуле:

$$B = Q/(v \cdot h\text{п. н}), \quad (15)$$

где Q – расход воды, м^3/с;

v = 0,005 м/с;

$$B = 0{,}00174/(0{,}005 \cdot 1{,}5) = 0{,}023 \text{ м}.$$

Принимаем отстойник–нефтеловушку с двумя отсеками по максимальному значению: L = 15 м, B = 4 м. В нем принимаем 2 отделения, шириной одного отделения 2 м.

Из представленного современного оборудования можно выбрать подходящий отстойник-нефтеловушку. Выбираем отстойник-нефтеловушку фирмы ООО «ОЛМО-ЭКО» (рисунок 10).

Рисунок 10 - ОГТУ Отстойник тонкослойный высокопроизводительный

Эффективность установки ОГТУ Отстойника:

– взвешенные вещества (u0 2 мм/с) с 2 500 до 25 мг/л,

– материал исполнения корпуса: сталь Ст.3, Aisi304, Aisi316, Aisi321,

– шпунтовое соединение тонкослойных элементов из ПВХ,

– наличие конусов сбора и уплотнения осадка.

Основными преимуществами горизонтальных отстойников являются: малая глубина, хороший эффект очистки, возможность использования одного сгребающего устройства для нескольких отделений.

2.6.3 Расчет и определение основных размеров реагентного хозяйства

Для подготовки воды использована её реагентная обработка. В качестве коагулянта принят сернокислый глинозём $Al_2(SO_4)_3$. В проекте принято мокрое хранение коагулянта. Для интенсификации процесса осветления в воду на выходе из смесителя добавляется флокулянт (ПАА - полиакриламид). Полиакриламид – растворимый в воде элемент, содержащий в своей цепочной молекуле ионогенные группы. При его диссоциации образуется высокомолекулярный поливалентный анион и много простых маловалентных катионов, поэтому такие вещества называют полиэлектролитами.

2.6.3.1 Коагуляционное хозяйство

Расчетные дозы реагентов устанавливают на основании технологических изысканий по аналогии с водоочистной станцией, работающей в подобных условиях.

«Доза коагулянта зависит от количества взвешенных веществ в воде источника и цветности воды. При одновременном содержании в воде взвешенных веществ и цветности в качестве расчетной принимается большая из двух доз коагулянта» [23].

«Коагулянт подается в очищаемую воду в виде раствора определенной концентрации (мокрое дозирование). В комплекс водопроводных очистных сооружений при мокром дозировании реагентов входят специальные установки для приготовления и хранения растворов. К ним относятся растворные и расходные баки» [23]. Растворные и расходные баки помещаются в нижних этажах здания очистных сооружений. Растворы реагентов при помощи напорных дозирующих устройств подаются в трубу, подводящую воду на очистные сооружения.

Растворы коагулянтов готовят в растворных баках, откудаихперекачивают насосом в расходные баки, где разбавляют до рабочей концентрации. Для интенсификации процесса растворения коагулянта и разбавления его концентрированных растворов перемешивание в баках производят с помощью сжатого воздуха.

«Забор раствора коагулянта осуществляется из верхнего уровня баков с помощью поплавка. При конструировании баков необходимо руководствоваться п.6.24–6.29» [21].

Количество расходных баков должно быть не менее двух. Количество растворных баков определяют, исходя из способа доставки, вида коагулянта и времени его растворения.

Сброс осадка из растворных баков производится по трубопроводам диаметром не менее 150 мм. Съемные колосниковые решетки этих баков для кускового продукта должны иметь прозоры порядка 10—15мм. Днища расходных баков должны иметь уклон не менее 0,05 к сбросному трубопроводу (диаметр не менее 100 мм). Трубопровод, отводящий готовый раствор из расходных баков, должен располагаться выше дна бака на 100–200 мм. Внутренние поверхности баков должны быть защищены кислото-стойкими материалами или покрытиями. Конструкции реагентопроводов должны обеспечивать возможность их быстрой промывки и прочистки.

Растворные баки являются одновременно и хранилищами насыщенного раствора коагулянта вместе с нерастворившейся частью. По мере отбора раствора баки дополняют водой, и содержимое в них перемешивают барботированием сжатого воздуха.

Внутренние стенки растворных баков должны быть защищены от коррозирующего действия концентрированного раствора, а также от повреждения кусками коагулянта, сбрасываемого на колосники при загрузке баков.

В соответствии с требованием СНиП6.202, склад реагента рассчитывается из условия 30-суточного запаса его содержания. Месячная

потребность коагулянта в расчете на товарный продукт определяется по формуле:

$$\Omega = \frac{Q_{\text{сут}} * Д_к * Т}{10000 * b * \gamma}, \quad (16)$$

где $Q_{сут}$- полная производительность очистных сооружений;

Т- запас коагулянта на складе 30 сут.

$Д_к$ – максимальная доза коагулянта;

b – количество активного вещества 50%

γ – объемный вес коагулянта 1,1

$$\Omega = \frac{150{,}44 * 26{,}83 * 30}{10000 * 50 * 1{,}1} = 2{,}2 \text{ т.}$$

Объем баков для растворения коагулянта определяется из расчета разовой поставки 60т. Согласно п.6.205[21] объем растворных баков следует определять из расчета 1,9-2,2м^3 на 1 т товарного очищенного коагулянта

$$W_{раств} = 60 \cdot 2{,}5 = 150 м^3. \quad (17)$$

Принимаем количество растворных баков 3 шт., тогда емкость одного бака равна:

$$W_1 = \frac{W_{раств}}{3} = \frac{150}{3} = 50 м^3. \quad (18)$$

Из конструктивных соображений и возможности загрузки баков принимаем размеры баков 6х4 в осях, тогда глубина слоя раствора в баке составит:

$$h_{сл} = \frac{W_1}{F_б} = \frac{50}{5{,}8 * 3{,}8} = 2{,}5м. \quad (19)$$

Так как месячная потребность в коагулянте больше объема разовой поставки, то часть коагулянта хранится в баках-хранилищах. Емкость баков-хранилищ равна:

$$W_{бх} = \square(27366 - 60) \cdot 1{,}7 =$$

46420 м3 (20)

Количество баков-хранилищ принимаем 6 шт. Емкость каждого бака-46,420/6=7736,6 м^3.Размеры баков-хранилищ принимаем 4,5х4,5. Глубина слоя раствора равна 50/4,5·4,5=2,47 м.

Из растворных баков раствор коагулянта насосами перекачивается в расходные баки. Емкость расходных баков должна бать равной;

$$W_{расх} = \frac{q \cdot n \cdot Д_к}{10^4 \cdot B_р \cdot \gamma} = \frac{7791{,}6 \cdot 12 \cdot 26{,}83}{10^4 \cdot 10 \cdot 1} = 25{,}086м^3, \quad (21)$$

где q– часовой расход;

n – число часов на которых готовится раствор в соответствии со СНиП 6.22 (10-12ч)

$Д_к$– доза коагулянта (39 г/м^3)

$B_р$ –концентрация растворных баков до 12% (принимаем 10%)

γ – объемный вес (1).

Согласно п.6.22[21] расходных баков должно быть не менее двух. Принимаем два бака объемом по 1,87 м^3 каждый. При высоте слоя раствора коагулянта 1,0 м размеры бака в плане – 1,62×1,62 м.

2.6.3.2 Расчет установки для приготовления и дозирование флокулянта

Для интенсификации процесса коагулирования в качестве флокулянта применяют полиакриламид (ПАА). Дозу флокулянта принимают по СНиП п.6.17 в зависимости от цветности и мутности воды.

Для приготовления раствора ПАА используют установки УРП-2 вместимостью 1,2 м^3. Приготовленный в установке раствор ПАА пере-пускается самотеком в расходные баки или перекачивается насосом.

Расчетная емкость растворных баков равна

$$W_б = \frac{Q_{сут} * n * Д_{ПАА}}{10000 * b_{ПАА} * \gamma}, \quad (22)$$

где $Q_{сут}$ – расчетная производительность станции, м^3/сут;

$Д_{ПАА}$ – расчетная доза ПАА, мг/л;

n – количество суток, на которое заготавливается раствор ПАА;

$b_{ПАА}$ – концентрация раствора ПАА в расходных баках по п.6.30[1] 0,1-1%;

γ – плотность раствора, принимается 1 т/м^3.

$$W_б = \frac{150.44 * 7 * 0.55}{10000 * 0.9 * 1} = 0{,}59 м^3.$$

Принимаем один расходный бак емкостью 1 м^3.

При рабочей высоте слоя 0,5 м площадь бака будет равна 0,5 м^2. Размеры в плане назначаем 1х1 м.

Для приготовления раствора ПАА принимаем стандартную установку УРП-2М производительностью 14 м^3/сут.

ПАА хранится на складе, суточный расход ПАА по безводному продукту определяется по формуле:

$$\text{М}_{\text{сутППА}} = \frac{Q_{\text{сут}} * Д_{\text{ПАА}}}{10000 * B_{\text{ПАА}} * \gamma}, \quad (23)$$

где, $\text{В}_{\text{ПАА}}$ – концентрация ПАА в техническом геле (7-8%).

$$\text{М}_{\text{сутППА}} = \frac{150.44 * 0.5}{10000 * 8 * 1} = 0.009 \text{ т/сут.}$$

Месячный расход ПАА составит:

$$\text{М}_{\text{месППА}} = \text{М}_{\text{сутППА}} * 30 = 0{,}28 \text{ т} \quad (24)$$

Необходимый месячный запас ПАА в бочках при содержании в каждой до 10 кг безводного ПАА составит:

$$n_{\text{бочк.ППА}} = \frac{\text{М}_{\text{месППА}}}{0{,}1} = \frac{0{,}28}{0{,}1} = 2{,}8 \text{ шт} \quad (25)$$

Принимаем количество бочек равным 3 шт.

Необходимая площадь склада при размещении по высоте трех бочек (одна на другую) и площади одной с учетом проходов 0,8 м^2 составит:

$$F_{\text{склада}} = \frac{n_{\text{бочк.ППА}} * 0{,}45}{2} = 6{,}3 \text{ м}^2. \quad (26)$$

2.6.3.3 Расчет хлораторной установки

Обеззараживание воды является обязательным при подготовке ее для хозяйственно-питьевых целей. Наиболее распространенный метод обеззараживания - хлорирование.

В практике водоподготовки, как правило, применяют двукратное хлорирование. Первоначально хлор вводится в начале сооружений (предварительное хлорирование), а затем в очищенную воду перед ре-

зервуаром чистой воды. Ориентировочно дозы хлора при первичном хлорировании принимают равными 3-5 и 0,75-2,0 мг/л при вторичном.

Хлорирование воды осуществляется при помощи хлоргаза, который доставляют и хранят в сжиженном состоянии в бочках или баллонах.

Расход хлора на первичное хлорирование составит:

$$q_{хл}^{1} = \frac{Д_{1хл} \cdot q_{ч}}{1000} = \frac{5 \cdot 7791,6}{1000} = 38,95 \ кг/ч . \quad (27)$$

на вторичное хлорирование составит:

$$q_{хл}^{2} = \frac{Д_{2хл} \cdot q_{ч}}{1000} = \frac{2 \cdot 7791,6}{1000} = 15,58 кг/ч . \quad (28)$$

Общий расход хлора равен:

$$q_{хл} = q_{хл}^{1} + q_{хл}^{2} = 38,95 + 15,58 = 54,53 \ кг/ч . \quad (29)$$

Суточный расход хлора равен:

$$q_{хл} = 54,53 \cdot 24 = 1308,79 \ кг/сут . \quad (30)$$

Согласно п. 6.147 [21] хлорное хозяйство следует располагать в отдельно стоящем помещении, в котором сблокированы склад хлора, хлордозаторная и испарительная.

Запас хлора на складе предусматривают на 30 суток;

$$Q_{хл} = q_{хл} \cdot 30 = 1308,79 \cdot 30 = 39263,9 \ кг/месяц . \quad (31)$$

Согласно таблице Ш.2 [35] масса жидкого хлора в бочке объемом 1000 л - 1250 кг. Количество бочек, которые должны храниться на складе:

$$n = \frac{39263,9}{1250} = 32 \text{ бочки.} \quad (32)$$

Дозирование газообразного хлора осуществляется автоматическими вакуумными хлораторами. Для первичного хлорирования предусмотрены две точки ввода хлора. Расход хлора на одну точку ввода составляет

$$q = \frac{38,95}{2} = 19,47 \, кг/ч. \quad (33)$$

2.7 Проектирование генерального плана

Площадка для очистных сооружений выбирается на территории предприятия с подветренной стороны для господствующих ветров теплого периода года. Сооружения не должны быть вытянуты в одну линию. Их следует располагать компактнее, сообразуясь с направлением поступления воды. Расположение очистных сооружений в плане должно быть удобным для движения сточных вод самотеком и обеспечивать свободный подъезд автотранспорта для подвоза реагентов и оборудования на очистные сооружения, а так же вывоза песка и шлама.

На рисунке 11 представлена расположение схемы очистки сточных вод «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3».

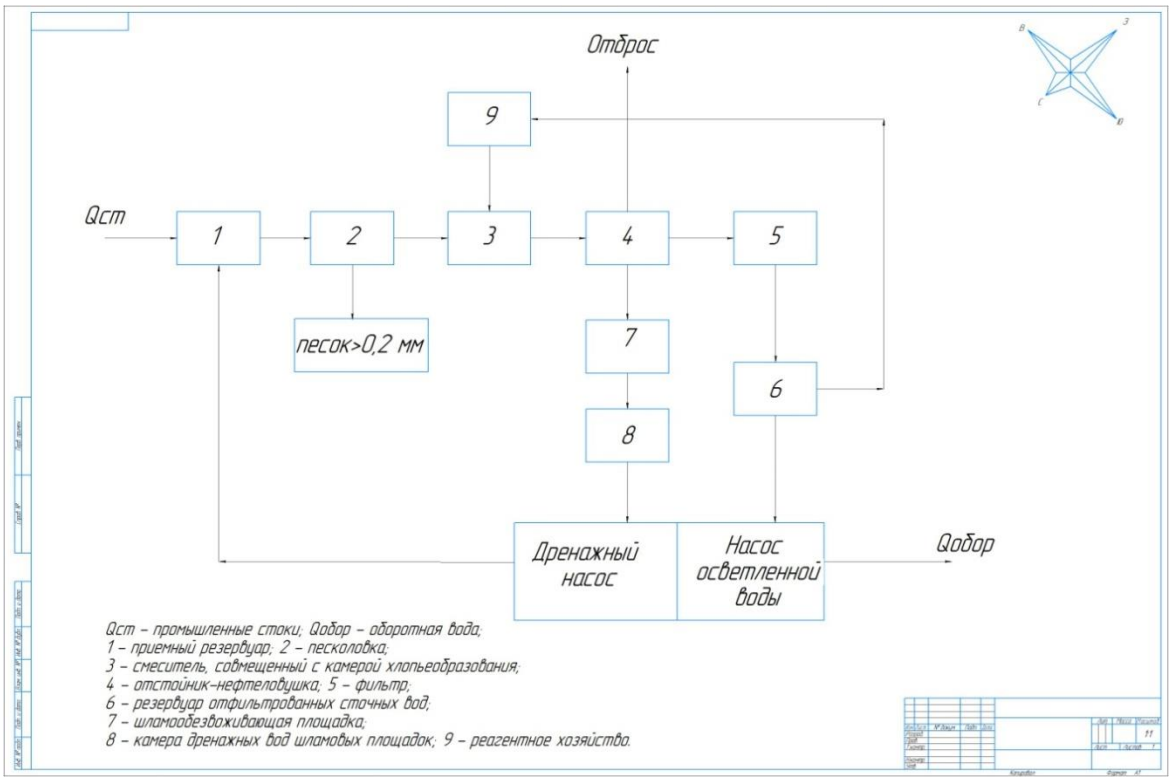


Рисунок 11 - Схема очистки сточных вод «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3»

Площадь территории очистных сооружений принимаем 200 м^3 при расходе сточных вод 150,44 м^3/сут.

2.8 Выводы по разделу

Были рассчитаны ориентировочные расходы технической воды в зависимости от технологии производства и мощности цеха. Для наглядного представления о технологии водного хозяйства промышленного предприятия составлена схема водного баланса по каждому потребителю. В этой схеме указано количество подаваемой воды, количество сбрасываемой воды, а также та часть, которая теряется безвозвратно в производстве и на очистные сооружения.

Среднесуточный расход сточных вод составил 150,4 $м^3$/сут, при котором образуется взвешенных частиц – 2418,74 мг/л, нефтепродуктов – 45,13 мг/л и сухого остатка – 168,53 мг/л.

Разработаны технические решения, направленные на повышения качества очистки сточных вод «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3». В качестве технического решения предложена модернизация существующей системы очистки сточных вод, загрязненных нефтепродуктами до необходимой степени очистки, пригодной для оборотного использования, а именно:

– установка песколовки, чтобы повысить степень очистки сточных вод до трех ступеней;

– замена существующего нефтеуловителя, на расчетный согласно суточному расходу сточных вод;

– замена фильтров на третьей ступени очистки.

Так же произведён расчет предложенной технологической схемы очистки с использованием станции очистки сточных вод (СОСВ).

Заключение

Данная выпускная квалификационной работа посвящена исследованию путей повышения качества очистки сточных вод «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3».

В работе решены следующие задачи:

–проведен анализ сточных вод предприятия. Система очистки сточных вод имелась, но была одноступенчатой. В системе отсутствовала песколовка, имелся только нефтеуловитель, а фильтрация была недостаточно эффективной. Кроме того, оборудование было морально и физически устаревшим, не рассчитанное на увеличение объема сточных вод предприятия. Так же система очистки сточных вод была не оборотной, что приводило к экономическим потерям. Из-за несовершенства системы очистки сточных вод, анализ сбрасываемых сточных вод «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3» показывал значительные различия с нормативами в сторону превышения.

– были рассчитаны ориентировочные расходы технической воды в зависимости от технологии производства и мощности цеха. Для наглядного представления о технологии водного хозяйства промышленного предприятия составлена схема водного баланса по каждому потребителю. В этой схеме указано количество подаваемой воды, количество сбрасываемой воды, а также та часть, которая теряется безвозвратно в производстве и на очистные сооружения.

Среднесуточный расход сточных вод составил 150,4 $м^3$/сут, при котором образуется взвешенных частиц – 2418,74 мг/л, нефтепродуктов - 45,13 мг/л и сухого остатка – 168,53 мг/л.

–разработаны технические решения, направленные на повышения качества очистки сточных вод «Рязанское РНУ «ГПС Шилово–3».В качестве технического решения предложена модернизация существующей системы очистки сточных вод, загрязненных

нефтепродуктами до необходимой степени очистки, пригодной для оборотного использования, а именно:

а) установка песколовки, чтобы повысить степень очистки сточных вод до трех ступеней;

б) замена существующего нефтеуловителя, на расчетный согласно суточному расходу сточных вод;

в)замена фильтров на третьей ступени очистки;

–произведен расчет предложенной технологической схемы очистки с использованием станции очистки сточных вод (СОСВ).

Таким образом, принята трехступенчатая система очистки сточных вод: первая ступень – песколовка, вторая ступень – отстойник-нефтеловушка, третья ступень – фильтра в которых задерживаются 50–70 % (без коагуляции) минеральных взвесей и нефтяных частиц. В результате очистки образуемых сточных вод на запроектированных очистных сооружениях концентрация взвешенных частиц снижается до 90,71 мг/л, а нефтепродуктов – до 9,03 мг/л.

Сточные воды, имеющие такие показатели после очистки, могут использоваться в оборотном водоснабжении предприятия на технологические нужды (промывка оборудования, помывка полов в цехах и т.д.).

Рассчитаны размеры требуемой песколовки и определены размеры нового отстойника–нефтеловушки. Ориентировочная площадь территории очистной станции составляет 200 м^2.

Список используемых источников

1. ГОСТ ISO 9612–2015. Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах. Введ.01.12.2014. М.: ИПК Издательство стандартов, 2016. 26 с.
2. ГОСТ 10704–91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент.Введ. 1993–01–01. М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. 15 с.
3. ГОСТ Р 22.0.02 − 94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Введ. 01.01.1996. М.: ИПК Издательство стандартов, 2017. 31с.
4. ГОСТ 17.2.3.02—78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. Введ.01.01.1980. М.: ИПК Издательство стандартов, 2016. 30 с.
5. ГОСТ 31378–2009 Нефть. Общие технические условия. Введ. 01.01.2013. М.: ИПК Издательство стандартов, 2016. 7 с.
6. ГОСТ 2874–82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством (с Изменениями 1, 2). [Электронный ресурс].Введ. 1982–03–04. URL:http://docs.cntd.ru/document/1200038442(дата обращения: 04.02.2020).
7. Анопольский В. Н., Фельдштейн Г. Н., Фельдштейн Е. Г. Некоторые аспекты водоснабжения и охраны гидросферы от загрязнения (по опыту научно–инженерного центра «Потенциал–2») [Электронный ресурс]// Биосфера. 2010. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye–aspekty–vodosnabzheniya–i–ohrany–gidrosfery–ot–zagryazneniya–po–opytu–nauchno–inzhenernogo–tsentra–potentsial–2 (дата обращения: 04.02.2020).
8. Бахтина И.А. Проектирование и расчёт очистных сооружений водопровода. Учебное пособие. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. 257 с.
9. Васильев Г. П. Автоматизированная теплонасосная установка, утилизирующая низкопотенциальное тепло сточных вод г. Зеленограда / Васильев Г. П., Абуев И. М., Горнов В. Ф. // АВОК. 2004. № 5. С. 50–53.

10. Гидравлика и аэродинамика (Основы механики жидкости). Учебное пособие для вузов. Изд. 2–е / А. Д. Альтшуль, П. Г. Киселев. М.: Стройиздат, 2016. – 323 с.

11. Гуреев А.А., Абызгильдин А.Ю., Капустин В.М., Зацепин В.В. Разделение водонефтяных эмульсий: учебное пособие. М.: ГУП Изд–во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2015. 95 с.

12. Долина Л. Ф. Современная технология и сооружения для очистки нефтесодержащих сточных вод / Монография. Днепропетровск: Континент, 2015. 296 с.

13. Ефимов К.М., Гембицкий П.А., Дюмаева И.В., Данилина Н.И. Дезинфицирующие флокулянты для очистки и обеззараживания питьевых и сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2015. № 6. С. 13–15.

14. Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод: Справочное пособие / Под ред. А.И. Жукова. – М.: Стройиздат, 2016. 204 с.

15. Жуков Д.В., Мурыгина В.П., Калюжный С.В. Кинетические закономерности биодеградации алифатических углеводородов бактериями Rhodococcusruber и Rhodococcuserythropolis // Прикладная биохимия и микробиология. 2017. Т. 43, № 6. С. 657–663.

16. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. Изд. 3–е / Под. ред. М. О. Штейнберга. М.: Машиностроение, 2016. 672 с.: ил.

17. Кадысева А.А., Безухова С.В., Гильмутдинов Р.М. Биохимическое окисление органических веществ в анаэробных условиях [Электронный ресурс] // Вестник ОмГАУ. 2015. №1 (13). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/biohimicheskoe–okislenie–organicheskih–veschestv–v–anaerobnyh–usloviyah (дата обращения: 04.02.2020).

18. Квасников Е.И., Серпокрылов Н.С., Клюшникова Т.М. и др. Биологическая очистка хромсодержащих промышленных сточных вод / Под общ. ред. Е.И. Квасникова, Н.С. Серпокрылова. Киев: Наук. думка, 2017. 108 с.

19. Ковалев В.В., Ковалева О.В. Теоретические и практические аспекты электрохимической обработки воды. Кишинев: Молдавский государственный университет, 2017. 414 с.

20. Кожинов В. Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты. Изд.3-е. М.: Стройиздат, 1971. 303 с.

21. Кравцов, Н.В. Ушева, Е.В. Бешагина, О.Е. Мойзес, Е.А. Кузьменко, А.А. Гавриков; Томский политехнический университет. Томск: Изд–во Томского политехнического университета, 2015. 128 с.

22. Кузубова Л. И., Морозов С. В. Очистка нефтесодержащих сточных вод / Отв. ред. д.т.н. Г. Р. Бочкарев. Новосибирск,2018. 74 с.

23. Лепеш Г.В., Грицай Е.И., Хотулев В.А. Исследование сущности электрохимического процесса, как технологической составляющей очистки воды./ Технико–технологические проблемы сервиса. №2(24), 2015 г. С.42–49.

24. Лепеш Г.В., Саканская–ГрицайЕ.И.Анализ факторов, обуславливающих технологический процесс очистки воды из природных источников в Ленинградской области. .// Технико–технологические проблемы сервиса. № 1(27), 2015. С. 56 – 68.

25. Лепеш Г.В., Матвеенко А.П., Носов Э.С. Обоснование и разработка агрегатов электрореагентной очистки питьевой воды// Технико–технологические проблемы сервиса. 2016. № 1 (11). С. 64 – 79.

26. Лепеш Г.В., Панасюк А.С., Чурилин А.С. Современные методы очистки сточных вод промышленных предприятий // ТТПС. 2016. №3 (37). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye–metody–ochistki–stochnyh–vod–promyshlennyh–predpriyatiy (дата обращения: 04.02.2020).

27. Матвеенко А.П. Электрореагентная технология очистки и кондиции водных растворов и коллоидных ассоциатов.// Технико–технологические проблемы сервиса. № 2(8), 2019. с. 50 – 54.

28. Опарин М. А. Анализ потенциала энергосбережения при регенерации теплоты сточных вод и способ его реализации / Опарин М. А.,

Цветков Н. А. // Материалы 61–й научно–практической конференции студентов и молодых учёных, Томск, 24 апреля 2015г.Томск: Изд–во Томск. гос. архит.–строит. ун–та. 2015. С. 556–560.

29. Официальный сайт компании ООО «Комплект «Экология». [Электронный ресурс]. URL: http://www.complecteco.ru/uonlsv/(дата обращения 04.02.2020).

30. Пат. РФ № 101701 МПК C02F 1/00(2006.01) «Установка электрореагентной очистки природной питьевой воды./ Матвеенко А.П., Гаврикова А.Е. – № 2010131296/05,; заявл. 2010.07.27; опубл.: 2011.01.27.

31. ПНД Ф 14.1:2.110–97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений содержаний взвешенных веществ и общего содержания примесей в пробах природных и очищенных сточных вод гравиметрическим методом. Введ. 21.03.2007. 11 с.

32. ПНД Ф 14.1:2:4.5–95. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в питьевых, поверхностных и сточных водах методом ИК–спектрометрии. Введ. 23.03.2011. – 13 с.

33. Селюков А.В., Бурсова С.Н., Тринко А.И. Применение экологически чистых окислителей для очистки сточных вод: Обзорная информация. М.: ВНИИНТПИ, 2015. 48 с.

34. Сироткина Е.Е., Новоселова Л.Ю. Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов // Химия в интересах устойчивого развития. 2015. № 13. С. 359–337.

35. СНиП 2.04.02–84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М.: Стройиздат, 1985. 134 с.

36. СП 30.13330.2012. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01–85*. Введ. 2013–01–01. М.: ФАУ «ФЦС», 2013. 60 с.

37. СП 30.13330.2012. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01–85*. Введ. 2013–01–01.М.: ФАУ «ФЦС», 2013. 60 с.

38. Справочник. Внутренние системы водоснабжения и водоотведения / Под ред. А. М. Тугая. Киев: Будівельник, 2016. 256 с.

39. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно–технические устройства. В 3 ч. Ч. 2. Водопровод и канализация. Изд. 4–е / Под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. М.: Стройиздат, 2017. 247 с.

40. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно–технические устройства. В 3 ч. Ч. 1. Отопление. Изд. 4–е / Под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. М.: Стройиздат, 2017. 344 с.

41. Стремилова Н.Н., Стремилов С.В. Применение титанового коагулянта для водоочистки и водоподготовки: Обзор // Водоочистка. 2019. – № 3. – С. 24–31.

42. Технический справочник по обработке воды. Том 1 / Науч. ред. М.И. Алексеев, В.Г. Иванов, А.М. Курганов и др. СПб.: Новый журнал, 2017 – 816 с.

43. Технические записки по проблемам воды. Том 1 / Под ред. Т.А. Карюхиной, И.И. Чурбановой. М.: Стройиздат, 2016. 607 с.

44. Технологии очистки. Сайт водоканал Санкт–Петербурга. [Электронный ресурс].URL: http://www.vodokanal. spb.ru/ vodosnabzhenie/ tehnologii_ochistki/ (дата обращения 04.02.2020).

45. Технологический регламент производства продукции на установках переработки нефти УПН–100А, УПН 100–Б от 15 ноября 2015 года. 193 с.

46. Ушева Н.В., Кравцов А.В., Мойзес О.Е., Кузьменко Е.А. Моделирование технологии промысловой подготовки нефти // Известия Томского политехнического университета. 2015. Т. 308, № 4. С. 127–130.

47. Фельдштейн Г.Н., Аграноник Л.Е., Фельдштейн Е.Г., Анопольский В.Н. Очистка сточных вод – отечественное оборудование и технологии будущего // Индустрия. 2015. № 1. С. 8–9.

48. Фельдштейн Г.Н., Анопольский В.Н., Прокопьев К.Л., Олиферук С.В., Романенко А.П. Современные технологии очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых металлов // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2016. № 12. С. 44–48.

49. Фельдштейн Г.Н., Анопольский В.Н., ФилипчукВ.Л. Новые технологии и оборудование для очистки сточных вод промышленных предприятий // В кн.: Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности. Т. 2. СПб., 2018. С. 124–133.

50. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Очистка производственных сточных вод: Учеб. пособие для вузов. 2–е изд. / Под. ред. С.В. Яковлева. М.: Стройиздат, 2018. 335 с.

51. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., Колобанов С.К. Канализация: Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 2016. 632 с.

52. Aljuboury, Dr. Dheeaa&Palaniandy, Puganeshwary& Aziz, Hamidi Abdul &Feroz, H.. (2017). Treatment of petroleum wastewater by conventional and new technologies A review. Global Nest Journal., 29, P. 370–382.

53. Al Hashemi W., Maraqa M.A., Rao M.V. and Hossain M.M. (2015), Characterization and removal of phenolic compounds from condensate–oil refinery wastewater, Des. Water Treat., 54, P. 660–671.

54. Al–Malack M.H. (2016), Performance of constant–flux immersed UF membrane treating petroleum refinery wastewater, Des. Water Treat., 57(19), P. 8608–8618.

55. Bustillo–Lecompte C.F., Knight M. and Mehrvar M. (2015), Assessing the performance of UV/H_2O_2 as a pretreatment process in TOC removal of an actual petroleum refinery wastewater and Its inhibitory effects on activated sludge, Canad. J. Chem. Eng., 93, P. 798–807.

56. Comninellis C., Kapalka A., Malato S., Parsons S. A., Poulios I., Mantzvinos D. Perspective advanced oxidation processes for water treatment: advances and trends for R&D // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2018. 83. P. 769–776.

57. Chong, M. N., Jin, B., Chow, C. W. K., Saint, C. Recent developments in photocatalytic water treatment technology: A rewiew // Water Research. 2017. 44. P. 2997–3027.

58. Rubio–Clemente A., Chica E. and Penuela G.A. (2015), Petrochemical wastewater treatment by photo–Fenton process, Water Air Soil Pollut., 226, P. 61–79.

59. Shahrezaei F., Pakravan P., Hemati A.A., Pirsaheb M. and Mansouri A.M. (2015), Preparation of multi–walled carbon nanotubedoped TiO2 composite and its application in petroleum refinery wastewater treatment, Des. Water Treat., 13, P. 1–10.

60. Silva S.S., Chiavone–Filho O., Neto E.L.B. and Foletto E.L. (2015), Oil removal from produced water by conjugation of flotation and photo–Fenton processes, J. Environ. Manage., 147, P. 257–263.

61. Stasinakis A. S. Use of selected advanced oxidation processes (AOPs) for wastewater treatment. A mini review// Global NEST Journal. 2018. 10 (3). P. 376–385.

62. Topare N.S., Joy M., Joshi R.R., Jadhav P.B. and Kshirsagar L.K. (2015), Treatment of petroleum industry wastewater using TiO2/UV photocatalytic process, J. Indian Chem. Soc., 92, P. 219–222.

63. Wang Y., Wang Q., Min L, Yingnan Y., Wei H., Guangxu Y. and Shaohui G. (2016), An alternative anaerobic treatment process for treatment of heavy oil refinery wastewater containing polar organics, Biochem. Eng. J., 105, P. 44–51.

64. Wang B., Yi W., Yingxin G., Guomao Z., Min Y., Song W. and Jianying H. (2015), Occurrences and behaviors of Naphthenic Acids in a petroleum refinery wastewater treatment plant, Environ. Sci. Technol., 49, P. 5796–5804.