



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование
(квалификация – бакалавр)

На тему Физико-химические методы очистки производственных стоков на предприятии МУП «ЖКХ города Туапсе»

Исполнитель Горленко Валерия Николаевна

Руководитель к.г.н., доцент Соловьева Анна Андреевна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой СЦай

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«24» января 2022 г.



Туапсе
2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Теоретические и методические основы физико-химических методов очистки производственных стоков на предприятии	5
1.1 Понятие и характеристика производственных стоков.....	5
1.2 Технологии и методы очистки производственных стоков предприятия, основанных на физико-химических процессах	11
2 Анализ существующей схемы очистки производственных стоков на предприятии МУП «ЖКХ города Туапсе»	21
2.1 Организационно-экономическая характеристика предприятия.....	21
2.2 Классификация производственных сточных вод и методы их очистки на предприятии.....	26
3 Пути модернизации схемы очистки производственных стоков с использованием физико-химических способов очистки на предприятии МУП «ЖКХ города Туапсе»	37
3.1 Общие направления использования современных способов очистки производственных стоков на предприятии	37
3.2 Разработка схемы очистки производственных стоков с использованием флотационной установки	42
Заключение	49
Список использованной литературы.....	52
Приложение 1	55

Введение

Актуальность темы работы обусловлена тем, что охрана окружающей природной среды и рациональное использование природных ресурсов приобретает в наши дни все большее значение для предотвращения загрязнения водоемов промышленными сточными водами. Поэтому обезвреживание и утилизация производственных стоков на предприятиях является важнейшей проблемой в экологии на сегодняшний день. Физико-химические методы обезвреживания вредных компонентов сточных вод различных предприятий занимают весомую долю в данном направлении.

Таким образом, изучение физико-химических методов очистки производственных стоков на примере конкретного предприятия является актуальным.

Объектом исследования является Муниципальное унитарное предприятие «Жилищно-коммунальное хозяйство города Туапсе» (МУП «ЖКХ города Туапсе»).

Предметом исследования являются методы очистки производственных стоков на предприятии при помощи физико-химических способов.

Цель данной работы заключается в изучении физико-химических методов очистки производственных стоков на примере МУП «ЖКХ города Туапсе».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

- раскрыть понятие производственных стоков;
- дать характеристику загрязняющих веществ в производственных водах;
- изучить технологии и методы очистки производственных стоков предприятия, основанных на физико-химических процессах;
- провести анализ существующей схемы очистки производственных стоков на предприятии МУП «ЖКХ города Туапсе»;
- определить пути модернизации схемы очистки производственных стоков с использованием физико-химических способов очистки на предприятии

МУП «ЖКХ города Туапсе».

Информационная база работы. Источниками информации стали научные труды, работы, периодическая литература, нормативные документы, ресурсы информационной сети Интернет.

Практическая значимость исследования заключается в том, что основные практические положения могут быть применены в качестве основы для совершенствования схемы очистки производственных стоков с использованием физико-химических способов очистки на предприятии МУП «ЖКХ города Туапсе».

Методологическая основа. Методологической основой исследования являются анализ, сравнение.

Структура работы: введение, три главы, заключение и список использованной литературы.

Объем работы составляет 55 страниц, содержит 6 рисунков, 9 таблиц, 21 источник литературы.

1 Теоретические и методические основы физико-химических методов очистки производственных стоков на предприятии

1.1 Понятие и характеристика производственных стоков

Прежде чем рассматривать понятие производственных стоков, необходимо раскрыть сущность сточных вод.

Существует несколько определений сточных вод - согласно Водному кодексу, ФЗ №416, ГОСТ 17.1.1.01-77, различным международным документам.

Согласно Водному кодексу Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 02.07.2021), сточные воды – талые, дождевые, поливомоечные, инфильтрационные дренажные воды, сточные воды централизованной системы водоотведения и прочие воды, сброс (отведение) которых в водные объекты осуществляется после их использования или сток которых осуществляется с водосборной площади[1].

Если вывести усреднённое понятие, то можно дать следующее определение.

Сточные воды представляют собой воды, образование которых происходит из-за производственной и бытовой деятельности общества, а также собираются на водосборной антропогенной площади (которая была создана человеком) и далее отводятся утилизации в специально предназначенные для этого места [7, с. 43].

Промышленные стоки предприятий, которые включают и агропромышленные, представляют собой отходы деятельности человека, образующиеся при различном производстве и переработке сырья. Данные промышленные стоки возникают из-за:

- добычи;
- промывки, нагревания, охлаждения или подготовки чего-либо;
- сепарации;
- транспортировки;

– из-за возникновения побочных веществ при производственных процессах;

– из-за контроля качества продукта, в результате которого выбраковывается определенная часть продукции или материалов [14, с. 92].

Поэтому можно сформулировать что производственные стоки являются водными отходами, образовавшимися в результате производственных процессов.

Рассматривая более подробно промышленные стоки, которые отводятся с территорий предприятий промышленности, их можно разделить на следующие виды:

1. Производственные сточные. Их образование происходит из-за применения водных ресурсов в технологических процессах, являющимися неотъемлемой частью деятельности таких предприятий. Состав, концентрация, а также объем веществ, которые загрязнили промышленные воды, определяются в зависимости от различных составляющих, сюда относят: особенности технологий производства продукции, вид производства, исходный состав сырья и материалов, которые обрабатываются, входящее качество воды, режим работы предприятия.

Количество загрязняющих веществ в производственных стоках отличается у всех промышленных предприятий, причем могут отличаться не только в рамках разных производств, но и в пределах одного предприятия. Например, в различных цехах может быть разная степень загрязнения производственных стоков из-за особенностей технологических процессов на разных стадиях производства. Приток промышленных стоков, который неравномерен в своем составе как по времени, так и по составу приводит к усложнению функционирования сооружений по очистке.

Производственные стоки можно сгруппировать на категории, которые зависят от степени загрязнения:

– условно-чистые. Они не оказывают серьезного воздействия на физико-химический состав воды, поэтому не нуждаются в очистке. Данные воды могут

образовываться при охлаждении продуктов иже оборудования, которые применяется на производстве, также данная водывозникают влюбых теплообменных аппаратах;

– нормативно очищенные. Они представляют собой воды, в которых загрязняющих вещества были удалены и прошли очистку до ПДК, поэтому дальнейших сброс не оказывает влияние на качествоводного объекта;

– загрязненные – воды. Они, как правило, недостаточно очищенные или же вовсе сбрасываются без какой-либо очистки. Концентрация загрязняющих веществ в таких водах выше ПДК. В данном случае рассчитывается, что такие воды разбавятся и пройдут стадии самоочищения за счет природных процессов, протекающих в водоеме. Загрязненные промышленныестокиможно поделить на группы: в основном загрязненные минеральными примесями, либо же загрязненные различными примесями из этих смесей, а также загрязненные органическими примесями. Промышленные предприятия могут имеет в составе сбрасываемых вод, как органические, так и минеральные загрязнения в разных пропорциях [20, с. 11].

Для любых водных объектов, промышленные стоки являются самымивредными. Это связано с тем, что они сложно очищаемые, в отличие от обычных городских стоков. Для очистки стоков промышленных предприятий необходимы дорогостоящие и сложно-технические сооружения для очистки. Поэтому из-захарактера и состава данных загрязнений в сточных водах предприятий, применяются различные методы дляих очистки, в частности, могут использоваться биологические, химические или жефизико-химические способы очистки.Производственные стоки принимаются в общегородскую сеть канализации с некоторыми ограничениями.

2. Хозяйственно-бытовые сточные воды. Их образование происходит во время эксплуатации душевых, прачечных, санузлов и столовых на территории предприятий. Состав данных вод различен, выделяют загрязнения, которые образуются из-за физиологической особенности людей и их биологической особенности, и хозяйственные загрязнения, которыеобразуются в результате

различных хозяйственных процессов, например, моющие средства загрязняют воду. Хозяйственно-бытовые воды характеризуются тем, что они относительно постоянны в своем составе и с высокой степенью загрязнения. Загрязнения органическими веществами животного и растительного происхождения составляют основную массу в таких водах. В хозяйственно-бытовых сточных водах обычно содержится значительное количество разнообразных бактерий и микроорганизмов, которые образуются из-за жизнедеятельности человека. Данные загрязнения представляют опасность для эпидемиологического благополучия общества, т.к. микроорганизмы, которые содержатся в таких водах, могут быть патогенными. Чаще всего, очищение сточных вод, образовавшихся в результате хозяйственно-бытовой деятельности человека, происходит при помощи биологических методов очистки. Промышленные предприятия не несут ответственности за данные воды и их качество, поэтому направляют на очистные сооружения города в неизменном виде. Поэтому нагрузка на экологию зависит от особенностей загрязнения бытовыми и хозяйственными стоками промышленными предприятиями, что также обуславливает выбор методов очистки на городских очистных сооружениях.

3. Ливневые сточные воды (атмосферные). Данные стоки образуются в результате смыва различных вод с территории промышленного предприятия. Эти стоки содержат разнообразные составляющие в своем составе, которые накапливаются из-за поливов на территории предприятия, а также осадки составляют значительную долю в их образовании. Ливневые стоки характеризуются своей неравномерностью по времени, в результате этого, концентрация также всегда разная. Как правило, производственные сточные воды такого плана в своем составе содержат твердые части минерального характера, а также нефтепродукты, которые могли попасть на поверхности территории предприятий. Также, данные стоки могут содержать и прочие составляющие, которые зависят от типа промышленного производства. В этом заключается специфичность данных осадков, т.к. они всегда могут быть

различны и неоднородны. Также на поверхностный сток оказывает влияние большое количество факторов, а именно: подготовленность территории, плотность населения, транспортный поток. Производственные ливневые стоки отводятся в наружную сеть городских канализаций. Предприятия промышленности проводят учет данного типа сточных вод [15, с. 46].

При этом, следует отметить, что стоки с территорий, где проживает обычное население значительно проще, нежели стоки с территорий предприятий промышленности, из-за специфики их деятельности формируется сложный состав данного вида загрязнений.

Промышленные сточные воды имеют различный состав, в зависимости от типа промышленности и обрабатываемых материалов. Данные промышленные стоки могут быть сильно насыщены соединениями органического характера, имея высокую способность биоразлагаться, иметь в основном неорганический состав или быть ингибирующими. Данный факт свидетельствует о том, что такие показатели БПК₅, ХПК и ОВЧ могут составлять десятки сотен мг/л – 1.

Из-за такой значительной концентрации органических веществ в сточных водах предприятий, они могут иметь низкий уровень питательных веществ. Показатели уровня рН промышленных стоков часто бывают более 6-9, что значительно отличается от обычных бытовых сточных вод. Данные показатели соответствуют сточным водам, которые содержат высокий уровень содержания солей металла в растворенном виде. Поток промышленных стоков также будет иметь отличия от обычных бытовых, это связано с тем, что на поток стоков от промышленных предприятий оказывает влияние непосредственно характер операций, которые характерны промышленным предприятиям, они в свою очередь значительно отличаются от обычных действий при бытовом характере. Например можно привести сменный график работы на фабрике или заводе, как раз такие факторы оказывают значимое, влияние на характер потока сточных вод промышленных предприятий.

Смена на промышленном предприятии может длиться от 8 до 12 часов, при этом ежедневно может быть несколько смен.

Поэтому из-за данных особенностей, поток сточных вод промышленных предприятий может с различными пиками по своей интенсивности в течение рабочего дня, при этом, в некоторые промежутки рабочего дня поток вовсе может отсутствовать. Также, если промышленное предприятие работает 5 дней в неделю, то в выходные дни поток может тоже отсутствовать.

В отличие от бытовых сточных вод, которые в одном регионе будут в одном диапазоне загрязнения и вариаций не так много, сточные воды промышленных имеют серьезные различия, т.к. даже если образцы сточных воды были отобраны с предприятий одинакового типа производства они будут отличаться. Данные различия обусловлены тем, что у всех предприятий свой процесс по адаптации технологий под различные виды местности, а также под состав сырья, необходимый для производства.

Иногда на предприятиях промышленности могут происходить аварийные ситуации, в результате которых возникают незапланированные сбросы или же утечки, данные факторы негативно влияют на очистные сооружения и эффективность их очистки [13, с. 61].

Бывают ситуации, когда сточные воды промышленных предприятий сбрасываются в канализацию, которая обслуживается коммерческими объектами или жилыми помещениями. Данная комбинация сточных вод носит название – городские сточные воды, в которых качество смеси находится в зависимости от количества сбрасываемых стоков промышленных предприятий, от типа производства предприятия, которые осуществляют такой сброс своих стоков. Как правило, при такой схеме, осуществляется сбор коммерческих и бытовых компонентов в зависимости характеристик такого комбинированного потока. В результате этого процесс очищения комбинированных сточных вод происходит проще, нежели просто очистка стоков от промышленных предприятий. Но, даже если сброс стоков промышленных предприятий происходит в общую систему канализации,

требуется предварительная очистка сточных вод.

Один из способов очистки производственных стоков предприятия основан на физико-химических процессах, поэтому рассмотрим данный вопрос более подробно.

1.2 Технологии и методы очистки производственных стоков предприятия, основанных на физико-химических процессах

Физико-химическим методам принадлежит значительная роль в обработке сточных вод предприятий промышленности.

Физико-химическая очистка производственных стоков осуществляется различными способами, не только самостоятельно, но и при применении которых могут использоваться сочетания как с биологическими, химическими, так и механическими методами очистки. Данный вид очистки производственных стоков позволяет удалять твердые взвешенные частицы и различные растворенные примеси [10, с. 34].

Физико-химические процессы обработки стоков производства характеризуются:

– применением химических реагентов, которые необходимы для разрушения их изначального состояния и увеличения в размере частиц, которые образуют данное загрязнение;

– далее происходит процесс по физическому отделению твердых частиц из жидкой фазы. Данное выделение, как правило, достигается фильтрацией, декантацией или флотацией.

Рассмотрим подробнее основные физико-химические методы очистки.

Флокуляция и коагуляция. Коагуляция представляет этап очистки, в результате которого происходит разрушение коллоидных частиц.

Производственные стоки предприятий промышленности, как правило, находятся в состоянии слабokonцентрированных эмульсий или суспензии, в составе которых находятся коллоидные частицы (размер 0,001-0,1 мкм),

частицы размером 10 мкм, а также мелкодисперсные частицы. Этап по механической очистке промышленных стоков применяется для удаления частиц размером 10 мкм и больше. Минусом данного способа можно считать, что мелкодисперсные и коллоидные частицы практически не выводятся из стоков [12, с. 50].

Для достижения наиболее максимального эффекта очистки от мелкодисперсных частиц, обычно применяют реагенты, в результате действия которых происходит оседание неочищенных ранее составляющих, данные растворы называются коагулянтами [18, с. 97].

В качестве коагулянтов выступают соли железа и алюминия (сернистый алюминий). В отдельных случаях, если позволяет производство предприятия, используются отработанные шламовые отходы, которые подходят для данных целей. Реакция коагулянта приводит к тому, что образуются хлопья в промышленных стоках, при выпадении их в осадок захватываются оставшиеся мелкодисперсные вещества.

Удаление выпавших хлопьев осуществляется с помощью отстаивания, что позволяет потом удалить их очистными сооружениями. Коагулянт используют в виде различных растворов и суспензий, которые смешивают в специальных аппаратах (баках) с промышленными стоками. Существует большое количество данных баков, которые обусловлены различными технологическими процессами по очистке стоков. Далее в отдельной камере происходит образование хлопьев коагулянта [15, с. 40].

Дальнейшее улучшение качества очистки промышленных стоков происходит при помощи флокулянтов.

Флокуляция, как этап, помогает частицам, которые образовались в результате коагуляции переходить в агрегатное состояние.

Ограничение процесса флокуляции обусловлено тем, что он может использоваться только для неустойчивых частиц в промышленных стоках. Флокуляция применяется только после процесса коагуляции и является следующим этапом.

Благодаря процессу флокуляции частицы мелкого размера выпадают в виде рыхлых хлопьев. К флокулянтам относят как полимеры органического происхождения, так и искусственно созданные. К примеру, крахмал, диоксид кремния, поливиниловый спирт, полиакриламид и др. [4, с. 203].

Коагуляция и флокуляция широко применяются для очищения стоков, образовавшихся в результате деятельности таких предприятий как нефтеперерабатывающей отрасли, целлюлозно-бумажной, текстильной и др.

Сорбция. Если рассматривать процесс сорбции, то это процесс, в результате которого происходит поглощение веществ из внешней среды при помощи какого-то твердого тела или жидкости. Выделяют следующие виды сорбции:

- адсорбция;
- хемосорбция;
- абсорбция.

Сорбция является эффективным методом, который позволяет достигать хороших результатов в очистке от органических веществ, которые были растворены в промышленных стоках.

Сорбционная очистка производственных стоков осуществляется не только в чистом виде, но при этом может быть одновременно использован способ по биологической очистке промышленных сточных вод.

Большим преимуществом этого метода, в отличие от других способов очистки, является хорошая очистка, даже если в промышленных стоках содержится незначительное количество загрязняющих веществ.

Также большим преимуществом сорбции выступает то, что этот метод можно применять даже если в стоках содержатся разнообразные вариации загрязняющих веществ и которые могут значительно отличаться по своему составу, однако это не делает этот способ неэффективным.

Сорбция также может использоваться для отделения веществ, которые имеют материальную ценность. К примеру, процесс сорбционной очистки позволяет выделять мышьяк, фенол и т.п.

Сорбционная очистка является завершающим этапом по очистке производственных стоков, после этого метода, стоки направляются в системы канализации или же используются для нужд предприятия в производственном процессе.

Сорбционная очистка находит применение при очищении производственных стоков, загрязнённых красителями, электролитами, ароматическими соединениями, неэлектролитами и т.п.

Сорбционную очистку не рекомендуют применять для неорганических соединений и низших одноатомных спиртов, если они являются единственной целью для выделения.

Далее рассмотрим адсорбционную очистку. Ее осуществляют таким образом: в стоки добавляют сорбент, после отстаивания отфильтровывают, а затем стоки фильтруют при помощи следующего сорбента.

Адсорбция позволяет проводить глубокую фильтрацию и очистку воды в замкнутом контуре и потреблять ресурс заново, очищая от веществ органического характера. Помимо питьевой воды, данный метод применяется для финишной очистки производственных стоков от органических веществ.

Сорбционная установка может состоять из 3-х или 5-ти фильтров, которые на каждом последующем этапе очищают от различных веществ по своему составу. Поэтому насыпной фильтр, который используется в таких установках, является самым простым видом адсорбера.

Флотация. Флотация представляет собой процесс по молекулярному прилипанию частиц материала, который является целью флокуляции, к поверхности жидкости или газа. Флотация позволяет удалять из производственных стоков диспергированные примеси, которые практически не могут отстояться самостоятельно. Образование системы «пузырек-частица», при очищении промышленных стоков, которые могут содержать в себе нефтепродукты, поверхностно-активные вещества и т.д., при всплывании на поверхность удаляются в виде пены. При помощи разбрызгивания веществ или же нагревая, можно разрушить образовавшийся пенный слой [8, с. 42].

Частица вещества прилипает к поверхности пузырька только в случае, когда присутствует недостаточное смачивание частицы водой или другой жидкостью. От давления, химического взаимодействия, а также от интенсивности столкновения веществ зависит качество образования системы «пузырек-частица».

При использовании флотации в качестве основного метода по удалению растворенных веществ, процесс носит название «пенное концентрирование» (сепарация). Формирование системы «пузырек-частица», а также прочность связей в данной системе, быстрота протекания реакции, время действия находятся в прямой зависимости от состава исходных очищаемых веществ, от способности частиц смачиваться водой, а также от применяемых реагентов.

В результате образования пузырька формируется 3-х фазный периметр, представляющий собой линию, которая ограничивает прилипание пузырька на площади, происходит образование трехфазной границы: жидкой, твердой и газообразной. Касательная к поверхности пузырька в точке 3-х фазного периметра и поверхность твердого тела формируют обращенный в жидкость угол θ , у которого есть название - краевой угол смачивания (рисунок 1.1).

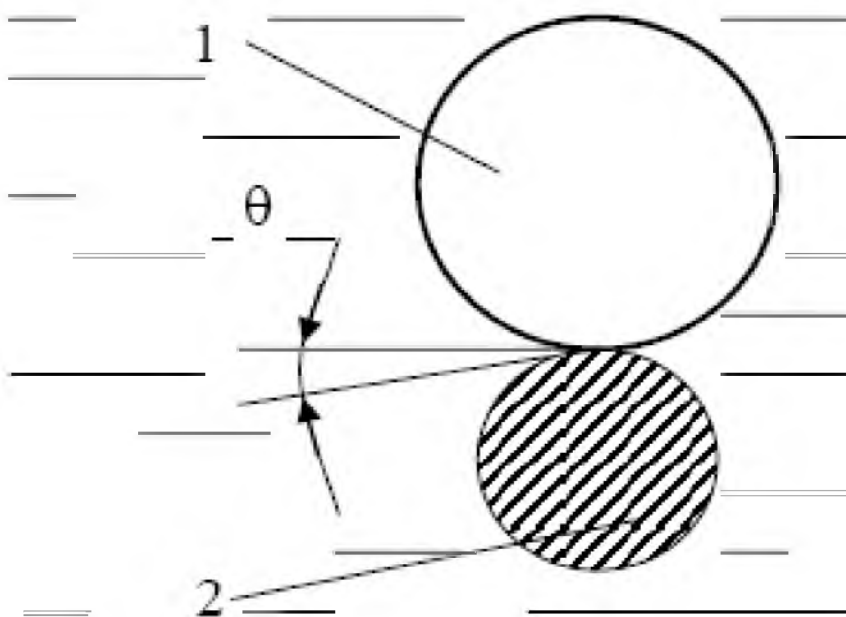


Рисунок 1.1 – Флотация [11, с. 129]

Процесс флотации следующий – при сближении в воде поднимающегося пузырька воздуха с твёрдой частицей разделяющая их прослойка воды при критической толщине рвется и происходит слипание частицы и пузырька. Далее система «пузырек-частица» концентрируются на поверхности воды, в результате чего, образуется пенный слой с большой концентрацией веществ, нежели в самой воде, которая находится под пеной.

Ксантогенаты, масла, жирные кислоты, меркаптаны, амины и прочие вещества применяются как реагенты-собиратели.

Гидрофобность частиц также повышают при использовании сорбции молекул, которые растворяют газы на их поверхности.

Энергия образования системы «частица-пузырек» отражена на формуле:

$$A = \sigma \cdot (1 - \cos\theta), \quad (1.1)$$

где σ - поверхностное натяжение воды на границе с воздухом.

Частицы, которые хорошо смачиваются водой, то в таком случае θ стремится к нулю. В результате этого, $\cos\theta$ стремится к 1, данный факт говорит о минимальной прочности прилипания. А для не смачиваемых частиц, образование системы «частица-пузырек» стремится к максимуму.

Флотация, в результате интенсивного использования на практике, сформировалась в виде наборов приемов, методов и схем. Флотация как метод, широко используется при очищении промышленных стоков разнообразных производств: машиностроение, целлюлозно-бумажное, нефтеперерабатывающая промышленность, пищевая и пр.

К преимуществам флотационного метода можно отнести:

- степень очистки на высоком уровне (до 98 %);
- непрерывный процесс;
- получение шлама низкой влажности;
- низкие затраты на реализацию и эксплуатацию;

- большая сфера применения;
- высокая скорость очистки в сравнении с отстаиванием;
- простое оборудование;
- возможность рекуперации веществ, которые удаляются.

Процессу флотации сопутствует снижение концентрации ПАВ, происходит аэрация производственных стоков, снижаются легко окисляемые вещества, микроорганизмы и различные бактерии. Данные факторы повышают эффективность других стадий очищения производственных стоков.

Способы флотации отличаются по насыщению жидкости пузырьками воздуха, в этом заключается их принципиальная схема очистки, которая зависит от размера пузырьков.

Поэтому выделяют следующие способы очистки стоков промышленных предприятий при помощи флотации:

- флотация - механическое диспергирование воздуха;
- флотация-химическая;
- флотация- выделение воздуха из раствора;
- флотация при помощи электричества;
- флотация- подача воздуха через пористые материалы;
- флотация-биологическая.

Экстракция. При процессе экстракции осуществляется выведение из промышленных стоков растворенных веществ, которые переходят в стадию «экстрагент», которая не смешивается с водой.

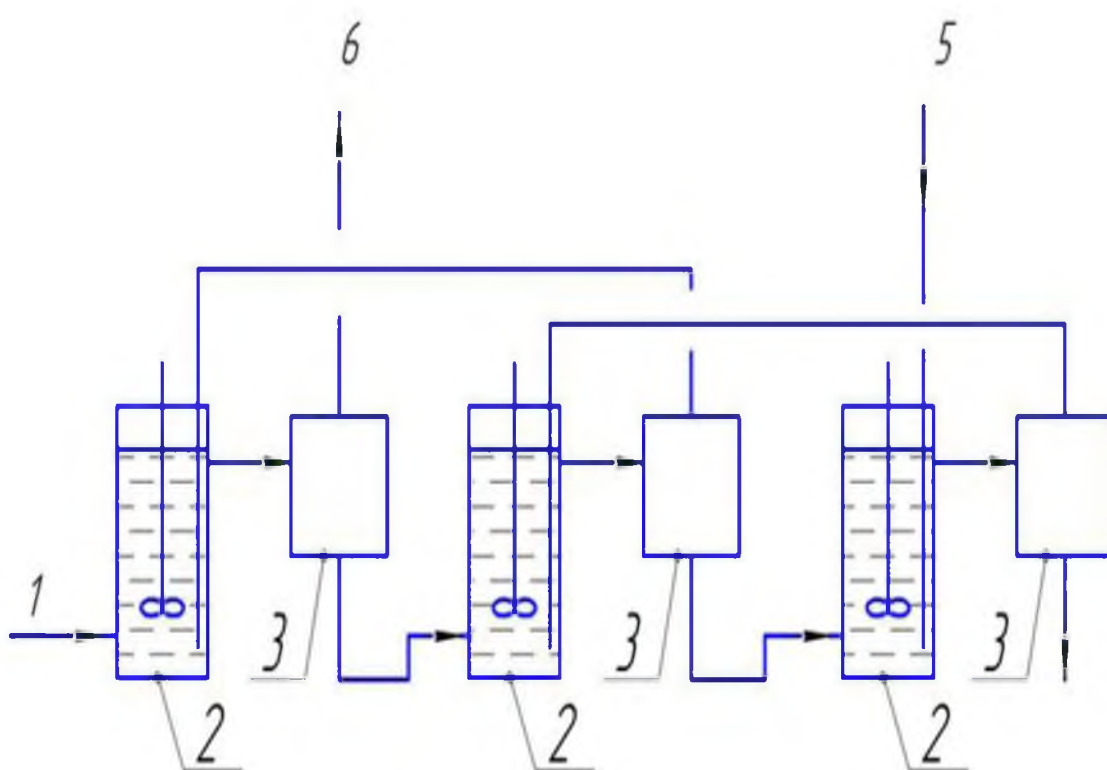
В конечном итоге, из-за взаимодействия веществ, получается остаточный водный раствор (рафинат) и раствор извлеченных веществ в экстрагенте (экстракт), из которого были выведены загрязняющие вещества. Экстрагентами часто выступают органические растворители, к ним можно отнести четыреххлористый углерод, бензол и бутилацетат.

Чтобы процесс экстракции протекал успешно, к экстрагенту предъявляют следующие характеристики:

- низкая растворимость в воде;

- хорошая способность к экстракции;
- отличная от воды плотность;
- селективность;
- низкая степень горючести;
- низкая стоимость;
- невысокая токсичность.

Непосредственно процесс экстракции представлен на рисунке 1.2.



1 – исходные сточные воды; 2 – экстрактор; 3 – отстойник; 4 – очищенные сточные воды (рафинат); 5 – экстрагент; 6 – конечный экстракт

Рисунок 1.2 – Процесс экстракции [16, с. 15]

Рассмотрим также ионный обмен. Данный метод находит свое применение при очищении производственных стоков от ионов металлов, при обессоливании сточных вод и прочих загрязнениях от деятельности предприятия.

Для процесса очищения при данном методе применяются иониты, которые представляют собой гранулы синтетических ионообменных смол, которые используются в фильтрах.

Схема протекания по ионному обмену отражена на рисунке 1.3.

Очистка при ионном обмене позволяет избавиться от солей в воде, смягчить и опреснить ее.

Ионный обмен также позволяет повторно использовать ионные компоненты в одном и том же технологическом процессе при производстве.

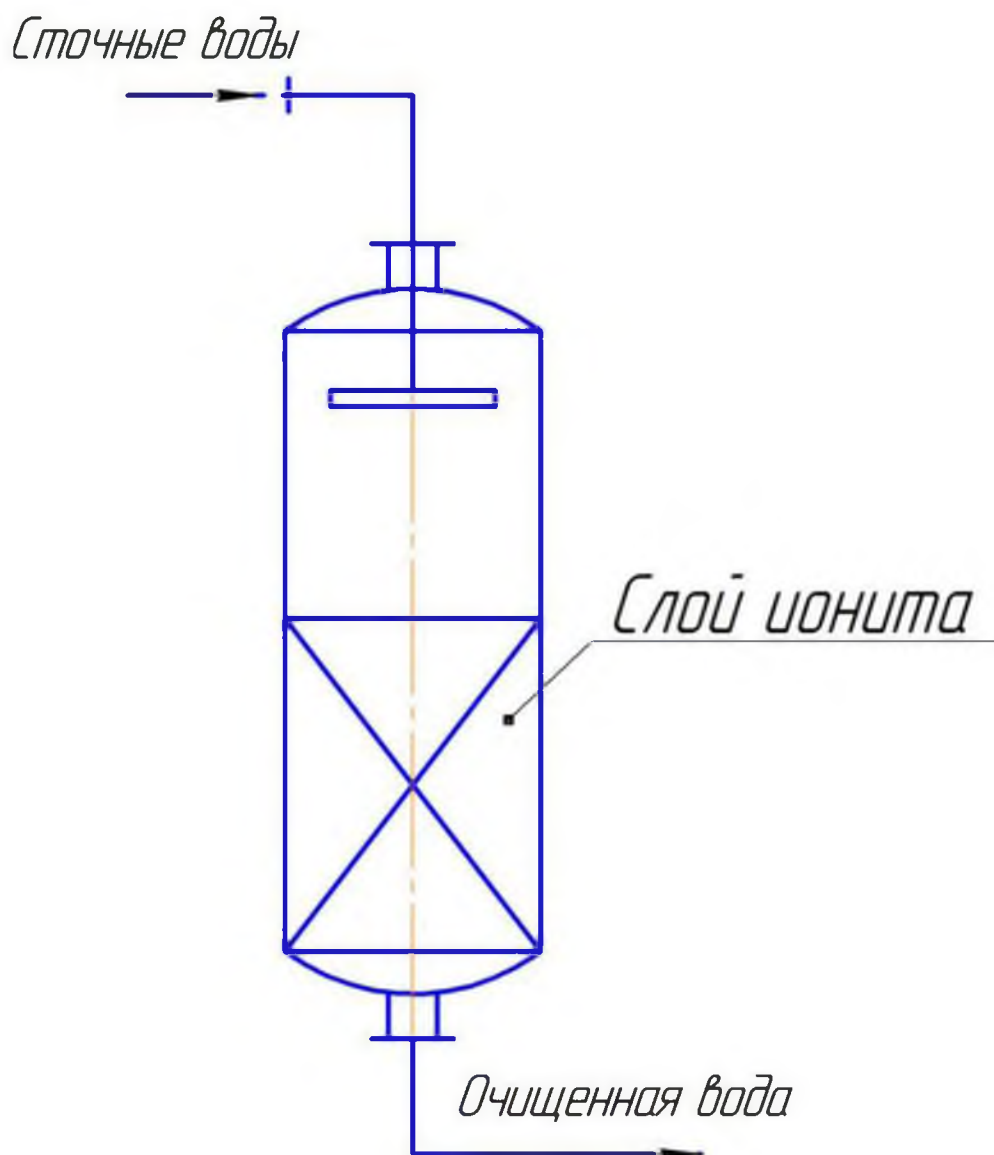


Рисунок 1.3 - Принципиальная схема проведения процесса ионного обмена [2, с. 202]

Данный метод экологичен и эффективен, однако, он не используется часто. Это обусловлено тем, что существует необходимость регенерации ионитов, а также применение дефицитных и редких смол для ионообмена.

Электролиз. Суть данного метода заключается в электрическом токе, который пропускают через воду, которая имеет загрязнения.

Благодаря этому процессу происходит образование окислителей, и если в воде присутствуют соединения хлора, то это очищает воду и обеззараживает ее.

Электролиз помогает отфильтровывать примеси металлов и различных кислот. Этот вид очистки особенно широко используется на вредных предприятиях – медных и свинцовых предприятиях, в лакокрасочном производстве.

К преимуществам данного способа можно отнести:

- хорошая степень очистки;
- простые приборы;
- дополнительное обеззараживание воды при помощи ионов кислорода, образование которых происходит в процессе электролиза;
- не требуется применение реагентов, которые приводят к формированию сульфатов и хлоридов.

К негативным аспектам электрокоагуляции воды можно отнести:

- осадки в виде хлопьев снижают эффективность аппаратов из-за засорения электродов;
- большие затраты энергии;
- происходит образование отходов, которые нельзя утилизировать;
- производительность на низком уровне.

Несмотря на положительные результаты в очистке стоков при помощи электрокоагуляции, в практической деятельности данный метод особо не нашел применение [12, с. 54].

Таким образом, подводя итог главы, можно заключить, в зависимости от сферы образования производственных стоков, а также от их характеристик, интенсивности загрязнений существует большое количество методов для их обработки, в том числе и физико-химические, среди которых выделяют: коагуляцию, флокуляцию; экстракцию; ионообмен, сорбцию; электролиз; флотацию и т.д.

2 Анализ существующей схемы очистки производственных стоков на предприятии МУП «ЖКХ города Туапсе»

2.1 Организационно-экономическая характеристика предприятия

Муниципальное унитарное предприятие «Жилищно-коммунального хозяйства города Туапсе» (МУП «ЖКХ города Туапсе») находится по адресу: г.Туапсе, Привокзальный тупик, 1.

МУП «ЖКХ города Туапсе» занимается отведениемобеззараженных и очищенныхбытовых, хозяйственных и промышленных сточных вод после очистных сооружений.

Предприятие до 21.04.2005г. наименовалось МУП «Туапсеводоканал». С 21.04.05г. организовано предприятие МУП муниципального образования города Туапсе «ЖКХ города Туапсе», куда вошли все предприятия, предоставляющие услуги ЖКХ.

Основным видом деятельности МУП «ЖКХ города Туапсе» является очистка сточных вод иобеспечение водоснабжением населения г. Туапсе.

Осуществления хозяйственной деятельности предприятие использует оборудование:

- водозаборные эксплуатационные скважины;
- резервуары для хранения воды;
- решетки типа РММВ - 1000 с механизированными граблями;
- хлораторы воды;
- бункеры для сбора нерастворимых примесей;
- гидроэлеваторы для удаления песка из песколовок;
- типовые горизонтальные песколовки с круговым движением сточных вод;
- блокиаэротенков-отстойников биологической очистки сточных вод всоставе первичных и вторичных отстойников, аэробных минерализаторов,аэротенков;
- компрессор подачи воздуха в аэротенки;

- фильтр - прессы для обезвоживания осадков;
- котлоагрегаты;
- сгуститель для сгущения активного ила;
- трансформаторы;
- насосы;
- иловые площадки для хранения осадков биологической очистки сточных вод;
- металлообрабатывающие станки.

Численность работающих на предприятии - 452 человека.

Общая площадь землепользования МУП «ЖКХ г. Туапсе» составляет: 35,11 га.

МУП «ЖКХ г. Туапсе» осуществляет свою деятельность на следующих площадках:

- промышленная площадка №1 - центральная производственная территория в г. Туапсе (0,72 га);
- промышленная площадка №2 - водозаборные сооружения в пос. Греческий (24,1 га);
- промышленная площадка №3 - очистные сооружения канализационных стоков в пос. Холодный Родник (10,29 га).

Взаиморасположение промышленных площадок:

1. Площадка № 1. Центральная производственная территория. Находится в юго-восточной промышленной зоне г. Туапсе:

- с юго-западной к ней примыкает промышленная площадка ОАО «Туапсинский судомеханический завод»;
- с востока, на расстоянии 20 м, проходит железнодорожная магистраль Ростов-Сочи.

Производственная территория площадки №1 содержит:

- шнековую канализационную насосную станцию;
- главную канализационную насосную станцию;

- ремонтную мастерскую;
- столярную;
- гараж;
- склад;
- корпус для администрации.

Для подачи сточных вод на очистные сооружения предприятие имеет 6 канализационно-насосных станций(КНС). Насосные станции оснащены решетками для сбора отходов (крупных примесей). Отходы после решеток собираются в контейнеры для ТБО и вывозятся на свалку.

КНС оснащены вспомогательным оборудованием (заточной станок) для проведения ремонтных работ.

Ремонтно-механический цех.

В составе РМЦ функционируют такие участки:

- цех кузнечный;
- мастерская столярная;
- мастерская ремонтная;
- ремонтно-строительный участок.

В ремонтной мастерской установлены станки для фрезерования, станки для заточки инструмента, станки для токарных работ, станки для сверления.

В цехе для кузнечных дел с целью ремонта эксплуатируемого оборудования установлен гидромолот кузнечный горн. Также имеется ванна с индустриальным маслом, которая предназначена для закаливания деталей.

В мастерской для столярных работ происходит обработка изделий из дерева, производятся доски и бруски для нужд предприятия на станке для деревообработки.

Ремонтно-строительный участок. Данный участок предназначен для осуществления ремонта зданий, выполнения строительных работ, покраски оборудования и сооружений.

В состав гаража входят следующие участки:

- участок технического обслуживания автотранспорта;

- участок вулканизации;
- мойка автотранспорта.

Участок мойки автотранспорта оснащен подземной емкостью-резервуаром для сбора сточных вод. По мере накопления стоки бочкой вывозятся на очистные сооружения. Осадки и всплывающая пленка вывозятся совместно со стоками.

2. Площадка № 2. Водозаборные сооружения находятся в направлении на СВ, в 6,5 км от центральной производственной территории в п. Греческий;

В состав производственной территории площадки №2 входят:

- накопители воды - подземные резервуары;
- скважины для водозабора;
- ремонтная мастерская;
- хлораторная;
- склад;
- корпус для администрации.

Забор воды производится из артезианских скважин (33шт) с. Греческое. На площади данного участка располагаются накопительные баки под землей для хранения воды. Вода подается из баков для накопления по водопроводу. Ежегодно производится очистка баков для накопления воды от осадка, который образуется в виде. При проведении очистительных мероприятий образуется осадок из отстойника чистой воды, который является отходом.

Прежде чем попасть к населению, вода обеззараживается. Для этого используется такие способы хлорирования: водной вытяжкой хлорной извести и газообразным хлором.

В ремонтной мастерской находятся аппарат для электросварки, станки для металлообработки. Оборудование данной мастерской необходимо для осуществления работ и ремонта оборудования, которое находится на балансе предприятия.

3. Площадка № 3. Канализационные стоки и находящиеся на них сооружения для очистки находятся в пятикилометрах от центральной

производственной территории в п. Холодный Родник, в направлении на север.

В состав производственной территории площадки №3 входят:

- первичные отстойники, здание решеток, песколовка - приемные сооружения стоков;
- хлораторная;
- аэротенки с минерализатором и вторичными отстойниками;
- компрессор;
- цех для обезвоживания осадка при помощи механических способов;
- насос;
- площадки для собирания ила;
- котельная;
- здание лаборатории.

Основные экономические показатели МУП «ЖКХ города Туапсе» за 2019-2020 гг. отражены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Основные экономические показатели МУП «ЖКХ города Туапсе» за 2019-2020 гг., тыс. руб.

Показатель	2019г.	2020г.	Абсолютное изменение, +/-	Темп роста, %
Выручка	381936	368837	-13099	96,57
Себестоимость продаж	367359	373189	5830	101,59
Валовая прибыль (убыток)	14577	4352	-10225	29,86
Прибыль (убыток) от продаж	14577	4352	-10225	29,86
Прочие доходы	65604	34540	-31064	52,65
Прочие расходы	79787	29779	-50008	37,32
Прибыль (убыток) до налогообложения	394	409	15	103,81
Налог на прибыль	216	161	-55	74,54
Чистая прибыль (убыток)	154	245	91	159,09

Из приведённых данных видно, что выручка МУП «ЖКХ города Туапсе» в 2020 г. снизилась на 13099 тыс. руб., при этом себестоимость за исследуемый период увеличилась на 5830 тыс. руб. За счет снижения в 2020 г. прочих расходов на 50008 тыс. руб. по итогу года был получен положительный

финансовый результат от деятельности в сумме 245 тыс. руб., что на 91 тыс. руб. выше, чем годом ранее.

Далее рассмотрим классификацию производственных сточных вод исследуемого предприятия.

2.2 Классификация производственных сточных вод и методы их очистки на предприятии

Система водоотведения г. Туапсе включает 90 км канализационных сетей, а также насосы, которые предназначены для перекачки стоков. Сеть канализации включает в себя семь канализационных насосных станций, предназначенных для перекачки стоков на канализационную насосную станцию, являющуюся центральной (ГКНС), далее из центральной станции сточные воды поступают в канализацию ОСК г. Туапсе (приемную камеру очистных сооружений).

Сброс очищенных сточных вод после ОСК МУП «ЖКХ г. Туапсе» производится по глубоководному выпуску. Данный выпуск числится на балансе МУП «ЖКХ г. Туапсе». Данный выпуск принимает сточные воды и сбрасывает в море, в том числе от таких крупных предприятий как ОАО «НК «Роснефть-Туапсинский НПЗ», ОАО «НК «Роснефть» - Туапсенефтепродукт» и ООО Фирма «Нафта (Т)».

Объем сброса сточных вод, который поступает в Черное море через глубоководный выпуск от всех предприятий составляет:

- МУП «ЖКХ г. Туапсе» - 8642,90 тыс. м³/год;
- ООО «РН –Туапсинский НПЗ» - 2730,0 тыс. м³/год;
- ООО «РН-Туапсенефтепродукт» - 316,50 тыс. м³/год;
- ООО Фирма «Нафта (Т)» - 749,57 тыс. м³/год.

Общий фактический объем стоков составляет – 12439 тыс. м³/год, 1419,98 м³/час.

Расчетный объем сброса сточных вод, поступающих в Черное море через

глубоководный выпуск от всех предприятий составляет:

- МУП «ЖКХ г. Туапсе» - 9701.40 тыс. м³/год;
- ООО «РН –Туапсинский НПЗ» - 2730.0 тыс. м³/год;
- ООО «РН-Туапсенефтепродукт» - 316.50 тыс. м³/год;
- ООО Фирма «Нафта (Т)» - 749.57 тыс. м³/год.

Общий расчетный объем стоков составляет – 13497.50 тыс. м³/год, 1540.81 м³/час.

Категория сточных вод: хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды.

Так как глубоководный выпуск находится на балансе МУП «ЖКХ г. Туапсе» и через него транзитом проходят сточные воды еще других предприятий с определенным качеством и количеством загрязняющих веществ, рассмотрим их подробнее.

Среднегодовые показатели качества очищенных сточных вод ООО «РН-Туапсинский НПЗ» за период 2019-2020 гг. (таблица 2.2).

Таблица 2.2 - Среднегодовые показатели качества очищенных сточных вод ООО «РН-Туапсинский НПЗ» за 2019-2020 гг.

Наименование вещества	Концентрация, мг/л
Взвешенные вещества	24.78
БПКполн.	11.60
Азот аммонийный	0.22
Азот нитратов	0.11
Азот нитритов	0.06
Фосфаты	0.135
СПАВ	0.127
Нефтепродукты	1.38
Железо общее	0.96
Фенолы	0.014

Как видно из приведенных данных, наибольшую концентрацию в сточных водах имеют взвешенные вещества.

Также параметры биохимического потребления находятся в пределах 11.60 мг/л. Далее следует азот аммонийный и другие вещества. Если рассматривать среднегодовые показатели качества очищенных сточных вод

ООО «РН-Туапсенефтепродукт» за 2019-2020 гг., то показатели следующие (таблица 2.3).

Таблица 2.3 — Среднегодовые показатели качества очищенных сточных вод ООО «РН-Туапсенефтепродукт» за 2019-2020 гг.

Наименование вещества	Концентрация, мг/л
Взвешенные вещества	2.23
БПКполн.	3.80
СПАВ	0.0506
Нефтепродукты	0.3837
Железо общее	0.4663
Фенолы	0.0105

Как видно из приведенных данных в таблице 2.3, за исследуемый период взвешенные вещества составили наибольшую концентрацию в производственных стоках ООО «РН-Туапсенефтепродукт».

Далее, среднегодовые показатели качества очищенных сточных вод ООО Фирма «Нафта (Т)» за период 2019-2020 гг. показаны в таблице 2.4.

Таблица 2.4 — Среднегодовые показатели качества очищенных сточных вод ООО Фирма «Нафта (Т)» за 2019-2020 гг.

Наименование вещества	Концентрация, мг/л
Взвешенные вещества	2.40
БПКполн.	13.88
СПАВ	0.10
Нефтепродукты	3.61
Железо общее	3.26
Фенолы	0.07
Алюминий	0.44

С учетом всех концентраций загрязняющих веществ и с учетом объемов сточных вод, поступающих в Черное море по глубоководному выпуску от рассмотренных предприятий (ООО «РН-Туапсинский НПЗ», ООО Фирма «Нафта (Т)», МУП «ЖКХ г. Туапсе» и ООО «РН-Туапсенефтепродукт») для расчета НДС (нормативов допустимых сбросов) определены концентрации загрязняющих веществ для совместного выпуска сточных вод (таблица 2.5).

Таблица 2.5 - Концентрации загрязняющих веществ для совместного выпуска сточных вод

Наименование вещества	Концентрация, мг/дм ³
Взвешенные вещества	11.50
БПКполн.	10.35
Азот аммонийный	0.90
Азот нитратов	9.0
Азот нитритов	0.044
Фосфаты	1.57
СПАВ	0.053
Нефтепродукты	0.55
Железо общее	0.46
Фенолы	0.0074
Алюминий	0.04

Для сточных вод предприятий введены предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, превышение которых недопустимо (Приложение 1). Как показал анализ, все показатели не выходят за пределы этих значений.

Таким образом, можно сделать вывод, что МУП «ЖКХ г. Туапсе» является основным предприятием, которое занимается очищением производственных стоков промышленных предприятий г. Туапсе, а затем по глубоководному выпуску, который принадлежит предприятию, сбрасывает все сточные воды в море.

Далее проведем анализ методов очистки производственных стоков исследуемого объекта.

Рассматривая методы очистки производственных стоков исследуемого объекта, в первую очередь определим основные этапы очистки стоков МУП «ЖКХ г. Туапсе».

Производительность очистки сточных вод ОСК МУП «ЖКХ г. Туапсе» по проекту - 52000 м³/сутки.

Очистные сооружения включают следующие этапы очистки сточных вод

(СВ):

1. Механическая очистка сточных вод:

- песколовки;
- мехрешетки;
- первичные отстойники.

2. Биологическая очистка:

- аэротенки;
- контактный резервуар;
- вторичные отстойники.

3. Обработка осадка - обезвоживание на фильтр-прессах и иловых площадках.

4. Вспомогательные здания:

- административно-бытовой корпус;
- компрессорная;
- котельная.

Также рассмотрим технологическую схему работы очистных сооружений МУП «ЖКХ г. Туапсе».

Сточные воды города системой коллекторов отводятся к насосным станциям подкачки, которые подают их напорными трубопроводами в командные по высоте точки города, откуда коллекторами самотеком они поступают в приемный стакан главной канализационной насосной станции (ГКНС), из которого по двум напорным трубопроводам Д-800 мм в приемную камеру ОСК, расположенную при здании решеток. Сюда же поступает по трубопроводу Д-200 мм дренажная вода от иловых площадок. Далее сточные воды проходят решетку грубой очистки, где задерживается крупный мусор, который при зачистке вручную переносят контейнер из металла. Данный металлический контейнер установлен в помещении здания решеток. Далее крупный мусор отвозится на свалку вместе с другим мусором.

Песколовки представляют собой круглые горизонтальные емкости с круговым движением воды. В песколовке за счет снижения скорости движения

из сточной воды оседают тяжелые механические загрязнения (песок, тяжелые минеральные примеси). Выпавший осадок удаляется 1 раз в сутки в песковые бункера. После обезвоживания осадки вывозятся на иловые площадки.

Далее сточные воды подвергаются процессу отстаивания, который осуществляется в двух первичных вертикальных отстойниках. Из первичных отстойников осадок подается в аэробный стабилизатор (минерализатор).

Из первичных отстойников стоки направляются в аэротенки, где происходит процесс биологической очистки. Сточные воды первичных отстойников поступают в первый коридор аэротенка. Смесь активно насыщается воздухом через расположенные внизу аэротенка фильтровальные трубы. Выпавший в осадок активный ил эрлифтом возвращается в аэротенк, а избыточный ил подается в минерализатор.

Метод биологической очистки необходим для очищения стоков от загрязнений органического характера, применяется смесь различных микроорганизмов. Данные микроорганизмы потребляют кислород, который растворен в стоках. Кислород подается при помощи компрессора.

После аэротенков стоки поступают во вторичные отстойники.

Вторичные отстойники способствуют осаждению активного ила из иловой смеси, поступающей из аэротенка. Приняты отстойники вертикально-радиального типа. Далее осветленная вода поступает в контактный резервуар на химическую обработку, которая производится газообразным хлором или раствором хлорной извести для очистки от сероводорода, неорганических гидросульфидов и других примесей.

После вторичных отстойников очищенные сточные воды по самотечному напорному трубопроводу Д-900L-5.65 км отводятся к берегу Черного моря куда сбрасываются через глубоководный выпуск, проектной длиной 2.4 км.

Рассмотрим также более подробно характеристики глубоководного выпуска очищенных сточных вод МУП «ЖКХ г. Туапсе».

Глубоководный выпуск в море очищенных сточных вод с очистных сооружений г. Туапсе построен в 1985-87гг. 8-м экспедиционным отрядом

«Подводречстрой» по проекту Государственного зонального проектного института «Южгипрокоммунстрой» г. Сочи.

По проекту выпуск сделан из полиэтиленовой трубы диаметром 1000 мм с толщиной стенки 38,5мм. Протяженность подводной части трубопровода 2426м. направление - 200 от станции очистки балластных вод порта, расположенный непосредственно возле Южного мола порта Туапсе.

Трубопровод изготавливается из отдельных труб, сваренных в секции (плети) длиной от 50 м до 150 м. Первая секция от береговой камеры длиной 26 м., далее 400м. трубопровода состоят из секций длиной 50м., далее 1100 м. трубопровода состоят из секций длиной 100м., остальные 900м. трубопровода состоят из секций длиной 150м. Соединение секций фланцевое, фланцы бронзовые, стяжные болты так же изготовлены из бронзы.

Для обеспечения отрицательной плавучести трубопровод балластируется балластными железобетонными грузами, крепящимися на трубопроводе с шагом от 20 до 35м. В процессе монтажа трубопровод также балластируется седловидными железобетонными массивами массой 8,6 т каждый. Шаг расстановки массивов - от 25 м до 40 м.

Во избежание повреждения трубопровода судами, при аварийных отдачах якорей во время следования входными створами в порт и из порта, трубопровод на всем протяжении должен был уложен в траншею и покрыт слоем грунта не менее 1,5 м. На всем протяжении выпуска ни один из его элементов, не должен выходить на поверхность грунта, кроме верхней плоскости выходного оголовка. Это условие являлось определяющим в обеспечении нормальной эксплуатации трубопровода.

Если рассматривать фактическое состояние трубопровода, то различные годы проведенное исследование показывает его неудовлетворительное состояние.

Глубоководный выпуск очищенных сточных вод начинается от станции очистки балластных вод, расположенной непосредственно возле Южного мола порта Туапсе. От уреза воды трубопровод идет в грунте до отметки 1060 м,

глубина – 902 метра. До этой метки положение трубы иногда отмечено верхушками пригрузочных массивов, часто над дном торчат лишь грузовые скобы пригрузов. На отметке 398-400 метров (глубина 6,8 м) наблюдается нарушение целостности трубопровода. На поверхности дна на участке площадью 4-6 м² множество небольших воронок выбросов, из которых наблюдается выход сточных вод.

Труба в этом месте проходит на 0.5-0.8 метра подуровнем дна. Утечка происходит через отверстие диаметром 10-12 см. По характеру выброса можно предположить, что отверстие пробито как в верхней так и в нижней части трубы, именно поэтому стоки, дренируя под трубой через некрупный галечник и песок выходят множественными очагами на большой площадке.

На отметке 1069 метров труба выходит на поверхность и до первого разрыва (1240м) идет открыто. Пригрузы возвышаются над трубой на 0,5-1 метр, труба выходит из грунта до половины диаметра.

На отметке 1200-1205 метров из под соединительного бандажа и из под пригруза наблюдается небольшая утечка сточных вод.

От отметки 1240 метров основная нитка трубопровода отсутствует с момента ухода морской части разрыва в грунт (1265 м, глубина 14,0 м) до разрыва №2 (1460 м, глубина 15,9 м) на поверхности дна прослеживается еще 6 пригрузов. Пригрузы выступают над дном на 10-15 см.

От разрыва №2 до разрыва №3 (1590 м, от уреза воды, глубиной 17,3 м) на поверхности дна пригрузы не прослеживаются. От конца разрыва №3 (1645 м, глубина 17.9 м) до начала оголовка на отметке 2210 метров. Труба еще 4 раза выходит на поверхность, разрывов и повреждений на этих участках не обнаружено. На отметке 2210 м труба вновь выходит из грунта и заканчивается выпускным оголовком на отметке 2230 м (глубиной 23.5 м). Оголовок представляет из себя вертикально стоящую трубу высотой около 3-х метров.

По проекту оголовок должен был опираться на железобетонный массив (лежать в ложе массива), но в настоящее время массив сдвинут от оголовка

на юг на 0.5 метра. В настоящее время оголовок представляет из себя вертикально стоящую (отклонение от вертикали около 10 градусов к западу) безопорную трубу.

Также по другим исследованиям, через очистные сооружения канализации «Кривенковское», которые стоят на балансе МУП «ЖКХ г. Туапсе» стоки напрямую через аварийный выпуск сливались в реку Туапсе в течение нескольких лет. В месте, где происходил сброс сточных вод обнаружены опасные для здоровья людей вещества химического содержания, а также бактериальная концентрация которых значительно превышала ПДК, при этом было замечено загрязнение земляного покрова рядом с местом сброса. Ущерб составил более одного млн. руб.

Таким образом, можно сделать вывод касательно технического состояния трубопровода:

1. Трубопровод изначально построен с грубыми нарушениями от проекта:

- 23 % трубопровода проложены открыто;
- глубина траншеи в местах залегания трубопровода под грунтом не соответствует проектной, практически везде торчат верхушки пригрузов, т.е. заглубление трубы не более 0,5-0,8 м. - по проекту не менее 1,5 м;
- курсовое направление трубопровода не соответствует проектному - по проекту - 200°, в реальности 193°. На удалении 2230 м смещение оголовка к востоку составляет 200-210 м.

- длина трубопровода меньше проектной на 170 м – 2230 м вместо 2400 м.

2. При обследовании трубопровода выявлены:

- локальные нарушения не влияющие на основную работу выпуска;
- локальное нарушение, ухудшающее работу водо-выпуска - сквозные отверстия диаметром 100-120 мм. в верхней и нижней стенке трубопровода на отметке 398-400 м. При ослаблении давления сточных вод в трубопроводе, через эти отверстия внутрь трубы подсасываются песчано-илистые отложения, что в дальнейшем ведет к забиванию трубопровода грунтом.

– полные разрывы трубопровода - на отметке 1265 м, наотметке 1460 м, на отметке 1645м.

– при обследовании трубопровода выявлено, что весь объем стоков выходит на разрыве на отметке 1265м, На 2-м и 3-м разрывах видно, что труба внутри забита грунтом. Вследствие этого, определение локальных утечек и мелких повреждений трубопровода возможно лишь после восстановления работоспособности водо-выпуска на всем протяжении [21].

В целом, эффективность работы очистных сооружений МУП «ЖКХ г.Туапсе» представлена в таблице 2.6.

Несмотря на хорошие показатели работы и эффективность очистки (выше 90%) очистных сооружений МУП «ЖКХ г. Туапсе», приведенные выше примеры показали, что на практике возникают проблемы с очисткой производственных стоков.

Таблица 2.6 — Эффективность работы очистных сооружений МУП «ЖКХ г. Туапсе»

№ п/п	Наименование вещества	Сточные воды до очистных сооружений МУП «ЖКХ г. Туапсе», мг/дм ³	Сточные воды после очистных сооружений МУП «ЖКХ г. Туапсе», мг/дм ³	Эффективность очистных сооружений, %
1	Взвешенные вещества	115.0	8.50	92.61
2	БПКполное	199.5	8.86	95.56
3	Фосфаты (по Р)	1.88	2.10	-
4	Азот аммонийный	23.71	1.22	95.0
5	Азот нитритов	0.003	0.045	-
6	Азот нитратов	0.081	9.30	-
7	СПАВ	1.35	0.026	98.10
8	Нефтепродукты	1.54	0.043	97.21
9	Железо общее	0.84	0.07	

По данным группы мониторинга загрязнения морских вод (МЗПВ) ГМБ Туапсе осредненное значение за год гидрологических характеристик Черного моря в месте выпуска очищенных сточных водМУП «ЖКХ г. Туапсе» составило:

- плотность морской воды 1.010 т/м³;
- минимальная скорость морского течения в районе выпуска 0.05-0.07

м/сек.

Таким образом, можно сделать вывод, что у предприятия имеется ряд проблем по очистке производственных стоков. В частности было отмечено, что происходит загрязнение окружающей среды г. Туапсе производственными стоками.

Также было выявлено то, что используемая методика очистки производственных стоков нуждается в доработке.

В связи с этим, в следующей главе рассмотрим возможные пути модернизации схемы очистки производственных стоков с использованием физико-химических способов очистки на предприятии МУП «ЖКХ города Туапсе».

3 Пути модернизации схемы очистки производственных стоков с использованием физико-химических способов очистки на предприятии МУП «ЖКХ города Туапсе»

3.1 Общие направления использования современных способов очистки производственных стоков на предприятии

Общие текущие мероприятия по снижению массы сброса загрязняющих веществ и повышения эффективности работы ОСК:

1. Сети канализации: замена ветких городских хозфекальных сетей канализации по городу. Капитальный ремонт и замена технологического оборудования канализационных насосных станций.

2. Глубоководный выпуск: капитальный ремонт при эксплуатации морского глубоководного выпуска очищенных стоков.

3. ОСК: капитальный ремонт технологического оборудования городских очистных сооружений.

Если рассматривать возможность применения в деятельности МУП «ЖКХ города Туапсе» современных физико-химических способов очистки производственных стоков, то в настоящее время все большее значение приобретают сорбенты природного происхождения. Сорбентами природного происхождения, вода обрабатывается следующим образом: вода смешивается с сорбентом и потом разделяется или же просто пропускается через слой сорбента. У каждого из способов есть как недостатки, так и положительные стороны. Например, при пропускании воды через сорбент, отсутствует необходимость отделения сорбента, который был отработан.

При этом отрицательным моментом в этом способе является большое гидравлическое давление из-за плохой пропускной способности сорбентного слоя. Данную нагрузку снижают с использованием сорбентов фракции грубого помола. Отсюда вытекает недостаток этого метода – низкая эффективность из-за небольшой площади гранула сорбера [6, с. 257].

На начальном этапе приготовления природных сорбентов, происходит

образование продукта в порошкообразном виде, которые необходимо промывать. При этом, это происходит в независимости от конечной фракции сорбента. Поэтому возникает дополнительная стадия для очищения воды от сорбента мелкой фракции.

Второй метод с положительной стороны характеризуется тем, что может обеспечить максимум контакта между фазами очистки. Эта особенность приводит к максимальному раскрытию способностей сорбента и высокому КПД процесса. Также здесь существует отрицательный аспект в виде необходимости отделения сорбента, который уже отработан, от чистой воды. Данная методика активно используется для очистки промышленных стоков предприятий химической, металлургической и машиностроительной отраслей.

В настоящее время, к современным способам очистки производственных стоков относят технологии гальванокоагуляции.

Метод гальванокоагуляции позволяет производить очистку стоков от ионов тяжелых металлов. Данный метод основан на очищении воды за счет электродов с разными электрохимическими потенциалами. В результате появления гальванического покрытия между элементами с различными электрохимическими потенциалами осуществляется данный процесс очистки. Применение гальванокоагуляции находит свое место на некоторых производственных предприятиях [19, с. 42].

Установки гальванокоагуляции состоят в основном из активированного угля, которому принадлежит роль плюсовому металлическому элементу гальванопокрытия в этом процессе. Гальванокоагуляция осуществляется в момент, когда промышленные стоки контактируют с загрузкой. Данный процесс протекает при помощи такого явления как взаимодействия веществ с различными электрохимическими потенциалами в электропроводящей среде. За счет веществ образуется коротко замкнутая гальванопара, в качестве анода в которой служит вещество с наименьшим электрохимическим потенциалом по отношению к катоду - другому веществу. Положительные аспекты этой

методики в сравнении реагентами обычного плана заключаются в том, что практические не используются реагенты химического плана. Происходит значительное уменьшение содержания солей в стоках, при этом не повышается его твердость. Также происходит хороший отток сточных вод из осадка, при этом потребляется незначительное количество электричества [9, с. 15].

В настоящее время среди новейших технологий и методов по очистке производственных стоков существует плазменный метод. Метод основан на идее по обработке сточных вод содержащихся в них органических и неорганических веществ плазмой тлеющего разряда в пленочном режиме и их протекание через вертикальный реактор непрерывного действия с коаксиально расположенным анодом. В связи с тем, что плазма тлеющего разряда является направленным движением заряженных частиц, в сточные воды интернируют заряженные доли, с высокой энергией (около 100eV), данный процесс служит серьезным фактором для разрушения и дестабилизации молекул субстрата и самого растворителя.

В качестве новых способов также проводилось изучение использования метода для очистки производственных стоков, загрязненных неионогенными анионоактивными и оксиэтилированными поверхностно-активными веществами, тяжелыми металлами, бактериологическими загрязнителями и радионуклидами. Достигалось качество очистки от бактериологических загрязнителей до 100%, от поверхностно-активных веществ до 95%, от радионуклидов и тяжелых металлов до 90%. Эта методика применяется на очистных сооружениях атомных электростанций, для очищения станций дезактивации истоков спецрабочих [5, с. 76].

Наиболее изученными являются методы, которые основаны на каталитическом мокром окислении. Процесс очистки производственных стоков при такой схеме выглядит следующим образом. Стоки от промышленных предприятий примешивают с воздухом, который подается под давлением через компрессорную станцию и далее через насос перекачивают в теплообменник. В теплообменнике происходит нагревание полученной смеси за счет тепла от

очищенных стоков. Далее очищенная вода попадает в печь, где происходит нагрев до требуемой температуры, и далее подается в реактор, в котором, осуществляется экзотермический процесс окисления. Продукты окисления (зола, пар, газы), а также образовавшаяся чистая вода из реактора подается в сепаратор, где осуществляется выделение газов от воды. Продукты окисления (газ, пар) направляют на снижение тепла, а золу и чистую воду – в теплообменник, в котором происходит отдача оставшегося тепла смеси стоков с воздухом. Из-за большого содержания веществ органического характера в производственных стоках возникает значительное выделение тепловой энергии, что приводит к тому, что не требуется дополнительный подогрев воды в печи и теплообменнике, только для пуска на первом этапе.

Также при использовании данной методике каталитического мокрого окисления кислородом отсутствуют расходы на реагенты. При этом к минусам можно отнести то, что требуются ресурсы на поддержание рабочего состояния аппаратуры высокого давления. И на начальном этапе, когда происходит нагрев воды, происходит большое потребление электричества.

В настоящее время также иногда находят применение методы озонирования стоков. Окисление озоном позволяет удалить запахи, обесцветить, обеззаразить загрязненные стоки. Озон легко распадается с образованием атомарного кислорода, который оказывает окислительное воздействие на органику, уничтожает вирусы, споры, бактерии, повышает органолептические свойства воды. Использование методов озонирования не предполагает сложных процессов, что является положительным аспектом, т.к. это уменьшает трудозатраты и снижает количество процессов при очистке стоков. В сравнении с хлором, озон более сильный окислитель. По многим параметрам, озон лучше обеззараживает воду, чем хлор, например, воздействует на споровые формы бактерий до 600 раз сильнее, также действие хлора при воздействии на вегетативные формы бактерий озон до 20 раз эффективнее. Если будет избыток озона, он не денатурирует воду, в сравнении с хлором. При этом у озона существует противовирусное действие. Щелочные

параметры, минералы, показатели рН при воздействии озона не меняются. Озонирование позволяет проводить анализ и комплекс аналитических мероприятий по оценке эффективности очистки. Поэтому применение методов озонирования является перспективным среди прочих методов очистки производственных стоков.

К новым направлениям в очистке производственных стоков можно причислить фотокаталитический метод. Основу метода составляет присутствие катализаторов, которые выполнены из полупроводниковых материалов, в которых электроны находятся в связанном и свободном состояниях. Чаще всего, данная методика используется при очищении производственных стоков в отстойниках или других накопительных баках.

Например, данный способ применяется для обезвреживания пестицидов. Добавление катализаторов в раствор приводит к тому, что солнечный свет, воздействуя на раствор, приводит к разложению пестицидов и для этого не требуется искусственный свет [3, с. 15].

Среди новых методов также выделяют явление кавитации. Специалистами доказано, что кавитационные эффекты оказывают влияние на микроорганизмы, которые присутствуют в воде. Кавитация, как правило, применяется не отдельно, а как один из дополнительных этапов для очистки производственных стоков. К примеру, стоки мясоперерабатывающей промышленности очищаются с использованием кавитационно-флотационного процесса.

Флотация является сопутствующим процессом при процессе кавитации. При этом, флотационные процессы осуществляются без необходимости использования ресурсов для диспергирования газа. В отличие от обычного процесса флотации, газы, которые вызывают флотационные процессы, выделяются одновременно с осуществлением предыдущей стадии кавитационной обработки производственных стоков. Эффективность очищения производственных стоков при данной методике достигает до 85%. Благодаря кавитации существует возможность опреснения и очистки морской воды,

которую потом можно использовать в пищу, а также появляется возможность деструктуризации сложных органических молекул нефтепродуктов.

Таким образом, рассмотрев современные тенденции в способах очистки производственных стоков, изучим возможность использования некоторых из них на практике в деятельности МУП «ЖКХ города Туапсе».

3.2 Разработка схемы очистки производственных стоков с использованием флотационной установки

С учетом действующего оборудования механической очистки МУП «ЖКХ города Туапсе» был выбран напорный метод флотации.

На предприятии МУП «ЖКХ города Туапсе» действуют 4 первичные отстойники радиального типа, ёмкостью по 5000м³. Для уменьшения загрязнения производственных сточных вод тяжелыми металлами, нефтепродуктами и АПАВ рекомендуется провести реконструкцию 2-х первичных отстойников в напорные флотаторы с возможностью использования коагулянта.

На рисунке 3.1 отражена примерная схема рекомендованной флотационной установки.

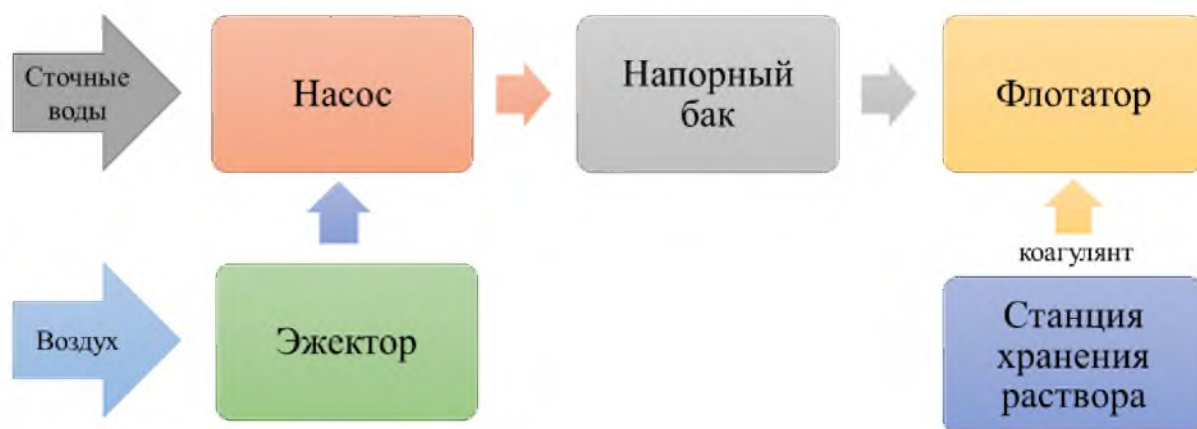


Рисунок 3.1 – Примерная схема рекомендованной флотационной установки

Воздух растворяется в воде под избыточным давлением до 0,5 Мпа.

От установок механической очистки проходит трубопровод через насосы, где при использовании эжектора производственные стоки насыщаются воздухом. Далее полученная водо-воздушная смесь около 10 минут отстаивается в напорном баке, и уже далее отправляется во флотационную установку.

В данный трубопровод подается раствор коагулянта сразу после станции, где приготовился раствор. В результате чего во флотационной установке происходят одновременно 2 процесса – коагуляция и флотация.

Благодаря центральной распределительной колонне по всему объему флотатора смесь распределяется равномерно. Снижается давление, что приводит к образованию пузырьков воздуха и непосредственно сам процесс флотации - разделения примеси и воды.

Взвешенные вещества в виде хлопьев захватываются при помощи воздуха и поднимаются на водяную поверхность и образуют 1 фазу - слой флотошлама. Всплывающие вещества и пена собираются при помощи полупогруженной доски действующей в первичном отстойнике полупогруженной доской, она подвешена на ферме скребкового механизма, и далее удаляются в жироборники, откуда плунжерным насосом по мере накопления скачиваются для сбрасывания в метантенки.

Фаза 2 - вода без загрязнений собирается в кольцевой трубе постоянной скорости. Из флотатора вода самотеком проходит через регулируемый перелив стакан в стакане, который установлен во флотатора на наружной стенке. При помощи этого перелива существует возможность регулировки уровня во флотаторе.

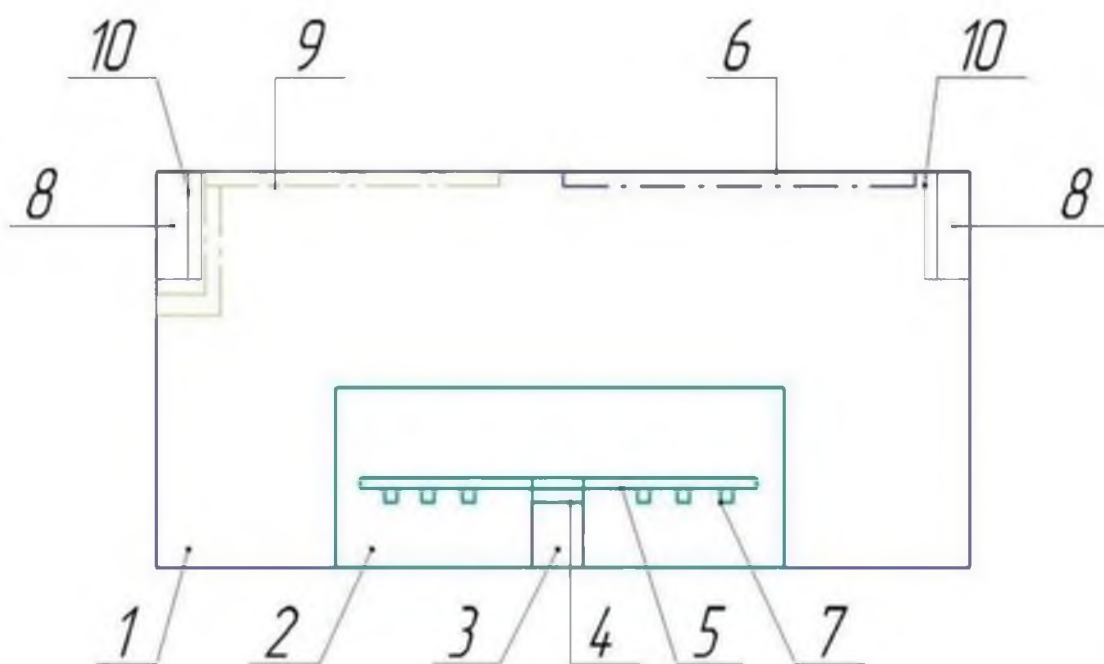
Производственные стоки в осветленном виде сливаются через круговой водослив, который установлен по окружности отстойника в сборный лоток, и уже далее поступают на станции биологической очистки.

Фаза 3 – образуется донный осадок во флотаторе за счет части взвешенных частиц по разным причинам (нехватка растворенного воздуха,

неразвитая поверхность из-за малого количества флокулянта). Осевший осадок собирается с использованием донного скребка в приямок, и уже далее при помощи плунжерного насоса переносится в метантенки для сбраживания.

Конструктивная особенность флотатора оказывает влияние на эффективность флотационных процессов. Распределения стока в данной схеме самая значимая система. Наибольшую эффективность имеют флотаторы, которые оснащены вращающимся водораспределителем типа Сегнера колеса.

На рисунке 3.2 показан водораспределитель.



1 - отстойная камера; 2 - флотационная камера; 3 - подвод воды; 4 - вращающийся водораспределитель; 5 - водораспределительные трубы; 6 - скребок; 7 - выходные патрубки; 8 - сборный лоток для очищенной воды; 9 - желоб для всплывающих взвешенных веществ и пены; 10 - кольцевая перегородка.

Рисунок 3.2 – Предлагаемая флотационная установка

Представленный водораспределитель представляет собой вращающуюся пенту, к которой приварены водораспределительные трубы с несколькими фланцами, служащие для присоединения патрубков. Для равномерного распределения воды по площади флотатора выходные патрубки привариваются к трубе под углом 45-60°.

При выходе воды из патрубков возникает реактивная сила, с помощью которой вращается водораспределитель, что приводит к равномерному

распределению воды во флотационной установке. Коагулянтом может выступать трихлорид железа, который представляет собой первичный коагулянт на основе трехвалентного железа (Fe^{3+}).

Также, рассмотрим возможные дополнительные предложения.

Как уже было сказано ранее, через ОСК МУП «ЖКХ г. Туапсе» осуществляют сброс производственных стоков крупные предприятия нефтехимической промышленности г. Туапсе (ООО «РН –Туапсинский НПЗ», ООО «РН-Туапсенефтепродукт»), то в связи с этим также предлагается усовершенствование очистки нефтесодержащих стоков.

Очистка нефтесодержащих производственных стоков с высоким водородным показателем ($ph > 8$), возможно в случае использования технологической схемы установки анодного окисления.

Монтаж установки анодного окисления производится в начале очистного комплекса, что приводит к частичному окислению веществ органического происхождения до малорастворимого состояния.

Помимо этого, происходит окисление комплекса металлов и переход металлов в высшее гидроокисное (к примеру, $Fe(II)$ в $Fe(OH)_3$). Карбоксилсодержащие органические вещества, которые получились в результате процесса окисления осаживаются (хемасорбируются) гидроокисью алюминия или коагулянтом (железо) значительно эффективнее, чем не окисленные.

В практике деятельности данный аспект приводит к увеличению качества производимых очистных мероприятий в несколько раз, позволяя значительно уменьшать объем применяемых реагентов, что в конечном итоге приводит к снижению затрат на дальнейшую очистку производственных стоков.

Рассмотрим особенности установки анодного окисления.

Установка анодного окисления состоит из: ёмкости с выходным и входным штуцерами, из нерастворимых электродов, которые находятся внутри ёмкости.

Сточная вода из емкости подается насосом в нижнюю часть установки анодного окисления на комплект нерастворимых электродов. От выпрямителя на электроды подается рабочее напряжение, что приводит к электролизу воды. При этом на аноде происходит выделение атомарного кислорода, а на катоде выделяется водород.

В результате атомарного кислорода происходит частичное окисление органических веществ, которые плохо коагулируются (альдегиды, спирты, неионогенные ПАВ, полигликоли).

Помимо этого, происходит разрушение комплексов тяжелых металлов с дальнейшим окислением, которые растворены в сточной воде, например, оксалатных, аммиачных, трилона-Б и др.

На рисунке 3.3 приведен пример установки анодного окисления.



Рисунок 3.3 – Установка анодного окисления

Изучив основные пути модернизации схемы очистки производственных стоков с использованием физико-химических способов очистки на предприятии МУП «ЖКХ города Туапсе», рассмотрим затраты, которые возникнут в связи с реконструкцией очистных сооружений.

В таблице 3.1 отразим стоимость флотационной установки и дополнительного оборудования.

Таблица 3.1 - Стоимость установки напорной флотации и вспомогательного оборудования, тыс. руб.

Наименование оборудования	Стоимость
Флотатор с системой растворения воздуха АДТ	4550
Станция для приготовления и дозирования реагента	769
Трубный коагулятор	349
Шламовая ёмкость	580
Насосное оборудование	450
Буферная ёмкость	507
Комплект трубопроводов и запорной арматуры обвязки оборудования	790
Всего:	7995

По данным нескольких предприятий, средняя стоимость монтажных работ составит 1599 тыс. руб. А стоимость пусконаладочных работ: 550 тыс. руб.

Таким образом, общие затраты на флотационную установку и ее монтаж составят 10144 тыс. руб.

Также учитывая, что было предложено дополнительное оборудование, то также рассчитаем стоимость его внедрения в деятельность МУП «ЖКХ города Туапсе».

В таблице 3.2 отражена стоимость безнапорных фильтров.

Таблица 3.2 - Стоимость безнапорных фильтров, тыс. руб.

Наименование оборудования	Стоимость
Фильтр с механической и сорбционной загрузкой	670
Комплект трубопроводов и запорной арматуры	130
ИТОГО:	800

При этом стоимость монтажных работ составит 160 тыс. руб. А цена пусконаладочных работ будет 80 тыс. руб. Всего на данное дополнительное

оборудование затраты составят: 1040 тыс. руб.

Также рассмотрим стоимость установки анодного окисления.

Таблица 3.3 - Стоимость установки анодного окисления, тыс. руб.

Наименование оборудования	Стоимость
Установка анодного окисления (комплект с выпрямителем)	2450
Комплект трубопроводов и запорной арматуры	230
ИТОГО:	2680

Стоимость монтажных работ по данному мероприятию составит 536 тыс. руб., а стоимость пусконаладочных работ обойдется в 268 тыс. руб.

Таким образом, общая стоимость установки анодного окисления с монтажом и пуском составит 3484 тыс. руб. Общие затраты на все предлагаемые мероприятия составят 14668 тыс. руб.

Подводя итог главы, можно заключить, несмотря на значительные расходы на модернизацию системы очистки производственных стоков МУП «ЖКХ города Туапсе» с использованием физико-химических способов очистки, получится значительно улучшить качество очистки стоков, что в будущем положительно скажется не только на экологической обстановке в г. Туапсе, но и предприятие повысит свою социальную ответственность перед обществом.

Заключение

Подводя итог работы, необходимо сделать ряд выводов.

В зависимости сферы образования производственных стоков, а также от их характеристик, интенсивности загрязнений существует большое количество методов для их обработки, в том числе и физико-химические, среди которых выделяют: коагуляцию, флокуляцию; экстракцию; ионообмен; сорбцию; электролиз; флотацию и т.д.

Анализ существующей схемы очистки производственных стоков на предприятии МУП «ЖКХ города Туапсе» позволил сделать следующие выводы.

Муниципальное унитарное предприятие «Жилищно-коммунального хозяйства города Туапсе» (МУП «ЖКХ города Туапсе») находится по адресу: г. Туапсе, Привокзальный тупик, 1.

МУП «ЖКХ города Туапсе» занимается отведением обеззараженных и очищенных бытовых, хозяйственных и промышленных сточных вод после очистных сооружений.

Предприятие до 21.04.2005 г. именовалось МУП «Туапсеводоканал». С 21.04.05г. организовано предприятие МУП муниципального образования города Туапсе «ЖКХ города Туапсе», куда вошли все предприятия, предоставляющие услуги ЖКХ.

Основной вид деятельности предприятия - обеспечение водоснабжением населения и очистка сточных вод городской канализации.

Система водоотведения г. Туапсе включает 90 км канализационных сетей, а также насосные станции перекачки сточных вод.

Сброс очищенных сточных вод после ОСК МУП «ЖКХ г. Туапсе» производится по глубоководному выпуску. Данный выпуск числится на балансе МУП «ЖКХ г. Туапсе». Данный выпуск принимает сточные воды и сбрасывает в море, в том числе от таких крупных предприятий как ОАО «НК «Роснефть-Туапсинский НПЗ», ОАО «НК «Роснефть» - Туапсенефтепродукт» и ООО

Фирма «Нафта (Т)». Общий фактический объем стоков составляет – 12 млн 439 тыс. м³/год.

Так как глубоководный выпуск находится на балансе МУП «ЖКХ г. Туапсе», то через него транзитом проходят сточные воды еще других предприятий с определенным качеством и количеством загрязняющих веществ.

Среднегодовые показатели качества очищенных сточных вод ООО «РН-Туапсинский НПЗ» за период 2019-2020 гг. показывают, что наибольшую концентрацию в сточных водах имеют взвешенные вещества. Также параметры биохимического потребления находятся в пределах 11,6 мг/л. Далее следует азот аммонийный и другие вещества. Наибольшую концентрацию в сточных водах основных предприятий-загрязнителей, имеют взвешенные вещества.

Очистные сооружения МУП «ЖКХ г. Туапсе» включают следующие этапы очистки сточных вод: механическая очистка, биологическая очистка, обработка осадка - обезвоживание на фильтр-прессах и иловых площадках, вспомогательные здания. Проектная производительность очистки сточных вод ОСК МУП «ЖКХ г. Туапсе» - 52000 м³/сутки.

Несмотря на хорошие показатели работы и эффективность очистки (выше 90%) очистных сооружений МУП «ЖКХ г. Туапсе» на практике возникают проблемы с очисткой производственных стоков. Самой большой проблемой является фактическое состояние глубоководного трубопровода, который расположен возле Южного мола порта Туапсе. Проведенное исследование показывает его неудовлетворительное состояние.

Поэтому используемая методика очистки производственных стоков нуждается в доработке.

В качестве общих текущих мероприятий по снижению массы сброса загрязняющих веществ и повышения эффективности работы ОСК предлагается ряд мероприятий: замена ветхих городских сетей канализации. Капитальный ремонт и замена технологического оборудования очистных сооружений. Капитальный ремонт морского глубоководного выпуска очищенных стоков.

Помимо этого, для уменьшения загрязнения производственных сточных

вод тяжелыми металлами, нефтепродуктами и АПАВ рекомендуется провести реконструкцию 2-х первичных отстойников в напорные флотаторы с возможностью использования коагулянта.

Конструкция данного водораспределителя представляет из себя вращающуюся пяту, с приваренными к ней водораспределительными трубами с несколькими фланцами служащими для присоединения патрубков.

Через ОСК МУП «ЖКХ г. Туапсе» осуществляют сброс производственных стоков крупные предприятия нефтехимической промышленности г. Туапсе, то в связи с этим также предлагается усовершенствование очистки нефтесодержащих стоков. Очистка нефтесодержащих производственных стоков с высоким водородным показателем ($\text{pH} > 8$), возможно в случае использования технологической схеме установки анодного окисления.

Общие затраты на флотационную установку и ее монтаж составят 10 млн 144 тыс. руб.

Стоимость безнапорных фильтров с учетом монтажных работ составит 1 млн 40 тыс. руб. А общая стоимость установки анодного окисления с монтажом и пуском составит 3 млн 484 тыс. руб.

Общие затраты на все предлагаемые мероприятия составят 14668 тыс. руб.

Несмотря на значительные расходы на модернизацию системы очистки производственных стоков МУП «ЖКХ города Туапсе» с использованием физико-химических способов очистки, получится значительно улучшить качество очистки стоков, что в будущем положительно скажется не только на экологической обстановке в г. Туапсе, но и предприятие повысит свою социальную ответственность перед обществом.

Список использованной литературы

1. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 02.07.2021) // Собрание законодательства Российской Федерации. - 2006. №23. - ст. 2381.
2. Ардуанова, А.М., Глушанкова, И.С., Рейфедерст, В.И. Применение метода напорной флотации для очистки сточных вод целлюлозно-бумажного производства // Химия. Экология. Урбанистика. - 2021. - №21. - С. 202-206.
3. Бабенко, В.Г., Першин, И.М., Оробинская, В.Н. Напорная флотация - ресурсосберегающая технология рационального использования природного минерального сырья и водных ресурсов // Современная наука и инновации. - 2019. - № 4. - С. 15-23.
4. Бокиев, Б.Р., Хужаев, П.С., Шарипов, Ш.К., Муродов, П.Х. Сорбционный метод очистки производственных сточных вод // Бюллетень науки и практики. 2018. - № 7. -С. 203-209.
5. Бусарев, А.В., Селюгин, А.С., Лисенков, Р.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий железнодорожного транспорта методом напорной флотации // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. - 2021. - № 2. - С. 76-83.
6. Вертинский, А.П. Физико-химические методы очистки сточных вод: проблемы, современное состояние и возможные пути совершенствования // Инновации и инвестиции. - 2019. - № 11. - С. 257-261.
7. Дудоров, В.Е., Хисматулина, Д.Н., Исхакова, Э.Р. Методы очистки сточных вод, виды очистных сооружений и инновации в области очистки сточных вод // Наука среди нас. - 2019. - № 4. - С. 43-48.
8. Золотов, А.В., Лисовский, В.А., Багреева, И.С., Слепова, Е.В. Основные способы очистки нефтепродуктосодержащих производственных сточных вод // ScienceTime. - 2019. - № 8. - С. 42-54.
9. Зубарева, Г.И., Черникова, М.Н. Технологические схемы глубокой очистки нефтесодержащих сточных вод с применением метода напорной

флотации // Экология и промышленность России. - 2018. - № 10. - С. 15-17.

10. Карсунцева, Н.Ю. Физико-химический способ и технология очистки фенолформальдегидных сточных вод // Безопасность труда в промышленности. - 2019. - № 2. - С. 34-36.

11. Корнева, Д.А., Куров, Л.Н. Адсорбционная очистка - эффективный метод очистки сточных вод и подготовки воды для хозяйственно - питьевого водопользования // Успехи современного естествознания. - 2018. - № 7. - С. 129-130.

12. Селицкий, Г.А. Электрокоагуляционный способ очистки хромсодержащих сточных вод // Водоснабжение и канализация. - 2017. - № 1-2. - С. 50-54.

13. Стрелков, А.К., Теплых, С.Ю., Быстранова, А.О. Современные методы очистки масложиродержащих сточных вод // Градостроительство и архитектура. - 2019. - № 4. - С. 61-65.

14. Тресцов, Р.В., Алибеков, С.Я., Маряшев, А.В., Сальманов, Р.С. Повышение качества предварительной очистки сточных вод промышленных предприятий // Вестник Казанского технологического университета. - 2019. - № 11. - С. 92-94.

15. Ульрих, Е.В., Берлинтейгер, Е.С. К вопросу об очистке нефтесодержащих сточных вод физико-химическими методами // Экология и промышленность России. - 2019. - № 3. - С. 40-43.

16. Умарова, М.Р., Малова, В.Ю., Сагдуллаев, М.М. Физико-химические способы очистки сточных вод // Студенческий вестник. - 2020. - № 24. - С. 15-17.14

17. Федотова, Ю.В., Спицын, А.А. Очистка сточных вод лесохимических производств // Евразийский союз ученых. - 2019. - № 12. - С. 46-51.

18. Филатова, Е.Г. Обзор технологий очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, основанных на физико-химических процессах // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. - 2018. - № 2. - С. 97-109.

19. Финоченко, Т.А., Финоченко, В.А., Рудиков, Д.А., Шульга, Т.Г.

Исследование нетрадиционных способов очистки промышленных сточных вод
// Инженерный вестник Дона. - 2019. - № 8. - С. 42-44.

20. Фукс, С.Л., Хитрин, С.В., Василевич, А.Д., Тетесова, А.А.,
Пшеничникова, Л.Н., Наговицына, О.А. Разработка методов очистки сточных
вод машиностроительных и химических производств // AdvancedScience. - .
2017. - № 2. - С. 11-12.

21. Прокуратура сочла коммунальщиков ответственными за загрязнение
реки Туапсе [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kavkaz-uzel.eu/articles/362022/> (дата обращения 20.09.2021).

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ

Наименование показателя	Ед. изм.	ПДК
Взвешенные вещества	мг/дм ³	300
БПК ₅	мг/дм ³	300
ХПК	мг/дм ³	500
Азот общий	мг/дм ³	50
Фосфор общий	мг/дм ³	12
Нефтепродукты	мг/дм ³	10
Хлор и хлорамины	мг/дм ³	5
Соотношение ХПК:БПК ₅		2,5
Фенолы	мг/дм ³	5
Сульфиды	мг/дм ³	1,5
Сульфаты	мг/дм ³	1000
Хлориды	мг/дм ³	1000
Алюминий	мг/дм ³	5
Железо	мг/дм ³	5
Марганец	мг/дм ³	1
Медь	мг/дм ³	1
Цинк	мг/дм ³	1
Хром общий	мг/дм ³	0,5
Хром шестивалентный	мг/дм ³	0,05
Никель	мг/дм ³	0,25
Кадмий	мг/дм ³	0,015
Свинец	мг/дм ³	0,25
Мышьяк	мг/дм ³	0,05
Ртуть	мг/дм ³	0,005
Водородный показатель (рН)	единиц	6-9
Температура	°С	+40
Жиры	мг/дм ³	50
Летучие органические соединения (ЛОС) (в том числе толуол, бензол, ацетон, метанол, бутанол, пропанол, их изомеры и алкилпроизводные по сумме ЛОС)	мг/дм ³	20
СПАВ неионогенные	мг/дм ³	10
СПАВ анионные	мг/дм ³	10
Полихлорированные бифенилы (сумма ПХБ)	мг/дм ³	0,001