

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

Институт химии и инженерной экологии

(наименование института полностью)

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»
(наименование кафедры)

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии

(код и наименование направления подготовки, специальности)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Применение локальных очистных установок на предприятии
деревообрабатывающей промышленности

Студент	<u>А.Е. Усольцева</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>Е.П. Загорская</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультант	<u>Н.В. Яценко</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.п.н., доцент М.В. Кравцова _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)(личная подпись)

« _____ » _____ 2018г.

Тольятти 2018

Аннотация

Работа изложена на 44 страницах, содержит 7 таблиц, 7 рисунков, список литературы включает в себя 27 источников.

Объектом дипломной работы была сточная вода деревообрабатывающих предприятий.

Цель работы – улучшение качества очистки сточной воды деревообрабатывающих предприятий.

В литературном обзоре подробно рассказывается о проблемах с экологией из-за недостаточной очистки промышленных сточных вод. Описываются виды загрязнений, а так же последствия этих загрязнений. Показаны различные методы очистки сточной воды.

В экспериментальной части описана методика очистки сточной воды различными реагентами, для улучшения качества сточной воды сбрасываемой с деревообрабатывающих предприятий. Так же показана зависимость степени очистки сточной воды от продолжительности очистки.

В главе по разработке улучшения методов очистки сточных вод предложен метод установки дополнительного оборудования перед последующей очисткой сточной воды, для улавливания древесного волокна.

Abstract

The graduation work consists of an explanatory note on 44 pages, introduction, including 7 figures, 7 tables, the list of 27 references, including 5 foreign source.

The object of the graduation work is the wastewater of woodworking enterprises.

The aim of the work is to improve the quality of wastewater treatment of woodworking enterprises.

The work considers details the problems of the bad treatment of industrial wastewater. The types of pollution are described, as well as the consequences of these contaminants. Various methods of wastewater treatment are shown.

In the experimental part, the technique of wastewater treatment by various reagents is described, to improve the quality of waste water discharged from woodworking enterprises. The dependence on the wastewater treatment degree from the duration of treatment is also shown.

In the part about the development of improved methods for wastewater treatment, the method of installing additional equipment before the subsequent treatment of wastewater is proposed.

Оглавление

Введение	6
Глава 1 Литературный обзор	7
1.1 Общие сведения	7
1.2 Загрязнение окружающей среды сточными водами деревообрабатывающих предприятий	8
1.2.1 Химическое загрязнение воды	9
1.2.2 Физическое загрязнение воды	9
1.2.3 Тепловое загрязнение воды	9
1.2.4 Загрязнение вод растворенными и взвешенными веществами	10
1.3 Методы очистки сточных вод деревообрабатывающих предприятий	11
1.3.1 Химические методы очистки сточных вод	11
1.3.2 Биохимические методы очистки	12
1.3.3. Биологические методы очистки	13
1.3.4 Физико-химические методы очистки	16
1.3.5 Механические и физические методы очистки	16
1.3.6 Отстаивание или гравитационная очистка	17
1.3.7 Процеживание	17
1.3.8 Фильтрование	17
1.3.9 Флотация	18
1.4 Очистка стоков предприятий	19
1.5 Санитарные требования к промышленным стокам	19
1.6 Сооружения по очистке воды и их виды	20
Глава 2 Экспериментальная часть	22
2.1 Окислительная деструкция	23

2.1.1 Кислород воздуха с пероксидом водорода	23
2.1.2 Пероксид водорода с трехвалентным железом	24
2.1.3 Добавление карбамида в сточные воды	26
Глава 3 Разработка способов повышения степени очистки сточных вод	27
3.1 Биотестирование на токсичность	30
3.1.1 Метод биотестирования	31
3.1.2 Характеристики дафний (<i>Daphniamagna</i>)	31
3.1.3 Характеристики тест объекта хлореллы (<i>Chlorophyta</i>)	31
3.1.4 Анализ на токсичность с использованием дафний	32
3.1.5 Анализ на токсичность с использованием хлореллы	34
3.2 Расчёт материального баланса	35
3.3 Выводы по работе	39
Заключение	41
Список используемых источников	42

Введение

Объектом исследования в данной работе была сточная вода деревообрабатывающего предприятия.

Целью исследования в настоящей работе является улучшение качества очистки сточной воды с деревообрабатывающих предприятий от формальдегида, смол, взвешенных частиц, а так же древесного волокна при помощи флотационного метода очистки.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач:

1. Провести экспериментальный контроль влияния концентрации разных веществ на степень очистки сточной воды.
2. Определить наиболее подходящие соотношения веществ для очистки сточной воды.
3. Рассмотреть влияние установки для улавливания древесного волокна, на степень очистки сточной воды.
4. Сделать выводы о проделанной работе.

Актуальность - в настоящее время сточные воды с деревообрабатывающих предприятий очень сильно загрязняют воды, в которые сбрасываются стоки предприятий, из-за этого многие водоемы утрачивают свою способность самоочищаться, поэтому необходимо улучшить очистку сточных вод, для восстановления водных ресурсов.

Глава 1 Литературный обзор

1.1 Общие сведения

Вода это один из важнейших природных ресурсов и незаменимый компонент жизнедеятельности человека.

Большая часть водоемов, рек и озер является источником не только водоснабжения, но и бассейном для сброса хозяйственно-бытовых и промышленных стоков. Не всегда степень очистки сбрасываемых вод является достаточной для того, чтобы впоследствии вода могла использоваться в потреблении, вследствие чего гибнут водные организмы, растения, а так же животные и птицы.

Сбрасывать в окружающую среду воду с промышленных и бытовых стоков без предварительной очистки категорически нельзя, так как это может привести к настоящей экологической катастрофе.

В настоящее время природные воды уже настолько истощены и загрязнены, что происходит разрушение водных экосистем. Поэтому сейчас стоит задача восстановления водных ресурсов [1].

Сточная вода - вода, которая в процессе использования перестает соответствовать качеству первоначального источника, откуда она была взята. Такую воду нельзя использовать, а так же сбрасывать без специальной очистки.

Сточные воды содержат вещества, которых нет в первоначальном источнике и концентрация которых выше максимально допустимых значений. Из-за этого водоем не может самоочищаться полностью.

Сточные воды условно делятся на три группы:

- производственные - используются в технологических процессах;
- бытовые - выводятся из санитарных узлов, душевых производственных и непромышленных зданий;
- атмосферные - дождевые воды и воды в результате таяния снега.

По концентрации вредных веществ производственные сточные воды делятся на четыре группы:

1 - 500 мг / л. Это мало концентрированные сточные воды, которые выделены при промывке сетей, при мытье производственных помещений.

2 - 500-5000 мг / л. Это производственные сточные воды средней концентрации, образующиеся в бассейне оборотной воды (основное количество стоков);

3 - 5000-30 000 мг / л. Концентрированные сточные воды, образуются при размоле щепы и горячего прессования древесноволокнистого полотна;

4 - более 30 000 мг / л.

Так как с развитием технологий химический состав становится более разнообразным и агрессивным необходимо постоянно улучшать методы очистки сточных вод [2].

1.2 Загрязнение окружающей среды сточными водами деревообрабатывающих предприятий

Сточные воды содержат очень много растворимых и нерастворимых загрязнителей, из-за этого создать универсальный метод очистки и обезвреживания загрязнителей невозможно.

Поэтому на очистных сооружениях применяют различные методы очистки, каждый из которых очищает от того или иного вещества, а так же групп веществ.

Эти методы можно разделить на несколько групп:

- 1) Механические
- 2) Химические
- 3) Биологические и биохимические
- 4) Физико-химические

Каждый из этих методов очистки включает в себя несколько стадий, которые требуют применения определенных технических устройств, химикатов и биологически активных препаратов.

Существует несколько видов загрязнения сточных вод: химическое, физическое, биологическое и тепловое [3].

1.2.1 Химическое загрязнение воды

Помимо сточных вод в водоемы поступают вредные примеси органического и неорганического происхождения. Эти примеси вызывают химическое загрязнение воды.

Органические вредные вещества поступают в сточные воды с предприятий целлюлозно-бумажной и мебельной промышленности, заводов и цехов по производству ДВП (древесно-волокнистых плит) и ДСП (древесно-стружечных плит), клееной фанеры [4].

1.2.2 Физическое загрязнение воды

Физическое загрязнение водоемов означает, что в результате такого загрязнения меняются физические свойства воды, такие как прозрачность, температура, содержание взвесей и других нерастворимых примесей.

Основным физическим загрязнителем вод является пыль. Пыль переносится на значительные расстояния с помощью ветра и попадает в водоемы. Из-за твердых частиц резко снижается прозрачность воды, повышается мутность, вследствие чего подавляется процесс фотосинтеза водных растений [4].

Поверхностный смыв дождевой водой с деревообрабатывающих предприятий оказывает значительное влияние на попадание в водоемы суспензий, таких как песок, глина, стружка, ил, кора.

1.2.3 Тепловое загрязнение воды

Так как не всегда перед сбросом сточной воды с деревообрабатывающего предприятия эта вода охлаждается минимум до 40 градусов, возникает тепловое загрязнение водоемов.

Избыточное тепло, поступающее вместе с нагретыми сточными водами в водоемы, вызывает изменение микроклимата, а значит гибель флоры и фауны вокруг этих предприятий [4].

1.2.4 Загрязнение вод растворенными и взвешенными веществами

Загрязненность вод растворенными и взвешенными веществами в значительной мере определяется содержанием в воде древесины, пораженной дереворазрушающими грибами (до 15%). В пораженной древесине увеличивается число коротких волокон, длина которых в 1,4-1,8 раза меньше, чем у волокон здоровой древесины. Диаметр волокон гнилой древесины также меньше здоровой. В пораженной грибами древесине наблюдается гораздо большее содержание веществ, экстрагируемых горячей водой.

Нарушение режимов проклейки при производстве ДВП приводит к увеличению химических примесей и, соответственно, повышению их концентрации в стоках.

Основное загрязнение сточных вод в производстве ДВП создают взвешенные и растворенные органические вещества.

В стоках содержатся:

- волокна древесины.
- коллоидные вещества, в состав которых входят целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин.
- растворенные органические вещества (сахара, фурфурол, спирты, альдегиды, кислоты, красители, дубильные вещества).
- растворимые и нерастворимые химикалии (сульфат алюминия, парафин), применяемые при проклейки древесноволокнистой массы [5].

Деревообрабатывающие предприятия загрязняют окружающую среду древесной пылью, оксидом углерода, углеводородами, скипидаром.

Сточные воды мебельного производства загрязняют окружающую среду формальдегидом, парами растворителей и разбавителей, оксидом азота,

анилином, азотом, аммиаком, древесной и лакокрасочной пылью, фенолом, сероводородом [8].

Для сточных вод деревообрабатывающих предприятий характерны четыре вида примесей:

1) суспензии, эмульсии и патогенные микроорганизмы. Такие примеси приводят к мутности воды;

2) коллоидные растворы, которые обуславливают окисление и изменение цвета воды;

3) молекулярные растворы (растворенные в воде газы, растворители, разбавители). Молекулярные растворы вызывают неприятный вкус и запах;

4) ионные растворы (электролиты), которые приводят к минерализации воды [1].

1.3 Методы очистки сточных вод деревообрабатывающих предприятий

1.3.1 Химические методы очистки сточных вод

К этой категории очистки можно отнести также насыщение воды кислородом (озоном) и хлором с целью уничтожения опасных микробов. Ионизация (активизация) кислорода и нагнетание его в очищаемую воду сопровождаются быстрым окислением многих вредных примесей и выпадением их в виде хлопьев, которые затем удаляются из воды. Присутствие активного кислорода пагубно влияет на бактерии, грибки, вирусы.

Химические методы очистки основаны на применении химикатов, результатом чего становится один из трех процессов:

1. Нейтрализация: данный метод призван обезвреживать кислоты и щелочи путем преобразования их в безопасные вещества. С такими загрязнителями приходится иметь дело при очистке стоков промышленных

предприятий. При наличии и кислотных, и щелочных стоков, их можно нейтрализовать путем простого смешивания. Для нейтрализации кислотных вод применяют щелочные отходы, едкий натр, соду, мел и известняк. Для реализации данного метода на предприятиях устанавливают фильтры и различные устройства.

2. Окисление: окислению подвергают те виды загрязнений, которые невозможно обезвредить другими способами. В качестве окислителей применяют кислород, бихромат и перманганат калия, гипохлорит натрия и кальция, хлорную известь и другие реагенты.

3. Восстановление: с помощью данного метода можно обезвредить соединения хрома, ртути, мышьяка и некоторых других элементов, которые являются легковосстанавливаемыми. В роли реагентов выступают диоксид серы, гидросульфит натрия, водород и сульфат железа.

Обеззараживание очищенной воды осуществляют при помощи газообразного хлора или хлорной извести [6].

1.3.2 Биохимические методы очистки

При биохимическом методе очистки помимо химических реагентов применяют различные микроорганизмы, употребляющие органические загрязнения в качестве пищи.

Очистные станции, работа которых основана на биохимическом методе очистки, можно разделить на две группы:

1. Работающие в естественных условиях: водоемы (биопруды), либо «сухопутные» сооружения (поле орошения и поле фильтрации), в которых происходит почвенная доочистка стоков. Такие станции обладают низкой эффективностью, требуют больших площадей и сильно зависят от климатических факторов.

2. Работающие в искусственных условиях: создавая искусственным путем более комфортные для микроорганизмов условия, результативность очистки удастся значительно увеличить [7].

Сооружения работающие в искусственных условиях, делятся на три типа:

- А) аэротенки;
- Б) биофильтры;
- В) аэрофильтры.

1.3.3. Биологические методы очистки

При биологической очистке сточных вод используют соответствующие микроорганизмы для разложения вредных веществ, которые трудно поддаются или не поддаются химическому воздействию. Основным средством биологической очистки на ряде предприятий служит обычный осадочный ил, содержащий микробы. Для поддержания высокой активности ила (микроорганизмов) его периодически перемещают из рабочих аэротенков в особый бассейн, с водой, богато насыщенной кислородом.

В поисках эффективных и надежных средств и методов очистки сточных и загрязненных вод все чаще обращаются к биологическим методам, заимствованным у природы. К перспективным биологическим методам можно отнести очистку воды с помощью растений. Известно, что тростники, камыши, ирисы и некоторые другие растения поглощают такие неорганические загрязнители, как нитриты, фосфаты, металлы, а также органические весьма ядовитые фенолы. Растения отфильтровывают (задерживают) также мелкие частицы нерастворимых загрязнителей и, выделяя в воду кислород, способствуют жизни в ней рыб, моллюсков, разнообразных бактерий, которые в свою очередь работают как очистители.

Но метод очистки вод с помощью растений требует достаточно больших площадей для очистных сооружений, а зимой такая очистка невозможна. Но несмотря на это, этот метод может оказаться весьма эффективным.

Главным направлением экономии воды для производственных нужд и предотвращения загрязнения гидросферы является создание на предприятиях замкнутых оборотных систем водоснабжения, создание которых, как правило, дешевле крупных очистных сооружений. В замкнутых системах определенное количество воды, выполнив заданную функцию (например, охлаждения агрегатов), восстанавливается в первоначальных качествах, т. е. охлаждается, очищается от загрязнителей и повторно используется по назначению. В идеале этот цикл мог бы повторяться бесконечно. Но фактически потери воды главным образом от испарения достигают 5—10%. Как показывает опыт, расход воды на предприятиях с замкнутой системой водоснабжения резко снижается.

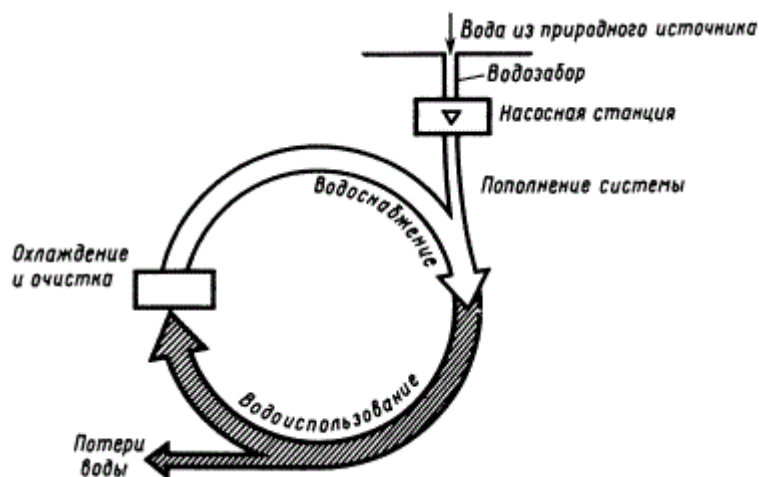


Рисунок 1 – Замкнутая оборотная система водоснабжения

Для переработки сточных вод, содержащих только органические загрязнения, применяют биологический метод. От биохимического он отличается отсутствием химикатов.

Для биологической очистки сточных вод наиболее производительными являются аэробные и анаэробные микроорганизмы. Если они работают в сооружении с искусственными условиями, либо в биопруду, в стоки приходится закачивать с помощью компрессора воздух.

Чтобы поднять степень биологической фильтрации, переработанные стоки подвергают доочистке. В большинстве случаев для этого применяют

фильтры с различными насадками, например песчаные фильтры, или так называемые контактные осветлители. Реже используют микрофильтры.

Если стоки содержат трудноокисляемые вещества, их можно отфильтровать с помощью активированного угля или другого сорбента. Также в качестве сорбента подходит озон, но его достаточно редко применяют в промышленности, для очистки сточных вод, так как он является достаточно дорогим сорбентом.

В ходе очистки биологическим методом вода избавляется от токсичных веществ. Но при нарушении или не соблюдении технологии очистки воды, эта вода может насытиться фосфором и соединениями азота.

Если такую воду сбросить в естественный водоем, эти элементы спровоцируют слишком быстрый рост среди водорослей (фосфор в количестве 1 мг обеспечивает появление 115-ти мг биомассы), что нежелательно для экосистемы водоема.

Для удаления азота применяют два способа:

1. Физико-химический: воду подвергают известкованию, за счет чего ее рН увеличивается до 9-10 единиц. Образующийся при этом аммиак выводят в градирнях при помощи отдувки воздухом.

2. Биологический

Биологический метод осуществляется поэтапно:

Сначала при помощи особых бактерий в аэротенке происходит нитрификация очищенной воды.

Далее жидкость поступает в емкость – денитрификатор, где бактерии разрушают молекулы нитритов и нитратов (выделяется молекулярный азот) путем отщепления от них необходимого для жизнедеятельности кислорода.

Для удаления фосфора в воду добавляют известь, а также соли алюминия или железа. Фосфор вступает в реакцию, в результате которой образуются выпадающие в осадок соединения.

1.3.4 Физико-химические методы очистки

К физико-химическим методам очистки относятся способы:

1. Коагуляция: в стоки добавляют особые реагенты – так называемые коагулянты и флокулянты. Их действие сопровождается различными эффектами: растворимые загрязнители могут превратиться в нерастворимые хлопья, удаляемые путем процеживания; опасные компоненты распадаются на безопасные; реакция сточных масс меняется, например, с кислотной на нейтральную.

2. Ионообменный метод: чаще всего применяется с целью умягчения воды. Суть метода состоит в замене «нежелательных» ионов (в случае умягчения – магния и кальция) «безобидными», например, натрия.

3. Флотация: метод очистки сточных вод направлен на выделение нефтепродуктов. В сточные массы подается воздух, образующий множество пузырьков. Частички нефтепродуктов имеют свойство прилипать к таким пузырькам, вследствие чего они оказываются на поверхности в виде пены. Ее можно удалить посредством специальных скребков либо путем поднятия уровня воды – при этом пена сама стечет в приемный лоток. Если загрязнители не обладают достаточной «прилипчивостью», ее стимулируют путем введения специальных реагентов.

Существует несколько разновидностей флотации: напорная, механическая, биологическая, пенная, пневматическая [8].

1.3.5 Механические и физические методы очистки

Механическая очистка воды: вода отстаивается в особых емкостях или наземных водохранилищах, а также пропускается через фильтры, которые задерживают твердые частицы, находящиеся во взвешенном состоянии и нерастворенные углеводороды.

Механическим способом избавляются от нерастворимых включений. В большинстве случаев эта стадия является предварительной и используется в сочетании с другими видами очистки [9].

1.3.6 Отстаивание или гравитационная очистка

В ходе отстаивания примеси с большей, чем у воды, плотностью собираются на дне, а легкие – всплывают. К легким примесям относятся многие примеси, характерные для стоков промышленных предприятий: масла (отстойник называют маслоуловителем), жиры (жироуловители), нефть (нефтеловушки) и смолы (смолоуловители). Ранее отдельные жироуловители применялись и для очистки бытовых стоков, но сегодня их функция возложена на особые устройства, которыми оснащаются отстойники.

Для удаления песка и других взвесей минеральной природы применяют особую разновидность отстойников — песколовки. Они могут быть трубчатыми, статическими и динамическими.

В силу особенностей технологии гравитационным методом очистки удастся выделить максимум 80% примесей, поддающихся такой обработке. В среднем это количество составляет всего 60% от общего объема нерастворенных примесей. Чтобы сделать отстаивание более эффективным, применяют такие методы, как осветление при помощи взвешенного фильтра, биокоагуляцию и преарэрацию (бывает с избыточным илом или без него) [10].

1.3.7 Процеживание

Для отсеивания крупных взвешенных частиц (плотность почти равна плотности воды) стоки процеживают через установленные на их пути решетки и сита.

1.3.8 Фильтрование

Метод аналогичен процеживанию, но направлен на удаление примесей более мелких фракций.

Вместо сит применяют тканевые, пористые или мелкозернистые фильтры.

Существуют специальные устройства – микропроцеживатели, представляющие собой оснащенный сеткой барабан. Отсеянные примеси смываются в бункер-уловитель струей воды, бьющей из специальных форсунок [11].

1.3.9 Флотация

Так же очень популярен метод флотации. Флотация - это извлечение загрязнений при помощи воздушных пузырьков. Флотационный процесс реализуется при помощи специальных аппаратов, в которых осуществляется насыщение жидкости газом, образование и удаление флотокомплексов [2].

Сущность метода напорной флотации заключается в том, что в обрабатываемую жидкость (сточную воду) подают воздух при помощи компрессора или эжектора, после чего смесь в течение 3-5 минут выдерживают в абсорбере под давлением 400-500 кПа для абсорбции (растворения) воздуха. Из абсорбера пересыщенная жидкость поступает во флотационную камеру, где за счет резкого падения внешнего давления (давление падает до атмосферного, плюс давление столба жидкости над точкой впуска водовоздушной смеси) воздух выделяется в виде мельчайших пузырьков, которые, закрепляясь на поверхности частиц, обеспечивают флотирование загрязнений [2].

Основными аргументами выбора данной установки является высокая степень очистки воды (96 – 99 %), простота эксплуатации, высокая надежность работы, малая продолжительность монтажа и пуска в эксплуатацию, без остановки основного оборудования; небольшие габаритные размеры и масса установки, что особенно важно в условиях уже действующего оборудования; кратковременность пребывания воды в установке (2 – 5 мин).

Организация очистки избыточной оборотной воды непосредственно в цехе, значительно снижает содержание взвешенных веществ в сточных водах, и, позволяет исключить существующую локальную очистку, а также

направить стоки производства ДВП в общий коллектор сточных вод предприятия и далее на очистные сооружения [12].

1.4 Очистка стоков предприятий

Сооружения очистки сточных вод размещаются так, чтобы жидкость методично проходила их в определенной последовательности. Изначально вода протекает в сооружения механической очистки. Там она отстаивается и совершается отсев более крупных нечистот. Потом проходит установки биохимической очистки, в которых отделяются более тонкие материки контаминаций. И завершает процесс обеззараживание воды.

По окончании очистительных манипуляций вода пригодна к повторному использованию или к спуску обратно в реки, а высушенный осадок можно употреблять в сельскохозяйственных нуждах [13].

1.5 Санитарные требования к промышленным стокам

Перед спуском производственных стоков в централизованную стоковую систему, они должны иметь определенный состав:

- 1) коэффициент биохимического потребления кислорода не должен быть выше, чем указано в проекте очистной установки, которую используют в канализационной сети;
- 2) промышленные стоки не должны вызывать перебои в работе стоковой системы;
- 3) температура стоков должна быть не выше 40°C;
- 4) коэффициент жесткости воды — между 6,5 и 9;
- 5) недопустимо содержание нечистот, которые приводят к засору трубопроводов и канализационных колодцев;
- 6) элементы, разрушающие трубопровод и другие составляющие системы очистки сточных вод, должны отсутствовать;

7) содержание не расщепленных взрывчатых газов и примесей, в том числе и загрязнения патогенные, вирусные и радиоактивные также должны отсутствовать;

8) не должно содержаться жестких, подверженных разрушению, поверхностно-активных субстанций;

9) коэффициент химического потребления кислорода не может быть выше коэффициента биохимического более чем в два с половиной раза.

Если стоки промышленности не проходят один или несколько пунктов требований, то на участке предприятия должна пройти пред-очистка стоковых вод.

Классификация методов очистки сточных вод подразумевает предочистку, включающую в себя:

А) Регулирование однородности стоковых жидкостей;

Б) Использование решеток, песколовок, резервуаров для отстаивания стоков, напорных гидроциклонов, центрифуг, флотации;

В) Флокуляция, электрокоагуляция;

Г) Контроль кислотности;

Д) Фильтрация.

Вторичная же – это ряд действий, которые также должны быть учтены.

1. Адсорбция, дегазация, удаление молекулярных примесей.

2. Нейтрализация ионных соединений.

3. Вторичная фильтрация, с целью дезинфекции от патогенных микроорганизмов и примесей, образовавшихся на других этапах.

4. Удаление органических примесей посредством биологической очистки [14].

1.6 Сооружения по очистке воды и их виды

Схемы очистки сточных вод подразумевают сооружения нескольких групп:

1) первичные сооружения фильтрующие крупные загрязнения, сооружения, обрабатывающие осадки, такие как метантенки и двухъярусный отстойник с площадками под ил;

2) биофильтры;

3) дезинфекционные сооружения.

Исходя из типов и способов очистки, выделяются такие виды очистных сооружений:

1) обобщенный вид сооружений, который используется для очистки канализационных стоков в городах;

2) устройство по очистке для предприятий;

3) автономные очистительные сооружения для частных домов и малых поселков;

4) ливневая канализация

Глава 2 Экспериментальная часть

Целью работы является улучшение способов очистки сточных вод деревообрабатывающих предприятий.

Для проведения эксперимента были взяты пробы сточных вод деревообрабатывающих предприятий в городе Гольягти, по лабораторным данным были получены следующие результаты:

Состав сточных вод характеризуется значением:

ХПК – 42 000 мг O²/дм³,

концентрацией формальдегида – 5 г/дм³,

свободного фенола – 360 мг/дм³,

В производстве ДСП (древесно-стружечная плита), фанеры, мебели и других древесных композиционных материалов широко применяются карбамидо-, фенол- и меламиноформальдегидные смолы. Состав промывных сточных вод характеризуется содержанием формальдегида, фенола, метанола, растворимых и нерастворимых продуктов конденсации олигомеров (фенолоспиртов) и других компонентов [12]. Помимо промывных вод в процессе производства и применения смол образуются концентрированные жидкие отходы. Такие отходы могут обезвреживаться термическими методами или храниться в специальных накопителях. Чаще всего такие промывные сточные воды не подвергаются очистке, а сливаются в накопители жидких отходов или в канализацию, после разбавления.

Основное распространение для обезвреживания таких или других, схожих по составу промывных вод, получила деструкция (парофазное и жидкофазное окисление, электрохимическое окисление, биохимическое окисление, фотохимическое окисление), физико-химические способы очистки (сорбция, флотация, коагуляция, реагентная обработка) [15].

Но для использования этих методов очистки промывных сточных вод требуются большие затраты, а так же эти методы не всегда эффективны.

2.1 Окислительная деструкция

Полимерные соединения легко реагируют с кислородом из-за этого в макромолекулах возникает окислительная деструкция.

Молекулярный вес полимера очень сильно влияет на степень окислительной деструкции. Чем больше молекулярный вес, тем больше окислительная деструкция. Определенные воздействия ускоряют активацию кислорода, а значит скорость диффузии его внутрь полимера возрастает. К воздействиям, которые ускоряют окислительную деструкцию относятся ультрафиолетовое облучение и повышение температуры. Из-за деструкции происходит разрыв макромолекулярных цепей и изменение состава отдельных звеньев цепи [17].

Окисление кислородом воздуха проводили аэрацией проб жидких отходов. Для исследования влияния рН среды на окисление органических веществ, пробы подкисляли серной кислотой или подщелачивали суспензией гидроксида кальция. Использование аэрации обеспечивает снижение показателя ХПК на 5% в кислой и на 6% в щелочной среде. Уменьшение содержания загрязняющих веществ может быть вызвано как их окислением, так и отдувкой летучих соединений воздухом.

2.1.1 Кислород воздуха с пероксидом водорода

Пероксид водорода H_2O_2 используется для окисления альдегидов, фенолов, серосодержащих отходов, активных красителей, а также цианидов.

В исследованиях по окислительному обезвреживанию сточных вод в качестве окислителей использовали кислород воздуха и пероксид водорода.

Обработку пероксидом водорода проводили при перемешивании и выдержке в течение 1 суток при температуре 20°C. Расход пероксида водорода составлял 3,0–13,8 г/дм³.

Данные занесли в таблицу 1.

Таблица 1 – Зависимость значения ХПК от расхода пероксида водорода

Расход пероксида водорода, г/дм ³	ХПК мг О ₂ /дм ³
3	41800
6	41300
9	40150
13	38220

Далее по табличным данным построили график зависимости – рисунок 2.

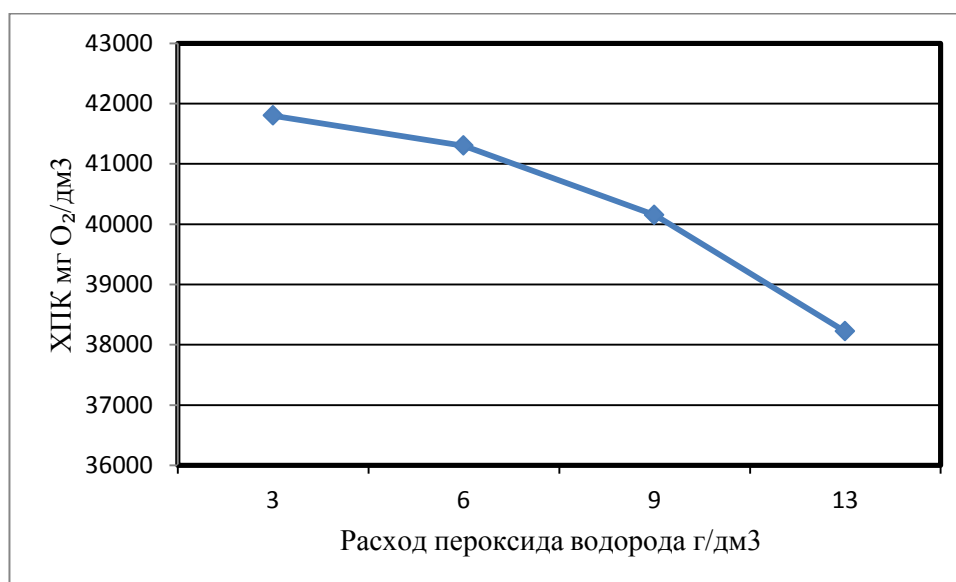


Рисунок 2 – Снижение загрязнений сточной воды от применения пероксида водорода

Показатель ХПК жидких отходов после такой обработки (расход пероксида водорода 13 г/дм³) уменьшился на 9%, что свидетельствует о низкой эффективности обработки в таких условиях.

2.1.2 Пероксид водорода с трехвалентным железом

Для проведения эксперимента были взяты 4 колбы, в каждую колбу было добавлено 1 литр исследуемой сточной воды и разное количество пероксида водорода с трехвалентным железом, данные эксперимента были занесены в таблицу 2.

Таблица 2 – Зависимость значения ХПК от количества пероксида водорода с трехвалентным железом

Количество H_2O_2 с Fe^{3+} , г/дм ³	Значение ХПК мг O_2 /дм ³
3	39600
6	34300
9	29800
13	24780

По данным таблицы построили график (рисунок 3):

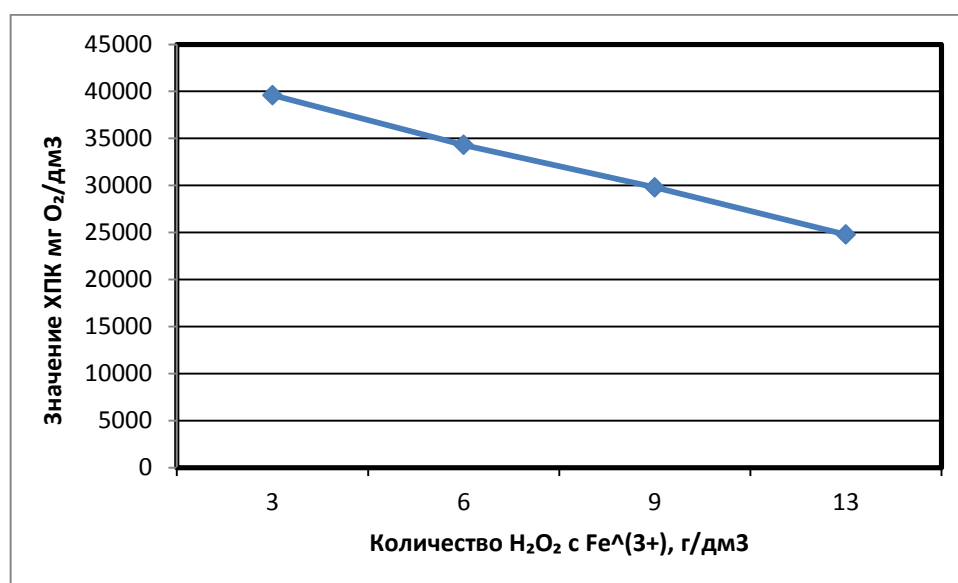


Рисунок 3 – Изменение значения ХПК от количества пероксида водорода с трехвалентным железом

Эффективным методом окисления органических загрязнителей является обработка смесью пероксида водорода и трехвалентного железа [3]. Эффективность окисления зависит от концентрации H_2O_2 и Fe^{3+} , продолжительности обработки и pH среды. Обработка композицией из пероксида водорода и соли железа обеспечивает значительное снижение содержания загрязняющих веществ в жидких отходах.

Максимальный эффект обезвреживания по ХПК (41%) достигается при расходах пероксида водорода до 13 г/дм³.

2.1.3 Добавление карбамида в сточные воды

Для уменьшения концентрации формальдегида добавляли различные дозы карбамида в кислой среде и выдерживали определенное время. Зависимость степени очистки сточной воды от количества карбамида показали на рисунке 4.

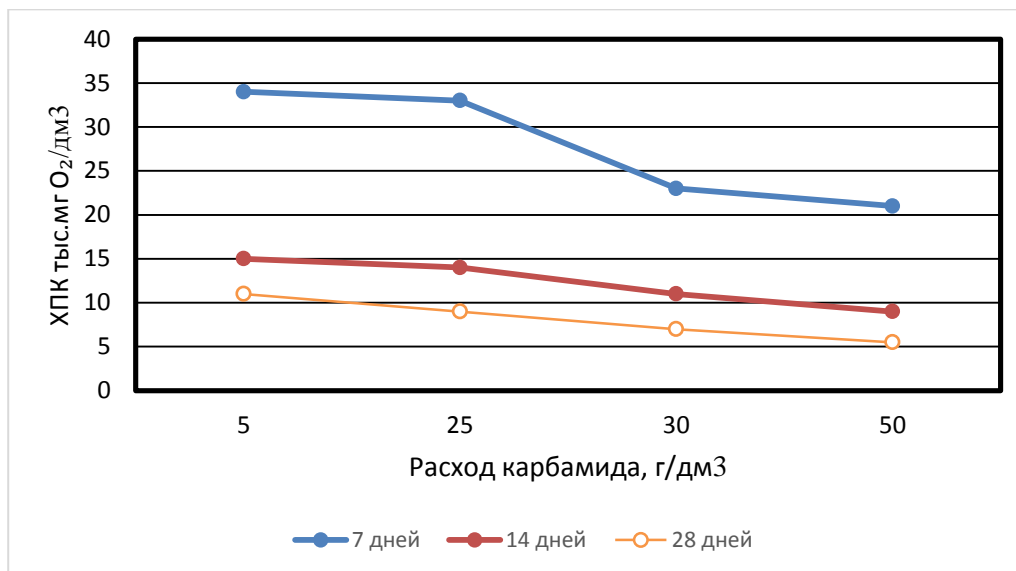


Рисунок 4–Снижения значения ХПК от количества карбамида

После 28 дней выдержки значение ХПК снизилось до $5500 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$, концентрация свободного фенола уменьшилась с 360 до $115 \text{ mg}/\text{dm}^3$, концентрация формальдегида снизилась с $5,00$ до $0,75 \text{ г}/\text{дм}^3$

Глава 3 Разработка способов повышения степени очистки сточных вод

Для улучшения степени очистки сточных вод деревообрабатывающих предприятий можно рассмотреть более эффективный метод очистки. Для этого нам необходимо предварительно удалить древесное волокно, которое содержит большое количество формальдегида, а лишь затем проводить очистку воды, указанную выше в эксперименте.

Система для осуществления способа содержит накопитель-усреднитель, для сбора сточных вод; байпасный трубопровод и диспергатор, для образования водовоздушной смеси; динамический абсорбер для образования флотокомплексов; флотатор с приемной камерой, пеногонным механизмом и пеносборным карманом для отделения уловленного волокна в виде пены; накопитель очищенной воды.

Изобретение обеспечивает простую и дешевую технологию извлечения, утилизации и переработки отходов собственного производства ДВП с возможностью улавливания и возврата вторичного древесного волокна непосредственно в технологический цикл без его дополнительной обработки [24,25].

На рисунке 5 представлена система для улавливания древесного волокна из сточных вод для деревообрабатывающих предприятий на примере промышленной установки периодического действия.

Способ улавливания древесного волокна из сточных промышленных вод заключается в следующем:

Из горизонтального бассейна отливочно-формирующей машины сточная вода (перелив) проступает в накопитель-усреднитель, откуда забирается насосом и перекачивается по байпасному трубопроводу, оснащённому запорно-регулирующей арматурой. Одновременно в

байпасный трубопровод подается воздух из атмосферы. Образовавшаяся водовоздушная смесь насосом подается в диспергатор для образования структурированной водовоздушной смеси. Диспергатор позволяет получать пузырьки заданных размеров и определенной скоростью движения. Далее водовоздушная смесь поступает в динамический абсорбер для образования флотокомплексов. Из динамического абсорбера смесь подается в приемную камеру флотатора. Во флотаторе прямоугольного сечения осуществляется разделение волокна и воды. Уловленное волокно в виде пены всплывает на поверхность воды и пеногонными механизмами непрерывно сгребается в пеносборный карман, откуда насосом подается в напускной ящик отливочно-формирующей машины без дополнительной обработки. Очищенная вода через выступ днища флотационной камеры поступает в регулятор уровня и через патрубок самотеком отводится в накопитель очищенной воды, откуда возвращается в производство для повторного использования.

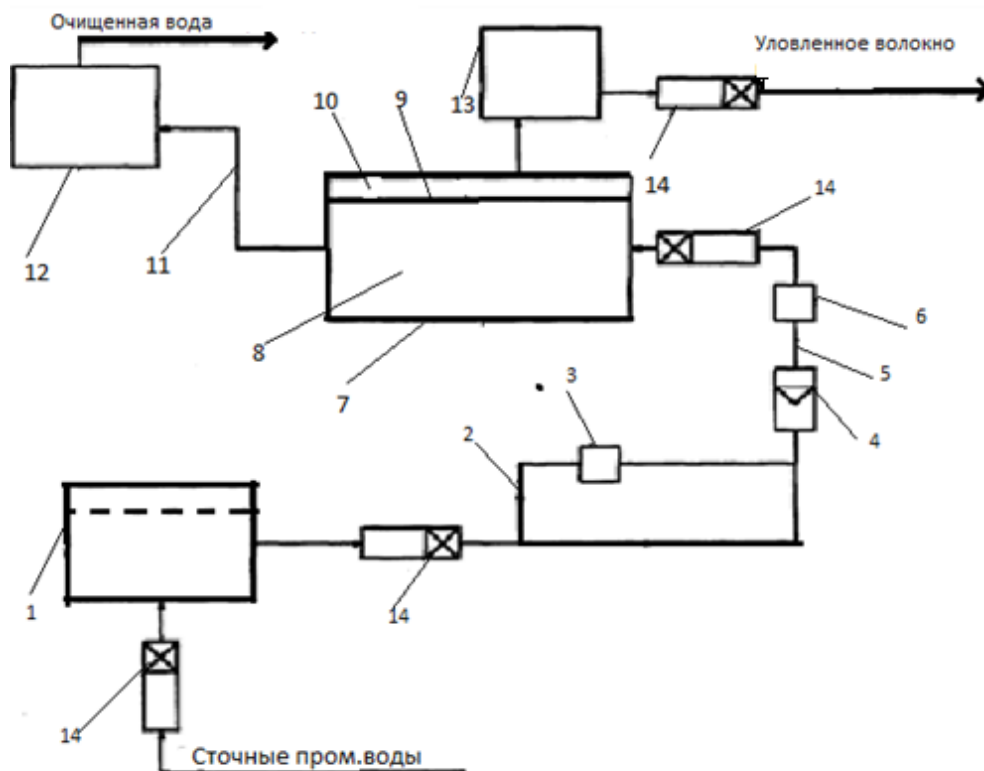


Рисунок 5—Принципиальная схема улавливания древесного волокна

- 1 –накопитель -усреднитель, для сбора сточных промышленных вод
- 2-байпасный трубопровод
- 3-эжектор
- 4- диспергатор
- 5- всасывающий трубопрово
- 6- динамический абсорбер
- 7-флотатор прямоугольной формы
- 8- приемная камера
- 9- пеногонный механизм, для отделения уловленного волокна в виде пены от воды.
- 10-пеносборный карман .
- 11- отводящий трубопровод
- 12- накопитель очищенной воды
- 13- накопительная емкость
- 14 - насос

Исходная сточная вода, забираемая непосредственно из бассейна отливочно-формирующей машины, подается в накопитель-усреднитель 1, соединенный байпасным трубопроводом 2 с диспергатором 4. Одновременно через байпасный трубопровод из атмосферы в диспергатор 4 эжектируется воздух объемом 3% от объема воды через эжектор 3. Затем водовоздушная смесь поступает во всасывающий трубопровод 5. Образовавшаяся смесь под давлением последовательно проходит динамический абсорбер 6, где осуществляется изменение ее свойств и образование флотокомплексов, и подается во флотатор 7. Флотокомплексы флотируются во флотаторе 7 и в виде пены поднимаются на поверхность воды. Очищенная вода через выступ днища приемной камеры 8 через патрубок самотеком изливается в отводящий трубопровод 11 и уходит из флотатора 7 в накопитель очищенной воды 12. Древесное волокно пеногонным механизмом 9 непрерывно сгребается в пеносборный карман 10, откуда самотеком поступает в отдельно

стоящую емкость 13 для последующей подачи насосом 14 в напускной ящик отливочно-формующей машины без дополнительной обработки.

В таблице 5 указано, как изменится содержание формальдегида, фенола, а так же значения ХПК, если до очистки, которая была предложена в эксперименте поставить данную установку.

Таблица 5 – Показатели степени очистки сточной воды

ХПК, мг O ₂ /дм ³		Формальдегид, мг/дм ³		Фенол, мг/дм ³	
До очистки	После с использованием установки	До очистки	После с использованием установки	До очистки	После с использованием установки
42000	3900	5000	400	360	80

Опираясь на полученные данные, можно сделать вывод, что добавление такой установки снижает ХПК на 30%, формальдегид на 46,6%, фенол на 30%.

3.1 Биотестирование на токсичность

Далее проводим биотестирование.

Биотестирование проводят для определения токсичности исследуемой воды, опираясь на смертность и плодовитость дафний в воде, за определенный промежуток времени. Смертность дафний изменяется за счет действия токсических веществ содержащихся в исследуемой воде, по сравнению с контрольной пробой, где токсины не содержатся [18].

Если происходит гибель 50% и более дафний в течении 4 суток, при условии, что в контрольной пробе летальность не более 10%, то данная вода оказывает острое токсическое действие.

При гибели не более 10% рачков, делается вывод, что вода оказывает безвредное действие [18].

3.1.1 Метод биотестирования

Биотестирование проводят путем добавления по 5 дафний в исследуемую воду. Возраст дафний не должен превышать 24 часа.

Для чистоты эксперимента проводят два параллельных опыта.

То, насколько будут чувствительны дафнии напрямую зависит от их возраста. Сам возраст дафний определяется по их размеру [18].

3.1.2 Характеристика дафний (*Daphniamagna*)

Дафнии это род планктонных, ракообразных. Длина тела дафнии варьируется от 0,2 до 6 мм, зависит от возраста и вида дафнии [21].

Дафнии живут во всех типах стоячих континентальных водоемов, но так же встречаются в некоторых реках с медленным течением. Помимо этого высокая численность и биомасса дафний содержится в лужах, прудах и озерах. Дафнии, по своей сути, это типичные планктонные рачки, которые большую часть своего времени проводят в толще воды [19].



Рисунок 7 - *Daphniamagna*

3.1.3 Характеристика тест объекта хлореллы (*Chlorophyta*)

Хлорелла — это одноклеточная зеленая водоросль, относимая к отделу *Chlorophyta*. Хлорелла имеет сферическую форму, размером от 2 до 10 мкм, стоит отметить, что данная водоросль не имеет жутиков. Для осуществления процесса фотосинтеза хлорелле необходима только вода,

диоксид углерода и свет. Для размножения ей нужно небольшое количество минералов [22].

Очень распространённой является *Chlorellavulgaris*. Данная хлорелла постоянно встречается в большом количестве в воде и в грязи луж, канав и прудов. Часто развивается она, а также родственная ей форма, *Chlorellainfusionum* в лабораториях и в домашнем быту, в частности в сосудах с водой или с растворами пепсина и сахара. Наблюдать это можно по зеленоватому налёту на внутренней поверхности стекла [20,23].

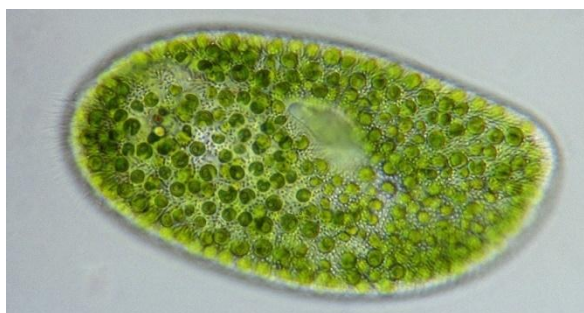


Рисунок 8 - *Chlorellavulgaris*

3.1.4 Анализ на токсичность с использованием дафний

В стакан №1 налили 160 мл культивационной воды, добавили 60 мл сточной воды при помощи мерного цилиндра, получили раствор концентрации 33%.

Затем из стакана №1 перелили в стакан №2 60 33%-ой воды и добавили 160 мл культивационной воды. Получили раствор концентрации 11%.

В стакан №3 налили культивационной воды и добавили 60 мл из стакана №2. Получили раствор 3,7%-ый раствор.

Из стакана №3 перелили 60 мл смеси в стакан №4 и добавили 160 мл культивационной воды. Это раствор 1,2%.

Так же в стакан №5 налили 160 мл только культивационной воды, а в стакан №6 160 мл сточной воды с деревообрабатывающего предприятия.

Подготовка дафний:

В каждый из 12-ти бюксов добавили по 5 дафний, возрастом 12 часов.

После в каждый бюкс добавили по 10 мл подготовленной воды. На каждую воду брали два бюкса.

Далее проводили подсчет дафний через 24ч и 48ч.

Полученные результаты занесли в таблицу 3.

Таблица 3 – Показатели выживаемости дафний в сточной воде с разной степенью разбавления

№	Концентрация сточной воды, %	Время экспозиции	
		24ч	48ч
1	0%	5/5	5/5
2		5/5	5/5
3	1,2%	3/5	2/5
4		5/5	5/5
5	3,7%	5/5	5/5
6		5/5	5/5
7	11%	5/5	5/5
8		5/5	5/5
9	33%	5/5	5/5
10		5/5	5/5
11	100%	5/5	5/5
12		5/5	5/5

Исходя из данных таблицы сделали вывод, что данная вода не токсична.

3.1.5 Анализ на токсичность с использование хлореллы

Подготовка хлореллы, для анализа на токсичность:

В стакан №1 налили 48 мл дистиллированной воды, содержащей хлореллу плотностью 0,125 и добавили 24 мл пробы воды №5. Получили раствор 33%-ой концентрации.

Из стакана №1 в стакан №2 перелили 48 мл смеси и добавили 24 мл пробы воды №5. Получили раствор 11%-ый.

В стакан №3 из стакана №2, аналогично добавили 48 мл смеси и 24 мл воды. Затем 48 мл получившейся смеси вылили из стакана. Это раствор 3,7%-ый. В стакане №4 получили раствор 1,2%-ой концентрации.

Далее, аналогично примеру с дафниями, добавили еще два стакана 0% и 100% концентрации.

После в 24 бюкса добавляли по 5 мл получившейся смеси, с помощью пипетки, для каждой получившейся концентрации по 4 бюкса.

Бюксы поставили в культиватор и проверили плотность хлореллы в образцах через 48 ч.

Данные занесли в таблицу 4.

Таблица 4 – Показатели плотности хлореллы в зависимости от степени разбавления сточной воды

Концентрация сточной воды, %	№ бюкса	Плотность, г/мл
0%	1	0,165
	2	0,154
	3	0,144
	4	0,128
1,2%	5	0,160
	6	0,145
	7	0,147
	8	0,140

Продолжение таблицы 4

Концентрация сточной воды, %	№ бюкса	Плотность, г/мл
3,7%	9	0,163
	10	0,168
	11	0,177
	12	0,176
11%	13	0,215
	14	0,208
	15	0,218
	16	0,203
33%	17	0,251
	18	0,272
	19	0,277
	20	0,258
100%	21	0,200
	22	0,199
	23	0,223
	24	0,183

Опираясь на данные таблицы 4 был сделан вывод, что данная вода не токсична.

3.2 Расчет материального баланса

Материальный баланс составлен по содержанию ХПК, формальдегида, фенола и древесного волокна в сточной воде с деревообрабатывающих предприятий.

Расчет сделан исходя из данных:

Концентрация формальдегида на входе 5 г/дм³

Концентрация фенола на входе 360 мг/дм³

Табличный вариант расчета материального баланса:

Таблица 6 - Материальный баланс физико-химических методов очистки:

Приход (кг)		Получено (кг)	
Волокно	15	Волокно	15
		Улов.волокно	-
Водная фаза в том числе:	85	Нейтрализ.сток в том числе:	85
Формальдегид	0,5	Формальдегид	0,075
Фенол	0,036	Фенол	0,0115
Итого	100	Итого	100

В сточной воде может содержаться до 15 кг древесного волокна, на 100 кг сточной воды. Это составляет 15%.

Формальдегид и фенол растворены в водной фазе.

$$85 \text{ кг} - 100\%$$

$$0,5 \text{ кг} - X \%$$

$$X = \frac{0,5 \times 100}{85} = 0,588\%.$$

В водной фазе на входе содержится почти 0,6% растворенного формальдегида.

$$85 \text{ кг} - 100\%$$

$$0,036 \text{ кг} - X\%$$

$$X = \frac{0,036 \times 100}{85} = 0,04235\%.$$

В сточной воде на входе содержится 0,04235% фенола.

После очистки сточной воды при помощи физико-химических методов очистки, таких как добавление карбамида, а так же продолжительности очистки 4 недели, содержание не уловленного древесного волокна не изменится. А содержание фенола и формальдегида в сточной воде уменьшится.

$$85 \text{ кг} - 100\%$$

$$0,075 \text{ кг} - X\%$$

$$X = \frac{0,075 \times 100}{85} = 0,088\%.$$

Содержание растворенного формальдегида в сточной воде, после очистки.

$$\begin{aligned} &85 \text{ кг} - 100\% \\ &0,0115 \text{ кг} - X\% \\ X &= \frac{0,0115 \times 100}{85} = 0,01352\%. \end{aligned}$$

Содержание фенола в сточной воде после очистки составляет 0,01352%.

Таким образом, можно сделать вывод, что очищая сточную воду при помощи карбамида с продолжительностью очистки 4 недели, содержание формальдегида в сточной воде изменится с 0,588% до 0,088%. То есть степень очистки сточной воды от формальдегида составит 85%.

Содержание фенола в сточной воде с деревообрабатывающих предприятий изменится с 0,04235% до 0,01352%. То есть степень очистки сточной воды от фенола составит 68%.

Далее рассчитаем материальный баланс флотационного метода очистки, с последующими физико-химическими методами очистки.

Таблица 7 - Материальный баланс флотационного метода очистки с последующими физико-химическими методами очистки сточных вод деревообрабатывающих предприятий:

Приход (кг)		Получено (кг)	
Волокно	15	Улов.волокно	14
Водная фаза в том числе	85	Нейтрализ.сток в том числе	86
Формальдегид	0,5	Формальдегид	0,04
Фенол	0,036	Фенол	0,008
Итого	100	Итого	100

В сточной воде может содержаться до 15 кг древесного волокна, на 100 кг сточной воды. Это составляет 15%.

Формальдегид и фенол растворены в водной фазе.

$$85 \text{ кг} - 100\%$$

$$0,5 \text{ кг} - X \%$$

$$X = \frac{0,5 \times 100}{85} = 0,588\%.$$

В водной фазе на входе содержится почти 0,6% растворенного формальдегида.

$$85 \text{ кг} - 100\%$$

$$0,036 \text{ кг} - X\%$$

$$X = \frac{0,036 \times 100}{85} = 0,04235\%.$$

В сточной воде на входе содержится 0,04235% фенола.

При помощи флотационного метода очистки из сточной воды улавливается древесное волокно.

$$15 \text{ кг} - 100\%$$

$$14 \text{ кг} - X\%$$

$$X = \frac{14 \times 100}{15} = 93,33\%.$$

То есть, использование данной установки позволяет практически полностью избавиться от древесного волокна, которое содержится в сточной воде.

Содержание формальдегида в сточной воде на выходе:

$$86 \text{ кг} - 100\%$$

$$0,04 \text{ кг} - X\%$$

$$X = \frac{0,04 \times 100}{86} = 0,0465\%.$$

Содержание растворенного формальдегида в сточной воде, после очистки составляет 0,0465%.

Содержание фенола в сточной воде на выходе:

$$86 \text{ кг} - 100\%$$

$$0,008 \text{ кг} - X\%$$

$$X = \frac{0,008 \times 100}{86} = 0,0093\%.$$

Содержание фенола в сточной воде после очистки 0,0093%.

Таким образом, можно сделать вывод, что пропуская сточную воду сначала через флотационную установку, а затем, очищая при помощи карбамида с продолжительностью очистки 4 недели, содержание древесного волокна в сточной воде уменьшится на 93,3%. Содержание растворенного формальдегида в сточной воде изменится с 0,588% до 0,0465%. То есть степень очистки сточной воды от формальдегида составит 92%. Содержание фенола в сточной воде изменится с 0,04235% до 0,0093%. То есть степень очистки сточной воды от фенола составит 78%.

Сравнив степени очистки сточной воды с использованием флотационной установки и без, делаем вывод, что при помощи флотационной установки нам удалось изменить степень очистки сточной воды от формальдегида с 85% до 92%. То есть мы повысили степень очистки на 7%. Очистка сточной воды от фенола изменилась с 68%, до 78%. То есть флотационная установка позволяет повысить степень очистки сточной воды от фенола на 10%. Так же благодаря флотационной установке улавливается древесное волокно. Древесное волокно удаётся практически полностью уловить из сточных вод с деревообрабатывающих предприятий.

3.3 Выводы по работе

Для достижения наибольшей степени очистки необходимо сначала очищать воду при помощи флотационной установки, для улавливания древесного волокна. А затем использовать физико-химические методы очистки, такие как добавление карбамида, в кислой среде, для очистки сточной воды от формальдегида. Так же кислая среда необходима для удаления фенола, который содержится не только в древесном волокне, но и в сточной воде. Помимо этого на степень очистки сточной воды влияет ещё и

продолжительность. Чем дольше продолжительность, тем больше степень очистки. Наибольшая степень очистки достигается, при выдерживании сточной воды в течении четырёх недель.

Заключение

Предложенная установка для очистки сточных вод деревообрабатывающих предприятий от древесного волокна перед физико-химическими методами является эффективной мерой для улавливания древесного волокна и очистки промышленных сточных вод деревообрабатывающего производства и решает технологические, экономические и экологические задачи:

1) возможность использования очищенной технологической воды для замкнутого водооборота.

2) снижение объема водопотребления свежей воды;

3) улавливание и возврат для повторного использования вторичных древесных волокон в основное производство без дополнительной его обработки непосредственно в напорный ящик, в среднем около 80% от общей массы попадающего волокна в сточные воды;

4) возврат уловленного волокна в производство позволит уменьшить расход свежего волокна на 1,31 тыс.т/год;

5) возможность создания частично замкнутой системы водопотребления цеха по производству древесно-волоконистых плит мокрым способом.

Таким образом, очистка сточных вод от взвешенных и растворенных в воде веществ с помощью флотационного оборудования и физико-химических методов очистки позволит сократить содержание загрязняющих веществ в сточных водах.

Список используемых источников

1. Лапкаев А.Г. Экология деревообрабатывающих предприятий: Учебное пособие для студентов специальности 26.02 всех форм обучения. – Красноярск: СТИ, - 184 с.
2. Генцлер Г.Л. Развитие теории конструирования водоочистных флотационных аппаратов. – Новосибирск: Наука, 2004. – 318 с.
3. Мураков А.П., Гребенчиков Е.Н. Очистка сильнозагрязненных сточных вод химических производств// Экология и промышленность России. -2000.-№10.-с.9-12.
4. Ершов Ю.А., Попков В.А. и др. «Общая химия». «Биофизическая химия». «Химия биогенных элементов». Учеб. Для вузов — 2-е изд., М.: Высш. шк., 2000-560с (264-266).
5. Гляденев С.Н. Очистка сточных вод: традиции и новации / Экология и промышленность России.– 2001. – № 2. – С. 15 -27.
7. Ивчатов А. Л. Химия воды и микробиология М.: «ИНФРА-М», 2006. - 217 с.
8. Воронов. Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для вузов. - М.: АСВ. 2006. С. 704.
9. Гудков, А.Г. Механическая очистка сточных вод: учебное пособие / А.Г. Гудков. – Вологда: ВоГТУ, 2003. – 152 с.
10. Алипатова О.В. Эффективность использования сточных вод мебельных комбинатов в агросистемах. Диссертация к. с/х. н- Воронеж.2000 г.
11. Алексеев, Л. С. Контроль качества воды. - М.: ИНФРА-М, 2004. - 159 с.
12. Анохин, А. Е. Сбор и утилизация формальдегидсодержащих жидких стоков: обзорная информация / А. Е. Анохин. – М.: ВНИИПИЭИлеспром, 1992. – Вып. 6. – 34 с. 3.

13. Ивчатов, А. Л. Химия воды и микробиология. - М.: ИНФРА-М, 2006.- 218 с.
14. Шевцов М.Н. Водоснабжение промышленных предприятий: учеб. пособ. для вузов. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2010. – 127 с.
15. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод/Учебник для вузов: - М.: АСВ, 2004. – 704 с.
16. Barbusiński, K. Toxicity of Industrial Wastewater Treated by Fenton's Reagent / K. Barbusiński // Polish Journal of Environmental Studies. – 2005. – Vol. 14, No. 1. – P. 11–16
17. Хенце М. Очистка сточных вод: Пер. с англ./ Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э.- М.: Мир,2006. – 480 с.
18. ФР 1.39.2007.03222 Биологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний
19. ФР 1.39.2007.03221 Биологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний.
20. ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 Токсикологические методы анализа. Методика определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по смертности дафний (*Daphnia magna* Straus)
21. Алексеев Е.В. Физико-химическая очистка сточных вод: Учебное пособие. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 248 с.
22. Макрушин А. В., Лянгузова И. В. Оболочка пропагул беспозвоночных и растений: избирательная проницаемость и барьерные свойства // Журнал общей биологии. — 2006. — Т. 67, № 2. — С. 120—126.
23. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. — М.: РЭФИА, НИА-Природа, 2002.

24. Shaaban Ghodbanan. Combination of Chemical Coagulation and Biological Treatment of Cellulosic Effluents/ Shaaban Ghodbanan// Abva Fazilab. 2005. –Vol. 15 No.3, P.50-52.

25. Takahiro Yamashita. Nitrogen and Phosphorus Removal from Wastewater Treatment Plant Effluent via Bacterial Sulfate Reduction in an Anoxic Bioreactor Packed with Wood and Iron/Takahiro Yamashita, Ryoko Yamamoto// International Journal of Environmental Research and Public Health. 2014. –Vol. 11 No. 9, P.9835-9853

26. Isabel M. Lima. Efficacy of Chicken Litter and Wood Biochars and Their Activated Counterparts in Heavy Metal Clean up from Wastewater/Isabel M. Lima, Kyoung S. Ro, G. B. Reddy, Debbie L. Boykin, Kjell T. Klasson// Agriculture. 2015;5(3):806-825.

27. Beeta Ehdaie. Evaluation of a Silver-Embedded Ceramic Tablet as a Primary and Secondary Point-of-Use Water Purification Technology in Limpopo Province, S. Africa/Beeta Ehdaie, Chloe T Rento, Veronica Son, Sydney S Turner, Amidou Samie, Rebecca A Dillingham, James A Smith// PLoS ONE. 2017;12(1):e0169502.