

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

Институт химии и энергетики  
(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»  
(наименование)

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

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

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Оптимизация процесса биологической очистки сточных вод на  
предприятии ООО «Тольяттикаучук»

Обучающийся

А.М. Спс

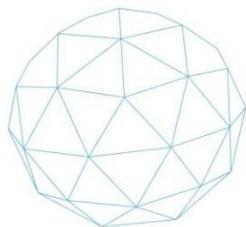
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Ю.Н. Шевченко

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)



Тольятти 2023



**Росдистант**  
ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННО

## Аннотация

Бакалаврскую работу выполнил: Слис Анастасия Михайловна.

Тема работы: Оптимизация процесса биологической очистки сточных вод на предприятии ООО «Тольяттикаучук».

Научный руководитель: Шевченко Юлия Николаевна.

Объектом исследования является стадия биологической очистки блока сооружений гравитационного сгущения ила на биологических очистных сооружениях ООО «Тольяттикаучук».

В ходе выполнения работы рассмотрена установка дополнительного блока оборудования, последовательно соединенного между собой (насосная станция, емкость для обработки активного ила, емкость для хранения перекиси водорода, насос-дозатор подачи перекиси водорода и насос для подачи активного ила) для увеличения эффективности биологической очистки сточных вод от биогенных веществ до уровня, разрешающего сброс очищенных сточных вод в водоемы рыбохозяйственного назначения.

Выбрана наиболее подходящая под существующий процесс технология применения перекиси водорода в качестве добавки к активному илу, отмечены положительные результаты по снижению требуемых показателей

Способ биологической очистки сточных вод активным илом, включающем обработку активного ила перекисью водорода, не менее 70% активного ила подвергают обработке перекисью водорода в течение 2 часов в непрерывном режиме с внесением перекиси водорода в количестве от 2 до 4 (масс. %) от абсолютно сухого вещества (АСВ) активного ила при постоянном перемешивании. Под действием перекиси водорода биоценоз активного ила образует плотные агломераты (гранулы), обработки его в течение 2 часов, при концентрации перекиси водорода 3% от АСВ активного ила.

Данный способ является альтернативным методом замены применению химических реагентов при обработке сточных вод.

Эффективность достигается за счет того, что в предлагаемом методе включается обработка активного ила перекисью водорода. За счет взаимодействия с перекисью водорода биоценоз активного ила образует плотные агломераты. При таком состоянии в внутри гранулы ила накапливаются медленно растущие микроорганизмы, в следствии чего образуются анаэробные условия, а снаружи гранулы аэробные. Таким образом в одном агломерате протекают процессы нитрификации и денитрификации.

Проведены расчеты материального баланса по илу, количества требуемой перекиси водорода, так же рассчитано и подобрано оборудование для реализации схемы подачи перекиси водорода для изменения биоценоза активного ила.

Бакалаврская работа выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord и представлена на электронном носителе.

Бакалаврская работа выполнена на 61 страниц, 10 рисунков, 3 таблицы, использовано 39 источников.

## Содержание

Введение.....	5
1 Теоретические основы биологической очистки.....	7
1.1 Общая характеристика стадии биологической очистки.....	7
1.2 Описание технологического процесса биологической очистки сточных вод на очистных сооружениях ООО« Тольяттикаучук».....	10
1.3 Описание существующей проблемы качества очистки сточных вод на биологических очистных сооружениях ООО «Тольяттикаучук».....	16
1.4 Описание процессов биологической очистки сточных вод.....	18
2 Оптимизация технологии биологической очистки.....	25
2.1 Анализ существующих технологических решений по повышению качества биологической очистки.....	25
2.2 Обоснование выбранного решения. Коррекция технологической схемы очистки.....	33
3 Расчетная часть.....	37
3.1 Материальный баланс.....	37
3.2 Расчет оборудования для подачи перекиси водорода.....	39
3.2.1 Расчет объема существующего аэротенка.....	39
3.2.2 Расчет объема емкости поз.1.....	42
3.2.3 Расчет объема емкости поз.2.....	42
3.2.4 Расчет насоса Н-1 подачи перекиси водорода.....	43
3.2.5 Расчет насоса Н-2 подачи активного ила.....	48
3.3 Расчет расходов на уплату штрафов за негативное воздействие на окружающую среду.....	50
Заключение.....	54
Список используемых источников.....	56
Приложение А.....	61

## Введение

На территории городского округа Тольятти находится десятки промышленных предприятий. На всех этих предприятиях в процессе производства вода используется как ресурс, необходимый для производства той или иной продукции, после чего выходит уже загрязненная различными веществами сточная вода. Сброс сточных вод предприятия повышает пагубное воздействие на водоем и окружающую среду в целом. Для того чтобы предотвратить гибель экосистемы необходимо производить качественную очистку сточных вод.

«ООО «Тольяттикаучук» – одно из крупнейших предприятий нефтехимического комплекса России, расположенное в г. Тольятти Самарской области.

Основная деятельность предприятия – производство синтетических каучуков различных марок, который является сырьем для шин и резинотехнических изделий. «Тольяттикаучук» входит в 10-ку крупнейших экспортеров Самарской области» [1].

Загрязненный сток от производственных предприятий Северного промышленного узла Центрального района г. Тольятти направляется на биологические очистные сооружения ООО «Тольяттикаучук». В состав загрязнений сточных вод входят: этаноламин, метанол, ацетонитрил, метилстирол, изоамилен, тяжелые углеводороды, фенолы, капролактан, ПАВ, карбамид, органические вещества бытового происхождения и другие вещества. Очищенные стоки после обеззараживания сбрасываются в Саратовское водохранилище р. Волги.

«Бактериальные и биологические загрязнения представляют собой различные микроорганизмы: дрожжевые и плесневые грибы, водоросли и бактерии, в том числе болезнетворные - возбудители брюшного тифа и дифтерии и др.

В состав минеральных загрязнений входят:

- нерастворимые – шлам, глина, песок, земля;
- растворимые – хлориды, сульфаты, карбонаты, нитраты натрия, кальция;
- гидроокиси титана, алюминия, соли цинка, железа, фосфора, меди и т.д.

Исходя из состава загрязнений, на предприятии применяются два вида очистки: механический и биологический с последующей доочисткой» [2].

«Биохимическая очистка сточных вод – основной способ очистки сточных вод, содержащих загрязнения органического происхождения, заключающийся в минерализации этих загрязнений вследствие жизнедеятельности микроорганизмов. В процессе дыхания микробов органические вещества окисляются, и освобождается энергия, необходимая для жизненных функций» [3].

Основной задачей данной работы является оптимизация стадии биологической очистки путем добавления новой стадии обработки перекисью водорода активного ила с целью повышения эффективности процесса очистки сточных вод от биогенных веществ за счет агломерации суспензии ила под действием перекиси водорода.

В рамках поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Провести анализ имеющихся способов увеличения качества очистки производственных сточных вод после биологической очистки.
2. Обосновать выбор используемого в данной работе метода обработки активного ила.
3. Подтвердить расчетами эффективность применения выбранного типа очистки.

# **1 Теоретические основы биологической очистки**

## **1.1 Общая характеристика стадии биологической очистки**

«В основе биологической очистки воды лежит деятельность активного ила (АИ) или биопленки, естественно возникшего биоценоза, формирующегося на каждом конкретном производстве в зависимости от состава сточных вод и выбранного режима очистки» [4].

Сточные воды с предприятий попадая на стадию биологической очистки смешиваются с активным илом и под действием аэрации происходит поглощение живыми организмами активного ила загрязняющих веществ в сточной воде. Тем самым обеспечивая ее очистку.

«Активный ил – это смесь биомассы микроорганизмов и загрязняющих веществ вместе с поступающими в аэротенк сточными водами.

Активный ил представляет собой темно-коричневые хлопья размером до нескольких сотен микрометров. На 70 % он состоит из живых организмов и на 30 % – из твердых частиц неорганической природы. Живые организмы вместе с твердым носителем образуют зооглей – симбиоз популяций микроорганизмов, покрытый общей слизистой оболочкой. В зависимости от внешней среды, которой в данном случае является сточная вода, та или иная группа бактерий может оказаться преобладающей, а остальные становятся спутниками основной группы»[5].

«Существенная роль в создании и функционировании активного ила принадлежит простейшим. Функции простейших достаточно многообразны; они сами не принимают непосредственного участия в потреблении органических веществ, но регулируют возрастной и видовой состав микроорганизмов в активном иле, поддерживая его на определенном уровне.

При изменении состава сточной воды может увеличиться численность одного из видов микроорганизмов, но другие культуры все равно остаются в составе биоценоза.

Показателем качества активного ила является коэффициент протозойности, который отражает соотношение количества клеток простейших микроорганизмов к количеству бактериальных клеток. В высококачественном иле на 1 миллион бактериальных клеток должно приходиться 10–15 клеток простейших организмов, среднего качества приходится, соответственно, 5–9, плохого качества – около 1–4 простейших.

На формирование ценозов активного ила могут оказывать влияние и сезонные колебания температуры, обеспеченность кислородом, присутствие минеральных компонентов. Все это делает состав илы сложным и практически невозпроизводимым. Эффективность работы очистных сооружений зависит также от концентрации микроорганизмов в сточных водах и возраста активного ила. В обычных аэротенках текущая концентрация активного ила не превышает 2–4 г/л» [6].

«Аэробные методы биохимической очистки сточных вод протекают в присутствии кислорода. Они основаны на использовании аэробных групп организмов, для жизнедеятельности которых необходим постоянный приток кислорода и температура 20–40 °С.

Анаэробные методы биохимической очистки сточных вод протекают без доступа кислорода. Их используют главным образом для обезвреживания осадков.

Процесс биохимической очистки сточных вод от органических веществ состоит из таких этапов:

- адсорбция и коагуляция активным илом взвешенных и коллоидных частиц;
- окисление микроорганизмами растворенных и адсорбированных илом органических соединений;
- нитрификация и регенерация активного ила. Избыточный активный ил удаляется из сооружения.

«Увеличение концентрации ила в сточной воде приводит к росту скорости очистки, но требует усиления аэрации, для поддержания

концентрации кислорода на необходимом уровне. Таким образом, аэробная переработка стоков включает в себя следующие стадии:

- адсорбция субстрата на клеточной поверхности;
- расщепление адсорбированного субстрата внеклеточными ферментами;
- поглощение клетками растворенных веществ;
- рост и эндогенное дыхание;
- высвобождение экскретируемых продуктов;
- «Выедание» первичной популяции организмов вторичными потребителями;

В идеале это должно приводить к полной минерализации отходов до простых солей, газов и воды. На практике очищенная вода и активный ил из аэротенка подаются во вторичный отстойник, где происходит отделение активного ила от воды. Часть активного ила возвращается в систему очистки, а избыток активного ила, образовавшийся в результате роста микроорганизмов, поступает на иловые площадки, где обезвоживается и вывозится на поля. Избыток активного ила можно также перерабатывать анаэробным путем. Переработанный активный ил может служить как удобрением, так и кормом для рыб, скота» [3].

## **1.2 Описание технологического процесса биологической очистки сточных вод на очистных сооружениях ООО «Тольяттикаучук»**

Очистные сооружения ООО «Тольяттикаучук» принимают следующие стоки с предприятий Северного промышленного узла: хозяйственно-бытовые, промышленные и химически загрязненные. На биологических очистных сооружениях ООО «Тольяттикаучук» используют механические методы очистки - процеживание с использованием механических граблей, гравитационное отстаивание в первичных отстойниках с осветлением сточных вод, флотация в аэраторах смесителях. После механической очистки

сточные воды направляются на биологическую очистку, где происходит процесс потребления микроорганизмами, содержащихся в иловой смеси (активный ил), загрязнений, оставшихся после механической очистки.

Далее очищенные стоки проходят процесс обеззараживания в хлораторной и насосами сбрасываются в Саратовское водохранилище р. Волги.

«Химически загрязненные, промышленные и хозяйственно бытовые сточные воды предприятий Северного промышленного узла: ПАО «КуйбышевАзот», ООО «Тольяттикаучук», а также хозяйственно-бытовые сточные воды Центрального района г. Тольятти ООО «Волжские коммунальные системы», ООО «Химзавод», ПАО «КуйбышевАзот», смешанные с промышленными стоками ОАО «Трансформатор», ОАО «ВЦМ» и другими организациями и предприятиями «коммунальные стоки» по трубопроводам подаются в приемные камеры: I, II, III очереди очистных сооружений» [22].

«Из приемных камер химически загрязненные, промышленные сточные воды по самотечным железобетонным лоткам поступают на усреднители I, II очереди очистных сооружений, а на III очереди очистных сооружений в полимерловушку.

После усреднителей I, II очереди очистных сооружений сточные воды по самотечным железобетонным лоткам поступают через распределительные камеры на радиальные первичные отстойники, крошка каучука задерживается в секциях усреднителя.

После полимерловушки III очереди очистных сооружений сточные воды по самотечным железобетонным лоткам поступают на усреднители, а с них на четырех секционный горизонтальный отстойник.

В полимерловушки III очереди очистных сооружений крошка каучука задерживается в трех секциях и накапливается на водной поверхности.

В преаэротенках-усреднителях - сточные воды усредняются по составу загрязнений и pH, а также проходят предварительную биологическую

очистку, осуществляемую за счет аэрации, а также избыточного активного ила, подаваемого с насосной станции» [21].

«Насыщение кислородом иловой смеси в усреднителях осуществляется за счет подачи через перфорированную систему аэрации сжатого воздуха от воздуходувной станции цеха.

Интенсивность подачи воздуха на аэрацию регулируется задвижками.

В первичных отстойниках промышленных сточных вод происходит процесс осветления – взвешенные вещества, коагулированный активный ил и шлам оседают на дно, а осветленные сточные воды направляются на биологическую очистку.

Перед проведением биологической очистки, осветленные промышленные сточные воды объединяются в самотечных железобетонных лотках с осветленными хозяйственно-бытовыми сточными водами, после чего общий поток осветленных вод направляется на смешение в аэраторы-смесители.

Хозяйственно-бытовые сточные воды проходят механическую очистку. Грубые взвешенные вещества задерживаются на механических граблях, оседание песка происходит в песколовках, осаждение взвешенных частиц происходит в первичных радиальных отстойниках» [21].

В аэраторах-смесителях помимо полного смешения осветленных промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод также происходят следующие процессы: флокуляция и коагуляция, насыщение кислородом.

Из аэраторов смешанные сточные воды направляются на биологическую очистку в аэротенки. В аэротенках происходит биологическая очистка – процесс потребления микроорганизмами (активным илом) загрязнений, используемых ими в качестве питательного субстрата.

Активный ил на аэротенки поступает по напорным трубопроводам от насосных станций. Время пребывания стоков в аэротенке 17-19 часов. Насыщение сточных вод кислородом в аэротенках осуществляется при

помощи аэраторов, обеспечивающих мелкопузырчатое диспергирование воздуха.

Иловая смесь после аэротенков направляется на радиальные вторичные отстойники.

Активный ил оседает на дно отстойников и удаляется с помощью илососов.

«Осветленные очищенные стоки после вторичных радиальных отстойников по подземному самотечному трубопроводу поступают в приемный резервуар очищенных сточных вод блока доочистки. Из приемного резервуара очищенные сточные воды при помощи насосов подаются на барабанные сетки, в которых задерживаются взвешенные вещества размером более 1,0мм» [22].

«Из камеры одна часть доочищенных и обеззараженных сточных вод самотеком по трубопроводу DN800 направляется в коллектор DN1000 на насосную станцию №6 МУП «Производственное объединение коммунального хозяйства г.Тольятти», а другая поступает в резервуар чистой воды блока доочистки» [22].

«Из резервуара чистой воды доочищенные и обеззараженные сточные воды насосами откачиваются по двум напорным трубопроводам DN900 на объединенную насосную станцию №3 ПАО «ТольяттиАзот», расположенную на территории очистных сооружений ПАО «КуйбышевАзот», а часть стоков насосами подается на промывку песчаных фильтров.

Активный ил из вторичных отстойников выводится самотеком по трубопроводу в камеру активного ила иловой насосной станции, откуда подается в регенераторы.

Избыточный активный ил при помощи насоса №3 иловой насосной станции на биокоагуляцию в лоток хозяйственно-бытовых сточных вод первичными отстойниками. Избыточный активный ил собираемый в отстойниках выводится с напорной линии насосов насосной станции №3 по трубопроводу в илоуплотнители №1,2, где он уплотняется в течение 12-18

часов и выводится самотеком по трубопроводу в камеру №3 насосной станции №3, откуда при помощи насосов откачивается на иловые площадки.

Иловая вода с илоуплотнителями №1,2 по самотечному трубопроводу поступает в камеру насосной станции №3. Иловая вода при помощи насосов направляется в лоток промышленных сточных вод перед усреднителями-преаэротенками.

Схемой предусматривается отвод избыточного активного ила, собираемого в отстойниках на биокоагуляцию в усреднители-преаэротенки. После биокоагуляции осадок ила скапливается вместе со шламом на дне секций первичного горизонтального отстойника и выводится в камеру шлама насосной станции №2, откуда насосами №№1,2 откачивается на иловые площадки» [21].

Технологический процесс очистки производственных сточных вод представлен на блок-схеме (рис.1).

Биологическая очистка представлена на блок-схеме (рис.2).

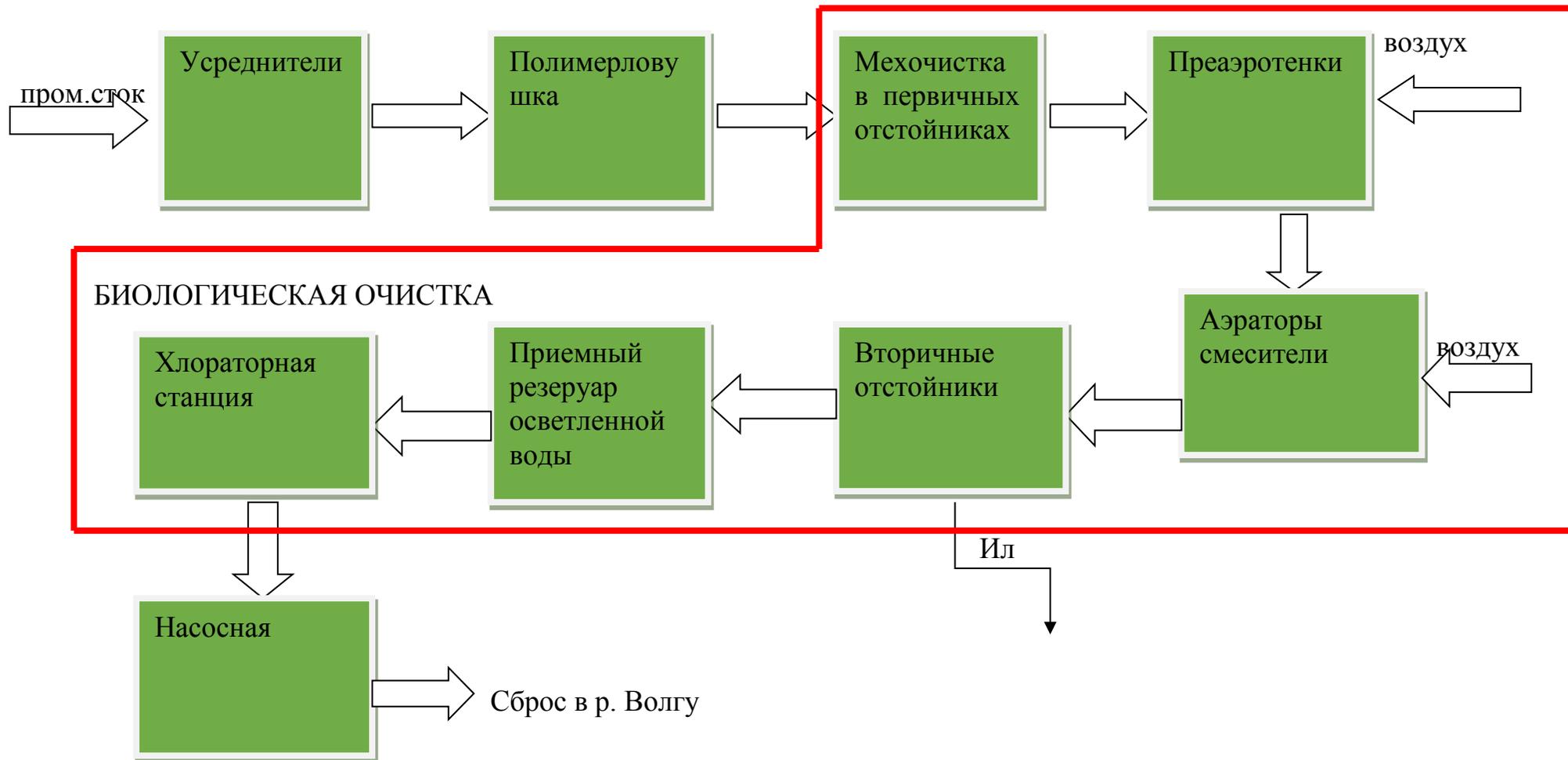


Рисунок 1 - Блок-схема биологических очистных ООО «Тольяттикаучук»

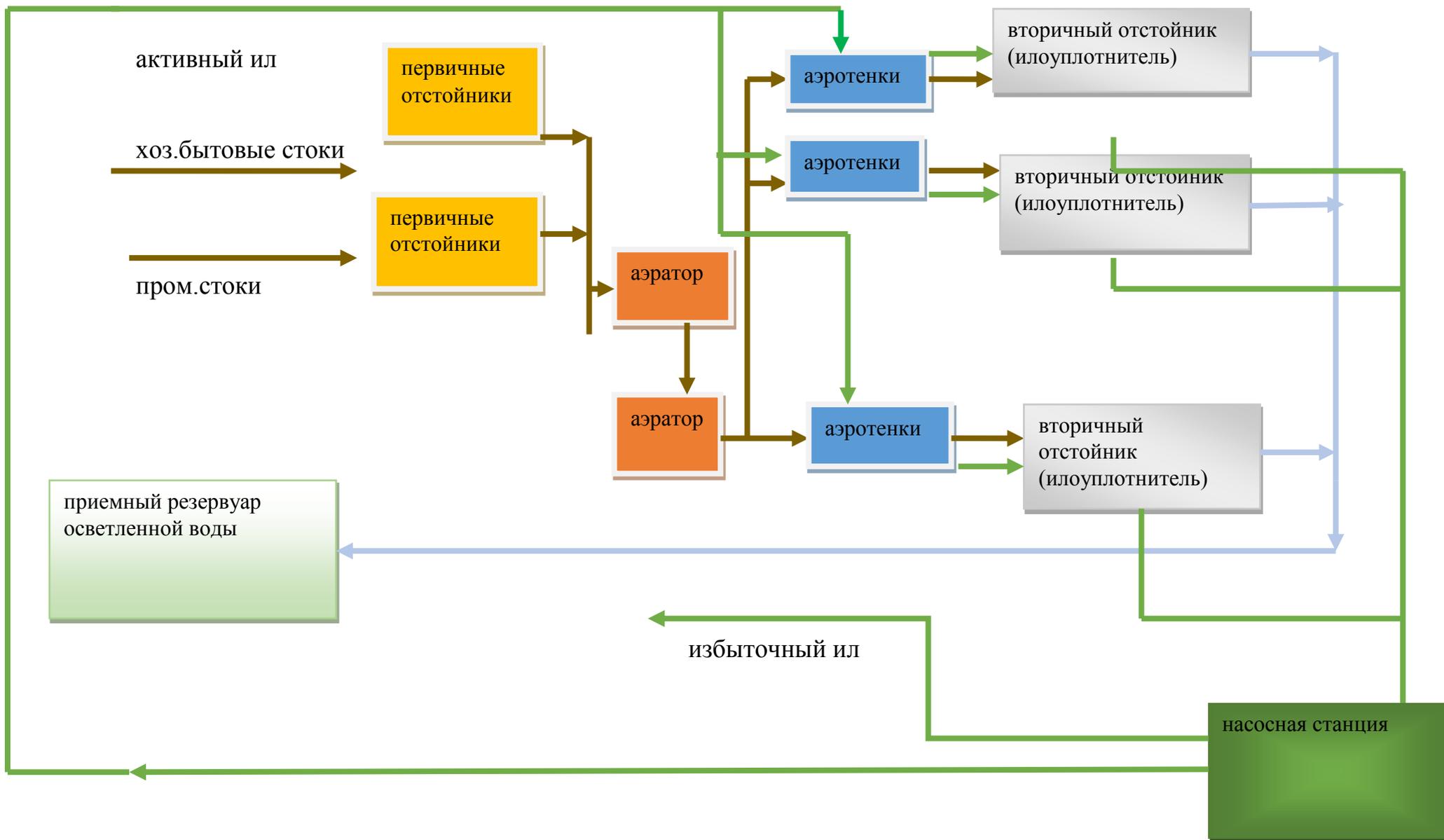


Рисунок 2 - Блок-схема стадии биологической очистки на ООО «Тольяттикаучук»

### **1.3 Описание существующей проблемы качества очистки сточных вод на биологических очистных сооружениях ООО «Тольяттикаучук».**

По протоколам наблюдения сточных вод, сбрасываемых в Саратовское водохранилище р. Волги после биологической очистки (см. Приложение А), наблюдается превышение норматива разрешения на сброс предельно допустимой концентрации по БПК<sub>полн</sub>, азоту аммонийному, а также нефтепродуктам, что может говорить о том, что действующая технологическая схема работает не эффективно.

Известно, что нефтепродукты отрицательно влияют на экосистему водоемов рек.

«Влияние нефтепродуктов на живые организмы проявляется в нарушениях физиологической активности, болезнях, вызванных внедрением углеводов в организм, изменениях в биологических особенностях среды обитания и т. д» [10].

«Часть содержащихся в нефти фракций являются токсичными. Необходимо отметить, что чем выше концентрация данных фракций при поглощении или растворении их в воде, тем выше их токсичность. Нефть образует токсичные эмульсии, которые вызывают удушье у живых организмов.

Нефтепродукты, попадающие в водную среду, могут разрушаться микроорганизмами, хотя данный процесс идёт достаточно медленно. Нефтепродукты могут накапливаться на дне водоёмов, это приводит к вторичному загрязнению окружающей среды» [11].

По данным «Доклада о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2015 год» [12] качество воды в Куйбышевском водохранилище характеризовалось как «загрязненная» 3А класса. Характерными загрязняющими веществами воды, по которым

повторяемость превышения 1 ПДК составляла 70 и 87%, являлись трудноокисляемые органические вещества (по ХПК) и соединения меди.

При рассмотрении данных «Доклада о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2020 год» [13] состояние качества воды в Куйбышевском водохранилище не улучшилось так и осталось в пределах класса, а процент загрязнения трудноокисляемыми органическими веществами (по ХПК) увеличился до значений 96% и 89%.

В виду увеличения мощности производств предприятий Северного промышленного узла, а следовательно и роста объема сточных вод, поступающих на очистные сооружения ООО «Тольяттикаучук», требуется внесение изменений в технологический процесс биологической очистки с увеличением качества сбрасываемого стока.

Таким образом, необходимо рассмотреть возможность увеличения качества сточных вод путем улучшения процесса биоценоза активного ила, рассмотрена установка дополнительного блока оборудования, последовательно соединенного между собой (насосная станция, емкость для обработки активного ила, емкость для хранения перекиси водорода, насос-дозатор подачи перекиси водорода и насос для подачи активного ила) для увеличения эффективности биологической очистки сточных вод от биогенных веществ до уровня, разрешающего сброс очищенных сточных вод в водоемы рыбохозяйственного назначения.

#### **1.4 Описание процессов биологической очистки сточных вод.**

Очистка промышленных стоков осуществляется преимущественно путем биологической очистки за счет использования способностей микроорганизмов - биоценоза активного ила к поглощению загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах. Т.е. использовать растворенные загрязнения в качестве источника питания для поддержания процессов жизнедеятельности.

«Таким образом, на линию БОСВ (биологическая очистка сточных вод) приходится самая высокая нагрузка при обезвреживании стоков. В результате биоокисления часть веществ разлагается на воду, диоксид углерода нитрат- и сульфат-ионы, а другая часть используется активным илом для наращивания биомассы» [14].

«Биологическая очистка возможна только для сточных вод, содержащих загрязнения, которые могут быть подвергнуты деградации биоценозом активного ила. БОСВ может протекать в присутствии кислорода – аэробный режим, и в его отсутствии – анаэробный. При аэробной обработке микроорганизмы активного ила находятся либо во взвешенном состоянии, либо в прикрепленном – биопленке. Анаэробный способ биоокисления преимущественно используют для обезвреживания осадков» [15,25].

«Биоценоз активного ила представлен как автотрофными, так и гетеротрофными микроорганизмами. Доминирование указанных групп микроорганизмов в биологической среде зависит от внешних факторов и степени их воздействия.

Автотрофные микроорганизмы отличаются от гетеротрофных по источнику углеродного питания: гетеротрофы используют готовые вещества органической природы и перерабатывают их в энергию, автотрофные микроорганизмы для биосинтеза используют углерод неорганического происхождения, а непосредственно энергию могут получать за счет таких процессов как: фото- и хемосинтез, переработка энергии света, окисление азотсодержащих неорганических соединений, например, аммиака, нитритов, а также других – серы ее соединений, соединений железа и прочих» [16,28].

«В результате осуществления биоокисления в условиях аэробного процесса гетеротрофные микроорганизмы увеличивают свою биомассу, а также происходит выделение неорганических соединений таких, как  $\text{CO}_2$ , P,  $\text{N}_2$ :

- вещества органической природы +  $\text{O}_2$  + P +  $\text{N}_2$  → гетеротрофы +  $\text{H}_2\text{O}$  +  $\text{CO}_2$  + растворенные вещества, не поддающиеся биологическому

окислению;

- гетеротрофы + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> + P + N + H<sub>2</sub>O + часть вещества клетки, которое является биологически неразрушаемым.

В очищенном стоке могут находиться в растворенном состоянии остатки биологически не окисленных веществ, в то время как коллоидные примеси и нерастворенные соединения извлекаются из воды сорбцией.

Основными факторами, влияющими на интенсивность процесса, являются:

- оптимальный баланс источников углеродного и азотистого питания и обеспечивающий этот баланс технологический режим;
- наличие биогенных элементов;
- исключительная приспособляемость микроорганизмов к изменяющимся условиям существования;
- симбиотический характер существования микробных ассоциаций, что позволяет сформировать активный ил с усиленными физиологическими свойствами» [17].

«Для создания специфической микрофлоры необходимо подавать на биологические очистные сооружения сточные воды стабильного состава в течение продолжительного времени. Это способствует индуцированию ферментов и в последствии – адаптации биоценоза активного ила. В результате формируется биоценоз активного ила с повышенными окислительными свойствами, что приводит к росту окислительной мощности сооружений биоочистки. Специфическая микрофлора активного ила способна нивелировать залповые сбросы стоков, содержащих высокие концентрации загрязнителей» [18].

«По своей структуре активный ил представляет собой коллоидную систему в виде хлопьев и комочков, состоящую из живых организмов, населяющих остатки твердого неорганического субстрата, поступившего на линию БОСВ, частично отмирающих микроорганизмов» [14]. «В состав

активного ила входят различные компоненты: клетчатка, белки, полуоновые кислоты, полисахариды. При помощи полисахаридов, выделенных слизиобразующими бактериями, бактериальные клетки скрепляются в хлопья, на поверхности которых сорбируются и концентрируются поступающие со сточными водами вещества» [19].

«В целом активный ил представляет собой сложную искусственную экосистему, обитатели которой находятся на разных трофических уровнях. Биоценоз активного ила отличается от любого природного биоценоза отсутствием продуцентов, обусловленным поступлением на линию БОСВ уже готовых органических соединений» [20].

«Функциональные особенности биоценоза активного ила характеризует группа структурных показателей, к основным из которых относятся: массовая концентрация биомассы активного ила, иловый индекс, скорость оседания. Качество очистки сточных вод и стабильный режим работы линии БОСВ напрямую зависят от указанных структурных показателей. Чем выше иловый индекс и ниже скорость оседания, тем большее количество активного ила выносится из биореакторов, что приводит к снижению концентрации биомассы в зоне биоокисления, а следовательно – к снижению эффективности очистки и ухудшению качества очищенных сточных вод. При постоянном режиме подачи стоков и их качественно-количественном составе в активного ила формируются крупные и компактные хлопья, с высокими флокулирующими характеристиками» [12,40].

«Биоценоз активного ила состоит из укрупненных групп: бактерии, грибы, актиномицеты, микроводоросли (диатомовые, зеленые, эвгленовые, вольвоксовые), а также включает простейших и многоклеточных: жгутиконосцев, саркодовых, инфузорий, первичнополостных, вторичнополостных и брюхооресничных червей, коловраток, тихоходок, паукообразных, в том числе клещей» [19].

«В иле аэротенка, который работает эффективно, обычно находят 10–15 видов простейших, достаточно равномерно представленных либо с незначительным преобладанием одного-двух видов. В таком иле редко обнаруживаются мелкие амебы и жгутиковые, в основном развиваются разнообразные инфузории, но преобладают брюхоресничные и кругоресничные инфузории.

Любое нарушение в работе аэротенка приводит к снижению числа видов простейших, преобладанию одного или двух видов, к изменению размера и подвижности организмов. Так, при недостатке в сооружении кислорода преимущественное развитие получают простейшие, способные существовать в условиях кислородного дефицита. Это в основном жгутиковые простейшие, из инфузорий развивается инфузория-туфелька. Вортицеллы отрываются от стебелька и раздуваются. У кругоресничных инфузорий ресничный диск замкнут» [27,37]. Некоторые индикаторные простейшие активного ила представлены на рис. 3.

Виды простейших микроорганизмов активного ила

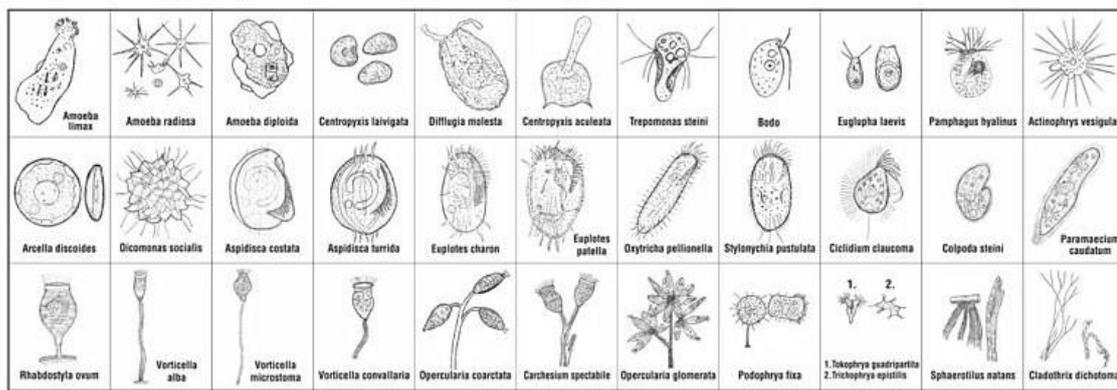


Рисунок 3 - Некоторые индикаторные простейшие активного ила [28]

«Состав населения биоценоза активного ила напрямую зависит от качественных и количественных характеристик поступающего на очистку стока» [36].

«Основными представителями биоценоза активного ила, осуществляющими биохимические процессы разложения безазотистых, азотосодержащих и белковых соединений, недоокисленных органических веществ, амоний-, жиро-, углеродсодержащих компонентов сточных вод, являются именно бактерии.

Биоценоз активного ила характеризуется тремя трофическими уровнями, схема которых представлена на рисунке 4:

– первый уровень представлен первичными гетеротрофными потребителями загрязняющих веществ: бактериями, водорослями, грибами, простейшими;

– второй уровень составляют голозойные простейшие, питающиеся твердыми частицами: жгутиконосцы, раковинные корненожки;

– третий уровень включает хищных представителей биоценоза АИ: коловраток, сосущих инфузорий, тихоходок, нематод» [27].

«Отдельные группы микроорганизмов играют определенную роль в процессах БОСВ и обеспечения стабильности биоценоза АИ. Бактерии *Aeromonas*, *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* и др. преимущественно осуществляют биоокисление органических и доокисление минеральных соединений. Простейшие *Sarcodina*, *Mastigophora*, *Flagellata*, *Ciliata*, *Suctoria* помимо непосредственного участия в минерализации растворенных веществ также регулируют видовой состав биоценоза активного ила, снижая его биомассу, обеспечивают прозрачность надилловой воды и укрупнение иловых хлопьев» [36].

«Соотношение между группами микроорганизмов активного ила может значительно изменяться в зависимости от разных факторов, так, при затрудненной аэрации, при анаэробных условиях более 15 минут существенно угнетаются аэробные представители, в активном иле наблюдается массовое развитие нитчатых и грибов, что приводит ухудшению седиментационных свойств хлопьев – вспуханию» [38].

Процесс вспухания активного ила при рассмотрении под микроскопом показан на рисунке 5.

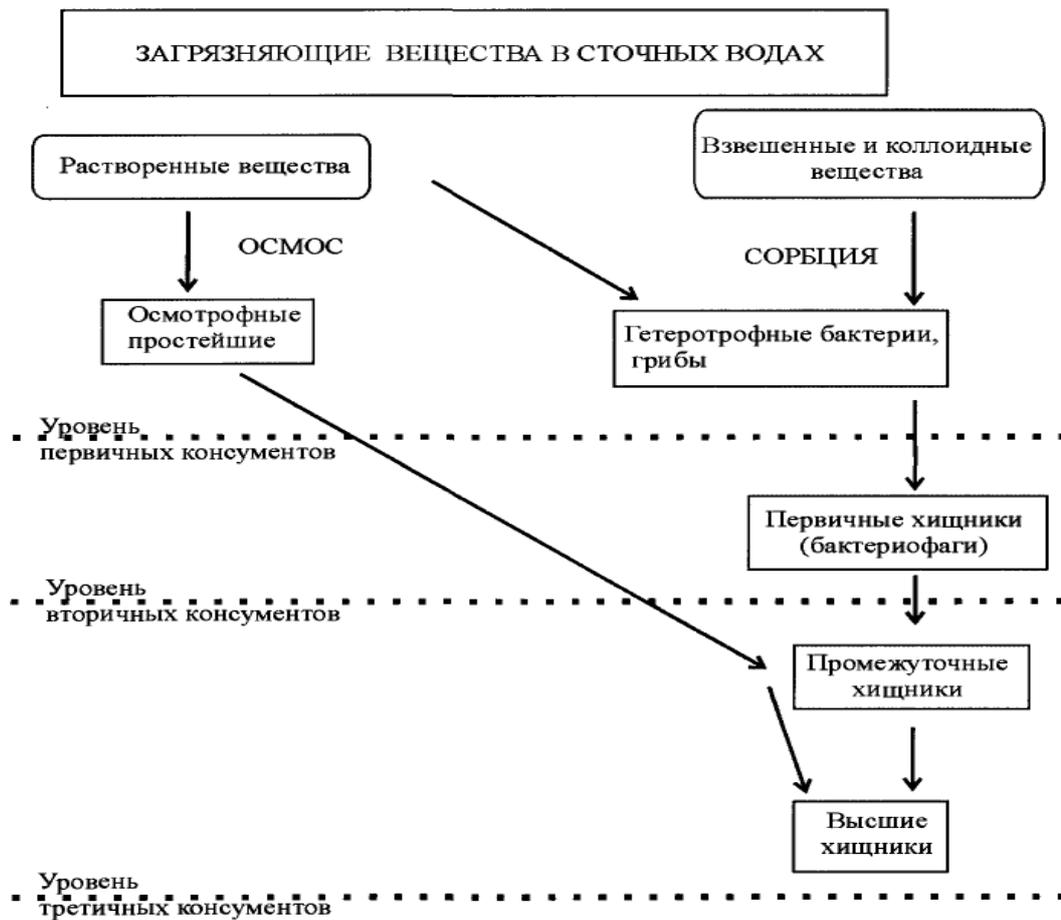


Рисунок 4 - Схема трофических уровней биоценоза активного ила [23]

## Вспухание активного ила



Рисунок 5 - Вспухание активного ила при рассмотрении его под микроскопом

Выводы по разделу 1:

При рассмотрении существующей технологии биологической очистки на ООО«Тольяттикаучук» выявлено:

- низкая эффективность стадии взаимодействия активного ила,
- ряд факторов негативно влияющих на биоценоз,
- при увеличении количества активного ила в данной технологии не возможно получить положительный эффект и требуемые концентрации загрязняющих веществ.

## **2 Оптимизация технологии биологической очистки.**

### **2.1 Анализ существующих технологических решений по повышению качества биологической очистки**

«Разработка технологий (методов) по интенсификации существующих схем биологической очистки сточных вод направлена на снижение платы за сброс загрязненных сточных вод, уменьшение капитальных и эксплуатационных затрат за счет сокращения инвестиций в реконструкцию станций очистки сточных вод, снижения текущих затрат на сбор и очистку сточных вод, капитальный ремонт основных фондов по сбору и очистке сточных вод» [16].

«Основными путями интенсификации работы очистных сооружений являются:

- изменение аппаратного оформления процесса очистки сточных вод;
- применение дополнительных физико-химических методов обработки сточных вод;
- использование потенциала микроорганизмов активного ила в биологической стадии очистки сточных вод.

Первые два пути в большинстве случаев связаны либо с необходимостью значительных капитальных затрат, либо с возникновением вторичного загрязнения, которое также необходимо будет обеззараживать и перерабатывать. Последний путь представляется наиболее перспективным как не требующий капитальных затрат, с одной стороны, и высокоэффективным, с другой» [29].

Обзор существующих методов улучшения качества сточных вод, снижению показателей ХПК, БПК, азоту аммонийному представлены в таблице

1.

Таблица 1 - Обзор существующих методов улучшения качества сточных вод на основе результатов проведения патентно-информационного поиска

№ патента	Описание	Достоинства	Недостатки
1	2	3	4
<p>№2121461, C02F 3/30, опубл. 10.11.1998</p>	<p>«Способ очистки сточных вод от фенолов, роданидов и аммонийного азота. Сточные воды обрабатывают в аэротенке бактериальным илом на основе нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий при рН среды не менее 7,0 с возвратом бактериального ила обратно в цикл. Сточные воды пропускают через аэротенк со скоростью, обеспечивающей удельную нагрузку по аммонийному азоту 0,03-0,4 кг на 1 м<sup>3</sup> полезного объема аэротенка в сутки при непрерывном аэрировании воды во всем объеме аэротенка» [].</p>	<p>При предложенных параметрах процесса очистки стало возможным в аэробных условиях осуществлять одновременное протекание нитрификации - окисления аммонийного азота до нитритов и/или нитратов и денитрификации - восстановления нитритов и/или нитратов до газообразного азота и тем самым исключить выделение денитрификации в специальную стадию.</p>	<p>Невозможность одновременного осуществления нитрификации и денитрификации при непрерывном аэрировании.</p>

Продолжение таблицы 1

<p>№2209186, C02F 3/02, опубл. 27.07.2003</p>	<p>Способ очистки сточных вод от органических соединений. Очистку осуществляют путем окисления фенолов активным илом в периодическом режиме с дополнительным внесением высококонцентрированных сточных вод порциями не более 5 г/л по фенолам и перекиси водорода порциями не более 20 г/л непосредственно в среду биоокисления в течение всего процесса без оттока жидкой среды. Микроорганизмы активного ила предварительно адаптируют к концентрациям фенола не более 2,0 г/л и перекиси водорода не более 3,0 г/л без уменьшения интенсивности биологического окисления.</p>	<p>Технический эффект - повышение текущей концентрации фенолов в очищаемых сточных водах до 5,0 г/л, значительное повышение скорости процесса, снижение объема очистных сооружений и стоков на выходе не менее чем в 10 раз.</p>	<p>Очень большой расход перекиси водорода, которая используется как химический окислитель фенолов, и периодический режим работы, что приводит к значительным объемам очистных сооружений.</p>
---	--	--	---

Продолжение таблицы 1

<p>№2097338, C02F 3/00, опубл. 27.11.1997</p>	<p>Изобретение относится к обработке воды и может быть использовано при биохимической очистке бытовых и промышленных сточных вод предприятий различных отраслей промышленности. Предлагаемый способ заключается в проведении очистки в присутствии активного ила и гетерогенной каталитической добавки. В качестве последней применяется полифункциональный катализатор, работающий как в аэробных, так и анаэробных условиях, содержащий оксиды переходных металлов и полиэтилен высокого давления (ПВД). В качестве оксидов переходных металлов катализатор содержит оксид марганца</p>	<p>Способ позволяет значительно повысить эффективность процесса очистки от органических, сероорганических и азотных соединений, исключив при этом отдувку легколетучих органических соединений в воздух в широком интервале исходных концентраций.</p>	<p>Необходимость установки катализатора в аэротенки с возможностью его замены</p>
---	---	--	---

Продолжение таблицы 1

	(IV), оксид хрома (VI), оксид молибдена (VI), оксид никеля (II).		
№ 2586155, С1 опубл. 05.03.2015	«Способ биологической очистки сточных вод активным илом, включающем обработку активного ила перекисью водорода, не менее 70% активного ила подвергают обработке перекисью водорода в течение 2 часов в непрерывном режиме с внесением перекиси водорода в количестве от 2 до 4 (масс. %) от абсолютно сухого вещества (АСВ) активного ила при постоянном перемешивании. Под действием перекиси водорода биоценоз активного ила образует плотные агломераты (гранулы), обработки его в течение 2 часов, при концентрации перекиси водорода 3% от АСВ активного ила. Такое состояние иловой суспензии	«Позволяет повысить эффективность процесса очистки сточных вод за счет уменьшения необходимого для обработки активного ила количества перекиси водорода, непрерывного режима процесса очистки, а также за счет нахождения возвратного ила в емкости для обработки ила, что позволяет увеличить время развития для медленно растущих, например, фосфораккумулялирующих микроорганизмов. Уменьшение	«Установка дополнительного оборудования (емкость для хранения перекиси водорода, емкость для обработки активного ила, насос перекачки перекиси)» [20].

Продолжение таблицы 1

<p>№ 2586155, С1 опубл. 05.03.2015</p>	<p>характеризуется накоплением медленнорастущих микроорганизмов внутри гранулы, например фосфораккумулялирующих. Кроме того, из-за того что внутри гранул образуются анаэробные условия, а снаружи аэробные, в одном агломерате протекают процессы и нитрификации, и денитрификации» [20].</p>	<p>показателей ХПК (с 400 до 46), БПК (с 350 до 39), аммонийного азота (с 40мг/л до 10мг/л)» [20].</p>	
--	--	--	--

На основании данных представленных в таблице 1, наиболее перспективным методом является метод обработки активного ила перекисью водорода, с образованием гранул и накоплением внутри гранулы микроорганизмов, создающих условия для развития процессов нитрификации, и денитрификации.

В проведенных исследованиях, описанных в патенте № 2586155 отражены данные и представлены рисунки до и после проведения опыта по воздействию на активный ил перекисью водорода. На которых видно четкое образование агломератов активного ила.

В современных методах очистки применяют гранулированный активный ил, получаемый по технологии аэробного гранулирования с использованием пероксида водорода.

Данный способ подтверждается исследованиями Н.С. Хохлачева, Н.В. Попадько, Л.А. Митяева, А.Г. Фалина, представленных в статье «Оценка устойчивости к токсикантам аэробных гранул активного ила сооружений биологической очистки сточных вод газовой отрасли». В которой рассматривается применение технологии аэробного гранулирования активного ила с использованием воздействия оксидативного стресса (пероксида водорода).

Гранулированный аэробный активный ил представляет собой прочные сферические самообразующиеся агрегаты микроорганизмов с плотной компактной структурой и хорошей способностью к осаждению. Гранулы имеют четкие контуры и видны как отдельные объекты размером более 0,1 мм после осаждения [30]. Размер и вид гранулы представлен на рисунке 6.

«В настоящий момент технология аэробного гранулированного активного ила успешно развивается и за рубежом, и в России [5–8] и уже включена в перечень перспективных технологий биологической очистки сточных вод информационно-технического справочника наилучших доступных технологий ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с

использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» [31].

«Данный метод имеет ряд недостатков. «Несмотря на то что первые сообщения об исследовании технологии в России датируются серединой 1990-х гг., внедрение и распространение данной технологии сдерживается малым жизненным циклом гранул активного ила. Кроме того гранулы не всегда устойчивы к поступающим на очистные сооружения токсикантам, что дополнительно ограничивает их применимость, равно как и хлопьев активного ила, а дополнительное усложнение гидродинамики процесса очистки сточных вод повышает затраты» [31].

В данной работе рассмотрим метод воздействия пероксида водорода на активный ил не меняя условия проведения биологической очистки на существующих очистных сооружениях.



Рисунок 6 - Гранула активного ила, стабилизированного воздействием пероксида кислорода.

Каждая гранула представляет собой фактически микробиореактор, разделенный на участки, в каждом из которых проходят процессы

нитрификации и денитрификации, а также поддерживается активный рост фосфор-аккумулирующих микроорганизмов.

## 2.2 Обоснование выбранного решения. Коррекция технологической схемы очистки

Таким образом, проведенный анализ показал, что применение технологии обработки перекисью водорода активного ила эффективно для очистки производственных сточных вод, как хозяйственно-бытовых, так с содержащих нефтепродукты. Получаемый гранулированный активный ил обеспечивает очистку сточных вод до требуемых природоохранных нормативов.

«Также исследование подтвердило возможность и результативность использования воздействия оксидативного стресса (пероксида водорода) для интенсификации биологического процесса очистки сточных вод»[30].

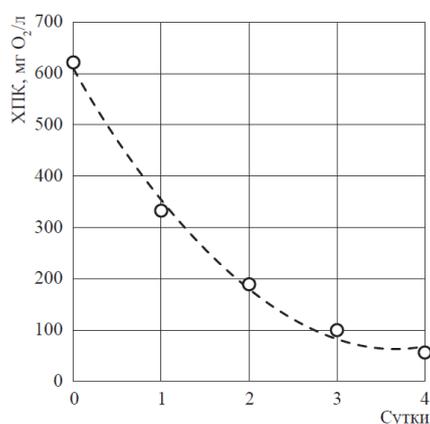


Рисунок 7 - Зависимость ХПК от времени при очистке активным илом без воздействия пероксида водорода после изменения субстрата

В существующую технологическую схему процесса добавится дополнительное оборудование по подачи перекиси водорода и емкость - отстойник с дополнительной аэрацией воздухом.

Часть сгущенной иловой суспензии после вторичных отстойников подается насосом Н-2 в новую емкость (1) для обработки активного ила, а оставшуюся часть (избыточный активный ил) подают в первичные отстойники. В емкость (1) для обработки активного ила насосом-дозатором Н-1 непрерывно подают перекись водорода из емкости (2) для хранения перекиси водорода в количестве от 2 до 4 (масс. %) от АСВ активного ила (в пересчете на 100%-ную).

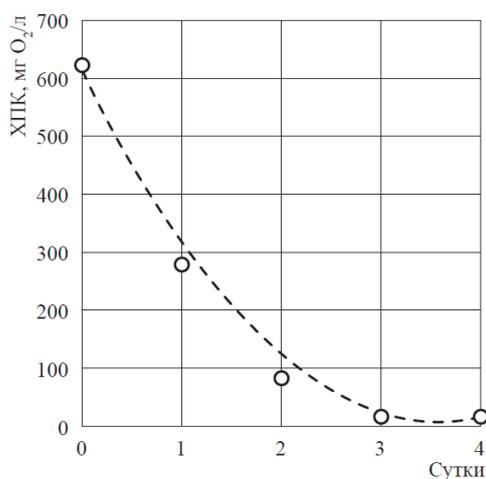


Рисунок 8 - Зависимость ХПК от времени при очистке активным илом, стабилизированным воздействием пероксида водорода после изменения субстрата

Перемешивание полученной смеси в емкости (1) для обработки активного ила осуществляют воздухом. После обработки ила перекисью водорода иловую суспензию посредством насоса для подачи иловой смеси направляют в линию активного ила в аэротенки, где и осуществляют процесс очистки сточных вод за счет интенсификации потребления загрязнений активным илом. Новая технологическая схема представлена на рисунке 9.

В проведенных исследованиях, описанных в патенте № 2586155 отражены данные и представлены рисунки до и после проведения опыта по воздействию на активный ил перекисью водорода. На которых видно четкое образование агломератов активного ила и доказана его эффективность. При

начальной концентрации БПК 350 мг/л после очистки вода имеет концентрацию в среднем 47 мг/л, также происходит снижение показателей ХПК «с 400 до 46», БПК «с 350 до 39», аммонийного азота «с 40мг/л до 10мг/л».

Соответственно, можно предположить, что при использовании обработки активного ила в промышленных масштабах данная стадия аналогичным образом улучшит качество сточных вод до требуемых нормативных показателей.

Если предположить, что темп снижения будет аналогичен показателям полученным в патенте, то результаты эффективности будут соответствовать данным таблице 2.

Таблица 2 - Превышения по показателям

Наименование показателя	Максимальная концентрация без дополнительной стадии, мг/дм <sup>3</sup>	Концентрация после дополнительной стадии, мг/дм <sup>3</sup>	Требуемые показатели концентрации, мг/дм <sup>3</sup>
БПК <sub>полн.</sub>	21,93	2,94	3,0
Азот аммонийный	1,31	0,33	0,4
Нефтепродукты	0,117	0,013	0,05

Новая технологическая схема представлена на рисунке 9.

Вывод по разделу 2:

В данном разделе были рассмотрены способы повышенной эффективности биологической очистки и улучшение качества показателей сточных вод по концентрации БПК ,ХПК ,азота аммонийного .Выбрана наиболее подходящая под существующий процесс технология применения перекиси водорода в качестве добавки к активному илу,отмечены положительные результаты по снижению требуемых показателей.

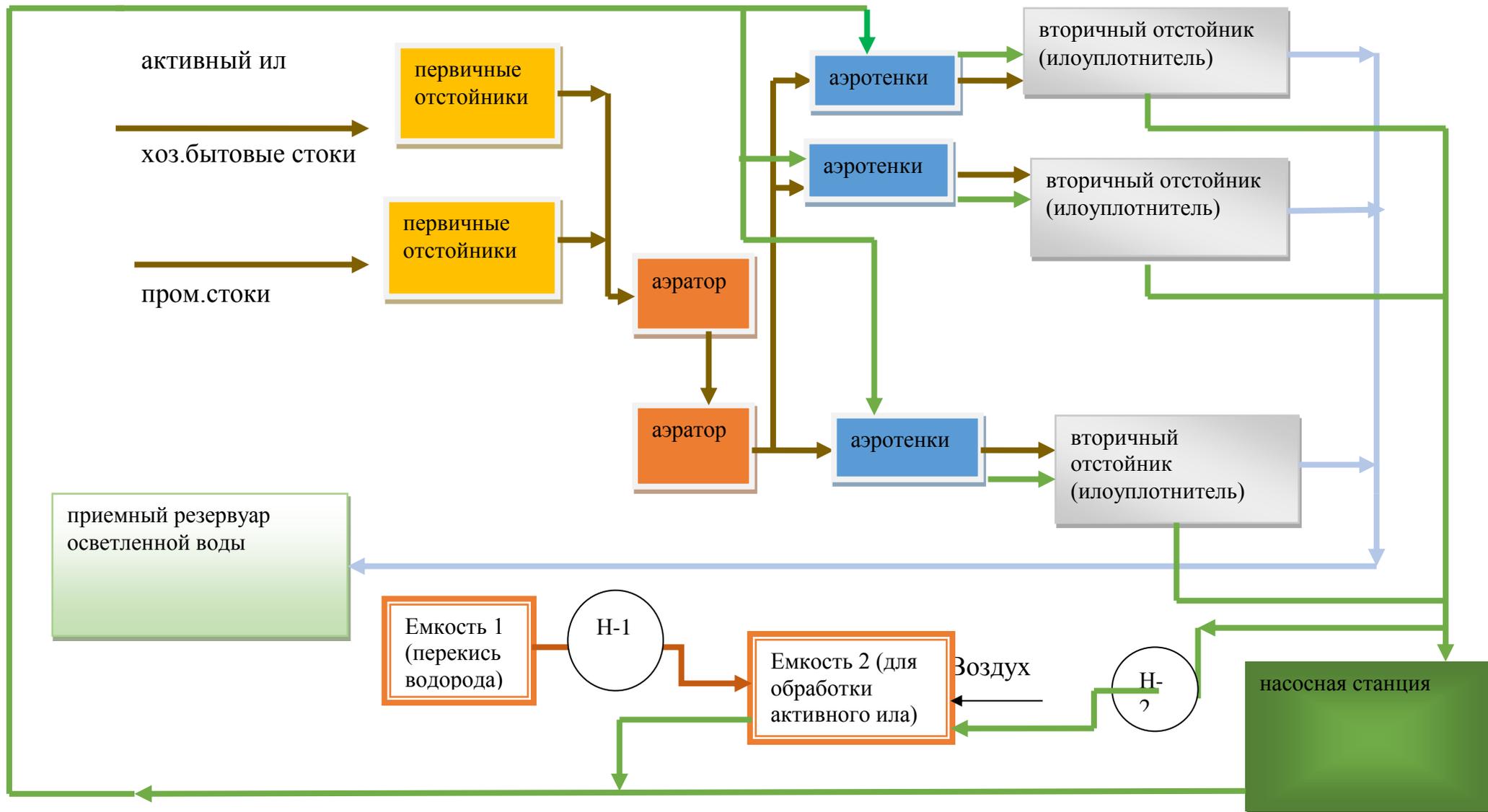


Рисунок 9 - Блок-схема стадии биологической очистки с внедрением нового оборудования

### **3 Расчетная часть**

#### **3.1 Материальный баланс**

##### **Исходные данные**

Для того, чтобы рассчитать требуемое количество перекиси водорода воспользуемся пропорциональной зависимостью представленной в расчете лабораторной установки патента №2586155.

Количество перекиси водорода подается в количестве 1,5% от АСВ (абсолютно сухое вещество) активного ила.

Расчетную величину объемного расхода жидкости из аэротенка во вторичный отстойник определим исходя из пропорциональной зависимости от объема аэротенка. Данные по объему существующих аэротенков отсутствуют, следовательно в расчетной части п.3.2.1 представлен расчет аэротенка исходя из производительности очистных сооружений.

Как указано в опыте, описанном [29] примем объемный расход равный объему аэротенка, что составляет 16087,5 м<sup>3</sup>/час (16087500 кг/час). Данный расход необходим для определения количества возвратного активного ила по сухому веществу.

Расчетным путем определим среднее значение АСВ активного ила в аэротенке, для этого примем общего количества возвратного ила 30% от общего объема аэротенка, согласно справочника [32].

Среднее значение общего количества составляет:  $16087500 \cdot 0,3 = 4826250$  кг/час. Количество возвратного активного ила по сухому веществу составляет 3-5% от общего количества.

Следовательно, среднее значение АСВ активного ила равно:  $4826250 \cdot 0,05 = 241312,5$  кг/час.

«Экспериментальным путем установлено, что для достижения требуемых параметров очистки необходимо обработать перекисью водорода не менее 70% от общего количества рециркулируемого активного ила»[29].

## Расчет

Определим массовый расход активного ила через объемный расход

Определим количество, подаваемого сгущенного ила в емкость поз.1, принимаемого равным 70% от общего расхода из пропорции:

$$241312,5 \text{ кг/час} - 100\%$$

$$x - 70\%$$

$$X = \frac{241312,5 * 70}{100} = 168918,7 \text{ кг/ч}$$

Определим количество перекиси водорода с учетом 1,5% от АСВ активного ила:

$$168918,7 \text{ кг/ч} - 100\%$$

$$x - 1,5\%$$

$$X = \frac{168918,7 * 1,5}{100} = 2533,8 \text{ кг/ч}$$

Расчет выполнен на 100%-ный раствор перекиси водорода. Требуется приготовление 4%-ого раствора. Определим массу раствора по формуле 1:

$$m_{\text{р-ра}} = \frac{m_{\text{в-ва}}}{\omega}, \quad (1)$$

где  $m_{\text{в-ва}}$  - масса перекиси водорода,  $m_{\text{в-ва}} = 2533,8 \text{ кг/час}$

$\omega$  - массовая доля вещества в растворе,  $\omega = 0,04$

$$m_{\text{р-ра}} = \frac{2533,8}{0,04} = 63344,5 \text{ кг/ч}$$

Определим, требуемое количество воздуха для перемешивания активного ила и перекиси водорода в емкости поз.1 по формуле 2. Исходя из объема емкости поз.1, определяемого в п.3.2.2

$$G = k \times V, \quad (2)$$

где  $k$  - интенсивность  $3 \text{ м}^3/\text{час}$ , принятая исходя из пропорциональной зависимости, подаваемого воздуха, описанного в опыте [29].

$V$  - объем емкости  $220 \text{ м}^3$

$$G = 3 \times 220 = 660 \text{ м}^3/\text{час}$$

Переведем объемный расход воздуха в массовый по формуле 3:

$$m = G \times \rho , \quad (3)$$

где "ρ - плотность воздуха, ρ = 1,28кг/м<sup>3</sup>" [20]

$$m = 1100 \times 1,28 = 1408 \text{ кг/час}$$

Проектный материальный баланс представлен в блок-схеме рисунка 10:

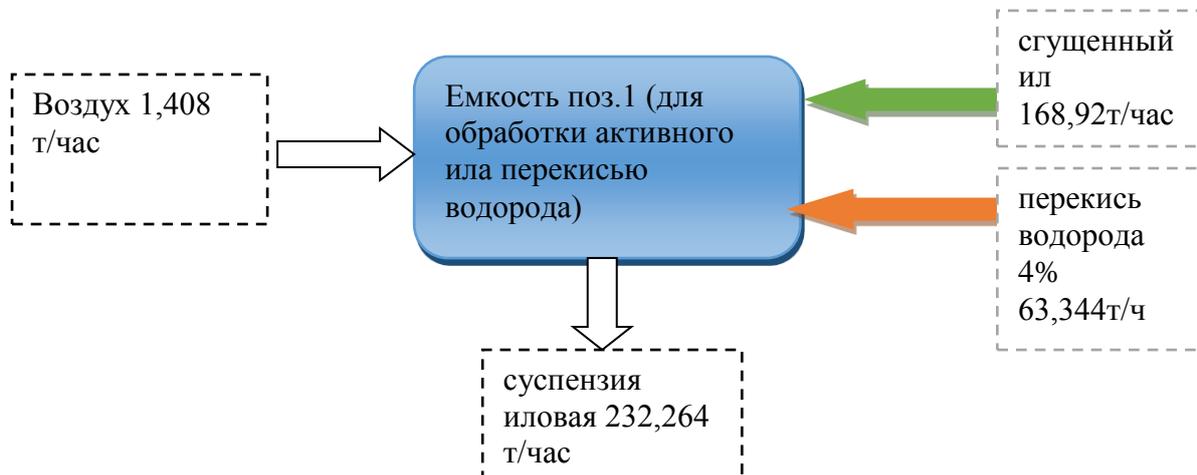


Рисунок 10 - Материальный баланс

## 3.2 Расчет оборудования для подачи перекиси водорода

### 3.2.1 Расчет объема существующего аэротенка

Исходные данные:

Рассчитаем требуемый объем аэротенка для возможности прохождения через него общего объема стоков и соответствия с существующими аэротенками.

Расчетный часовой расход сточных вод ( $q_{\text{о}}$ )  $q_{\text{о}} = 6875 \text{ м}^3/\text{час}$  (исходя из производительности очистных сооружений  $165000 \text{ м}^3/\text{сут}$ )

Величина БПК<sub>полн</sub> исходной воды  $L_{\text{ен}} - 250 \text{ м}^2/\text{л}$  [26].

Требуемая величина БПК<sub>полн</sub>  $L_{\text{ex}} - 15 \text{ м}^2/\text{л}$

Допустимый вынос ила из вторичных отстойников (илоуплотнителей)

$$a_t = 15 \text{ м}^2/\text{л}.$$

### Расчет:

Определим степень рециркуляции  $R_i$  формуле: (4)

$$R_i = \frac{a_i}{(a_f - a_i)}, \quad (4)$$

где  $a_f$  - иловый индекс, ч/л ( $a_f = 120$ )

$$R_i = 3 / \left( \frac{1000}{120} - 3 \right) = 0,56$$

Определим величину БПК<sub>полн</sub> воды, поступающей в начало аэротенка  $L_{mix}$  определяется по формуле с учетом разбавления циркуляционным илом: формула: (5)

$$L_{mix} = \frac{L_{en} + L_{ex} \times R_i}{1 + R_i} \quad (5)$$

$$L_{mix} = \frac{250 - 15 \times 0,56}{1 + 0,56} = 154,9 \text{ м}^2/\text{л}$$

Период пребывания сточных вод в аэротенки рассчитывается по формуле: (6)

$$t_{ai} = \frac{2,5}{\sqrt{a_i}} \times l_q \frac{L_{mix}}{L_{ex}} \quad (6)$$

$$t_{ai} = \frac{2,5}{\sqrt{3}} \times L_q \frac{155}{15} = 1,5 \text{ ч}$$

Доза ила в регенераторе определяется зависимостью по формуле: (7)

$$a_r = \left( \frac{1}{2 \times R_i} + 1 \right) \times a_i \quad (7)$$

$$a_r = \left( \frac{1}{2 \times 0,56} + 1 \right) \times 3 = 5,7 \frac{\text{ч}}{\text{л}}$$

Определим удельную скорость окисления ( $\rho$ ). Концентрация кислорода ( $C_{O_2}$ ) и доза ила ( $a_r$ ) определяется оптимизационным расчетом  $C_{O_2} = 2$  мг/л,  $a_r = 5,7$  г/л

По формуле : (8)

$$\rho = \rho_{max} \times \frac{L_{ex} \times C_{O_2}}{L_{ex} \times C_{O_2} + K_i \times C_{O_2} + K_O \times L_{ex}} \times \frac{1}{1 + \varphi \times a_i} \quad (8)$$

$\rho_{max}$  - максимальная скорость окисления

" $\rho_{\max}=140$  м/ч БПК<sub>полн</sub>/(г·ч)" [33]

$C_{O_2}$  - концентрация растворенного кислорода

$C_{O_2}=2$ м<sup>2</sup>/л

$K_i$  - константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, мг·БПК<sub>полн</sub>/л, " $K_i=6$  мг·БПК<sub>полн</sub>/л"[33]

" $K_0$  - константа, характеризующая влияние кислорода, мг·О<sub>2</sub>/л,  $K_0=2,4$  мг·О<sub>2</sub>/л" [33]

$\phi$  –коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила  
" $\phi=1,11$ " [33]

$$\rho = 140 \times \frac{15 \times 2}{15 \times 2 + 6 \times 2 + 2,4 \times 15} \times \frac{1}{1 + 1,11 \times 3} = 12,4$$

Продолжительность окисления загрязнения рассчитывается по формуле: (9)

$$t_o = \frac{l_{en}-l_{ex}}{R_i \times a_r (1-s) \times \rho} \quad (9)$$

S - это зольность ила; для производств синтетического каучука "s=0"  
[34]

$$t_o = \frac{250 - 15}{0,56 \times 5,7 \times (1 - 0) \times 12,4} = 5,9$$

Определим продолжительность регенерации ила по формуле: (10)

$$t_r = t_o - t_{ai} \quad (10)$$

$$t_r = 5,9 - 1,5 = 4,4$$

Определим продолжительность пребывания в системе аэротенк-регенератор по формуле (11):

$$t = (1 + R_1)t_{atu} + R_1 \times t_r \quad (11)$$

$$t = (1 + 0,56) \times 1,5 + 0,56 \times 4,4 = 4,8$$

Объём аэротенка определим по формуле: (12)

$$w_{at} = t_{atu} \times (1 + R_i) \times q \times \omega$$

$$w_{at} = 1,5 \times (1 + 0,56) \times 6875 = 16087,5 \text{ м}^3$$

### 3.2.2 Расчет объема емкости поз.1

Определим объем емкости для перекиси водорода исходя из материального баланса.

Общий расход раствора перекиси водорода равен  $G = 63344,5$  кг/час

Объемный расход определим по формуле 3, где  $\rho$  - плотность раствора перекиси водорода ( $\rho = 998$  кг/м<sup>3</sup>).

Объемный расход раствора перекиси водорода равен:  $G = 63,5$  м<sup>3</sup>/час.

$$V_{\text{емк}} = \frac{63344,5}{998} = 63,5 \text{ м}^3$$

Общий объем примем с 20% запасом:

$$63,5 \text{ м}^3 - 80\%$$

$$x \quad - 100\%$$

$$X = \frac{63,5 \times 100}{80} = 79,4 \text{ м}^3$$

Подбираем стандартную емкость объемом 80 м<sup>3</sup>, с габаритными размерами: высота 3,9 м, диаметром 3,0 м.

### 3.2.3 Расчет объема емкости поз.2

Определим объем емкости для обработки активного ила периодического пребывания исходя из материального баланса.

Общий расход равен:

$$G = 168918,7 + 63344,5 = 232263,2 \text{ кг/час}$$

Объемный расход определим через среднюю плотность иловой суспензии [37]:

$$\rho = \omega_1 \times \rho_1 + \omega_2 \times \rho_2, \quad (12)$$

где  $\omega_1$  - мольная доля активного ила;

$\omega_2$  - мольная доля раствора перекиси водорода;

$\rho_1$  - плотность активного ила ( $\rho_1 = 1600$  кг/м<sup>3</sup> [35] );

$\rho_2$  - плотность раствора перекиси водорода ( $\rho_2 = 998$  кг/м<sup>3</sup> [21]).

Мольную долю активного ила определим по пропорции от общего количества:

$$\omega_1 = \frac{168918,7 \times 100}{232263,2} = 73\% = 0,73$$

Соответственно мольная доля раствора перекиси водорода равно:

$$\omega_2 = 1 - 0,73 = 0,17$$

$$\rho = 0,73 \times 1600 + 0,17 \times 998 = 1338 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{емк}} = \frac{232263,2}{1338} = 173,6 \text{ м}^3$$

Общий объем примем с 20% запасом:

$$173,6 \text{ м}^3 - 80\%$$

$$x \quad - 100\%$$

$$X = \frac{173,6 \times 100}{80} = 217 \text{ м}^3$$

Подбираем стандартную емкость объемом 220 м<sup>3</sup>, с габаритными размерами: высота 3,8 м, диаметром 8,2 м.

### 3.2.4 Расчет насоса Н-1 подачи перекиси водорода

Насос предназначен для подачи раствора перекиси водорода в емкость поз.1. Для обеспечения работы оборудования проводится расчет насосного оборудования на проектную мощность.

Величина полного напора развиваемого насосом в м. столба перекачиваемой жидкости:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \times g} + H_2 + h_n, \quad (13)$$

где  $P_1, P_2$  – давление в пространствах нагнетания и всасывания жидкости соответственно, Па;

$\rho$  – плотность перекачиваемой жидкости;

$H_2$  – геометрическая высота подъема жидкости, м;

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$h$  – напор, затрачиваемый на создание скорости и на преодоление местных сопротивлений.

Диаметр трубопровода 0,125 м.

Расход раствора перекиси водорода берем из материального баланса -  $63344,5 \text{ кг/ч} = 63,5 \text{ м}^3/\text{час} = 0,018 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Высота (H) установки насоса – 3,5 м. Емкость Е-1 - заглубленная, насос будет расположен в насосной, разница высот от максимального уровня до отметки установки насоса 3,5 м.

Скорость движения активного ила в трубе находим по формуле 14:

$$\omega = \frac{H \times G}{\pi \times d^2}, \quad (14)$$

где H - высота установки насоса, м;

G – расход,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

d – диаметр трубопровода, м.

$$\omega = \frac{3,5 \times 0,018}{3,14 \times 0,125^2} = 1,3 \text{ м/с}$$

Скорость течения ила принимаем 1,3 м/с.

Определяем потери на трение и местные сопротивления, для этого находим критерий Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \times d \times \rho}{\mu}, \quad (15)$$

где  $\omega$  - скорость потока, м/с

$\rho$  – плотность перекачиваемой жидкости,  $\text{кг/м}^3$ ;

d – диаметр трубопровода, м.

$\mu = 0,79 \cdot 10^{-3}$  – вязкость активного ила, Па·с

$$Re = \frac{1,3 \times 0,125 \times 998}{0,79 \times 10^{-3}} = 20528$$

$Re > 20528$

Отсюда следует, что режим турбулентный. Абсолютную шероховатость трубопровода принимаем  $\Delta = 2 \cdot 10^{-4}$  м.

$$\text{Тогда } e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \times 10^{-4}}{0,125} = 0,016$$

Далее получим

$$\frac{1}{e} = 800; 560 \frac{1}{e} = 448000; 10 \frac{1}{e} = 8000;$$

$$8000 < Re < 20528$$

Таким образом, в трубопроводе имеет место смешанное трение, и расчет коэффициента трения  $\lambda$  проводим по формуле:

$$\lambda = 0,11 \times \left( e + \frac{68}{Re} \right) \times 0,25, \quad (16)$$

где  $e$  - средняя высота выступов шероховатости, м,

$Re$  - критерий Рейнольдса

$$\lambda = 0,11 \times \left( 0,016 + \frac{68}{20528} \right) \times 0,25 = 0,0004$$

Определим сумму коэффициента местных сопротивлений отдельно для всасывающей линии:

1. Вход в трубу принимаем с острыми краями  $\zeta_1 = 0,5$

2. Прямоточные вентили:

для  $d = 125 \text{ мм}$   $\zeta = 0,42$

для  $d = 100 \text{ мм}$   $\zeta = 0,36$

Методом интерполяции находим для  $d = 0,125 \text{ м} = 133 \text{ мм}$   $\zeta = 0,39$ .

Умножая на поправочный коэффициент  $k = 0,925$ , получаем  $\zeta_2 = 0,36$

3. Отводы: коэффициент  $A=1$ , коэффициент  $B=0,09$ ,  $\zeta_3 = 0,09$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений во всасывающей линии:

$$\sum \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 = 0,5 + 0,36 + 0,09 = 0,95$$

$$\sum \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 = 0,5 + 0,36 + 0,09 = 0,95$$

Потерянный напор на всасывающей линии находим по формуле 17:

$$h_n = \left( \lambda + \frac{l}{d_3} + \sum_{\text{мс}} \right) \frac{\omega^2}{2 \times g}, \quad (17)$$

где  $\lambda$  - коэффициент трения,

$d_3$  - эквивалентный диаметр, м

$\sum \zeta$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений,

$\omega$  - скорость потока, м/с

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$$h_n = \left( 0,0004 \frac{10}{0,125} + 0,95 \right) \frac{1,3^2}{2 \times 9,81} = 0,3 \text{ м}$$

Для нагнетательной линии:

1. Отводы под углом 90°  $\zeta_1 = 0,09$

2. Нормальные вентили :

для  $d = 150 \text{ мм}$   $\zeta = 0,42$

Принимаем для  $d = 0,15 \text{ м}$   $\zeta_2 = 0,39$

3. Выход из трубы  $\zeta_3 = 1$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений в нагнетательной  
линии

$$\sum \zeta = 0,09 + 0,42 + 0,39 = 0,93$$

Потерянный напор в нагнетательной линии по формуле 17:

$$h_n = \left( 0,0004 \frac{10}{0,125} + 0,93 \right) \frac{1,3^2}{2 \times 9,81} = 0,24 \text{ м}$$

Общие потери напора:

$$h_n = 0,3 + 0,24 = 0,54 \text{ м}$$

Находим напор насоса, подставив значения в формулу 13:

$$H = \frac{(0,3 - 0,02) \times 10^6}{998 \times 9,18} + 3,5 + 0,54 = 35,6 \text{ м. вод. ст}$$

Полезную мощность, затрачиваемую на перекачивание жидкости, определяем по формуле 18:

$$N_n = Q \times \rho \times g \times H \quad (18)$$

где Q – подача (расход), м<sup>3</sup>/с;

H – напор насоса, м ст. перекачиваемой жидкости,

$\rho$  – плотность раствора перекиси водорода, кг/м<sup>3</sup>

$$N_n = 0,018 \times 998 \times 9,18 \times 35,6 = 5870 \text{ Вт}$$

Мощность насоса в кВт определяют по следующей формуле:

$$N = \frac{Q \times \rho \times g \times H}{1000 \times \eta_n \times \eta_{\text{пер}}}, \quad (19)$$

где Q – подача (расход), м<sup>3</sup>/с;

H – напор насоса, м ст. перекачиваемой жидкости;

$\eta_n$  - к.п.д. насоса (для средней подачи  $\approx 0,6$ ),

$\eta_{\text{пер}}$  - к.п.д. передачи от электродвигателя к насосу ( для центробежных насосов  $\eta_{\text{пер}} \approx 1$  ).

$$N = \frac{5870}{1000 \times 0,6 \times 1} = 9,8 \text{ кВт},$$

Необходимо установить центробежный насос для раствора перекиси водорода со следующими характеристиками:

Подача - 63,5 м<sup>3</sup>/час

Напор - 35,6 м.вод.ст

Мощность электродвигателя 9,8кВт

### 3.2.5 Расчет насоса Н-2 подачи активного ила

Насос предназначен для подачи активного ила в емкость Е-2. Для обеспечения работы оборудования проводится расчет насосного оборудования на проектную мощность.

Диаметр трубопровода (Ду150) - 0,15м.

Расход активного ила берем из материального баланса - 168918,7 кг/ч = 105,6м<sup>3</sup>/час=0,029 м<sup>3</sup>/с.

Высота (Н) установки насоса – 1,5м. Емкость Е-2 будет находится на поверхности, насос будет расположен в насосной, разница высот от максимального уровня до отметки установки насоса 1,5 м.

Скорость движения активного ила в трубе находим по формуле 14:

$$\omega = \frac{1,5 \times 0,029}{3,14 \times 0,15^2} = 1,0 \text{ м/с}$$

Скорость течения ила принимаем 1 м/с.

Определяем потери на трение и местные сопротивления, для этого находим критерий Рейнольдса по формуле 15:

$\mu = 1,2 \cdot 10^{-3}$  – вязкость активного ила, Па·с

$$Re = \frac{1 \times 0,15 \times 1600}{1,2 \times 10^{-3}} = 20000$$

$Re > 20000$

Отсюда следует, что режим турбулентный. Абсолютную шероховатость трубопровода принимаем  $\Delta = 2 \cdot 10^{-4}$  м.

$$\text{Тогда } e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \times 10^{-4}}{0,15} = 0,013$$

Далее получим

$$\frac{1}{e} = 800; 560 \frac{1}{e} = 448000; 10 \frac{1}{e} = 8000;$$

$8000 < Re < 20000$

Таким образом, в трубопроводе имеет место смешанное трение, и расчет коэффициента трения  $\lambda$  проводим по формуле (16):

$$\lambda = 0,11 \times \left( 0,013 + \frac{68}{33000} \right) \times 0,25 = 0,0004$$

Сумму коэффициента местных сопротивлений примем как для насоса Н-1.

Общие потери напора:

$$h_n = 0,3 + 0,24 = 0,54 \text{ м}$$

Находим напор насоса, подставив значения в формулу 13:

$$H = \frac{(0,3 - 0,02) \times 10^6}{1600 \times 9,18} + 1,5 + 0,54 = 27,5 \text{ м. вод. ст}$$

Полезную мощность, затрачиваемую на перекачивание жидкости, определяем по формуле 18:

$$N_n = 0,029 \times 1600 \times 9,18 \times 27,5 = 11714 \text{ Вт}$$

Мощность насоса в кВт определяем подставив значения в формулу 19:

$$N = \frac{11714}{1000 \times 0,6 \times 1} = 19,5 \text{ кВт}$$

Необходимо установить центробежный насос для перекачки стоков со следующими характеристиками:

Подача - 105,6 м<sup>3</sup>/час

Напор - 27,5 м.вод.ст

Мощность электродвигателя 19,5кВт

### **3.3 Расчет расходов на уплату штрафов за негативное воздействие на окружающую среду**

Определим годовую сумму расходов от уплаты штрафов за превышение концентрации загрязняющих веществ и фактических

показателей сточных вод, отводимых в Саратовское водохранилище по формуле 20:

$$П = (\text{Макс}(K_{i1}) + \sum K_{i2} + \text{Макс}(K_{i3}) + \sum K_{i4} + K_{ipH} + K_{iT} + K_{i\text{ПОС}} + K_{i\text{жиры}} + K_{i\text{ПХБ}} + \text{Макс}(K_{is})) \times T \times Q_{\text{пр}}, \quad (20)$$

где  $\text{Макс}(K_{i1})$  - максимальные из всех значений кратностей превышения фактической концентрации  $i$ -го загрязняющего вещества или фактического показателя свойств сточных вод абонента над максимальным допустимым значением концентрации  $i$ -го загрязняющего вещества или показателя свойств сточных вод (далее - кратность превышения ( $K_i$ ) по веществам (показателям));

$\text{Сумм}(K_{i2})$  - суммарные значения кратностей превышения ( $K_i$ ) по веществам (показателям), отнесенным к группе 2 согласно перечню, предусмотренному приложением N 5 [39];

$\text{Макс}(K_{i3})$  - максимальные из всех значений кратностей превышения ( $K_i$ ) по веществам (показателям), отнесенным к группе 3 согласно перечню, предусмотренному приложением N 5 [39];

$\text{Сумм}(K_{i4})$  - суммарные значения кратностей превышения ( $K_i$ ) по веществам (показателям), отнесенным к группе 4 согласно перечню, предусмотренному приложением N 5 [39];

$K_{ipH}$  - значение кратности превышения ( $K_i$ ) по водородному показателю (рН), которое принимается равным коэффициенту воздействия водородного показателя (рН) согласно перечню, предусмотренному приложением N 5 к настоящим Правилам, на основании значения водородного показателя (рН), заявленного абонентом в декларации либо зафиксированного в контрольной пробе сточных вод абонента, если оно отличается от значения, заявленного абонентом в декларации

$K_{iT}$ ,  $K_{i\text{лос}}$ ,  $K_{i\text{жиры}}$ ,  $K_{i\text{ПХБ}}$  - значения кратностей превышения ( $K_i$ ) соответственно по температуре, летучим органическим соединениям, жирам, полихлорированным бифенилам;

Макс( $K_{i5}$ ) - максимальные из значений кратностей превышения ( $K_i$ ) по веществам, отнесенным к группе 5 согласно перечню, предусмотренному приложением N 5 [39];

T - тариф на водоотведение, действующий для абонента, без учета налога на добавленную стоимость, учитываемого дополнительно (руб./куб. метр);

$Q_{пр}$  - объем сточных вод, отведенных (сброшенных) с объекта абонента через канализационный выпуск, определенный по показаниям прибора учета сточных вод (для поверхностных сточных вод расчетным способом).

Кратность превышения ( $K_i$ ) определяется по формуле 21:

$$K_i = \left( \frac{\Phi K_i - ДК_i}{ДК_i} \right) \times KB, \quad (21)$$

где  $\Phi K_i$  - фактическая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества или фактический показатель свойств сточных вод абонента, указанные абонентом в декларации либо полученные в ходе осуществления контроля состава и свойств сточных вод, проводимого организацией, осуществляющей водоотведение, на конкретном канализационном выпуске ( $\text{мг/дм}^3$ ) [39].

$ДК_i$  - максимальное допустимое значение концентрации  $i$ -го загрязняющего вещества или показателя свойств сточных вод согласно перечню, предусмотренному приложением N 5 ( $\text{мг/куб. дм}$ ) [39];

KB - коэффициент воздействия загрязняющего вещества или показателя свойств сточных вод согласно перечню, предусмотренному приложением N 5 [39].

Определим кратность превышения ( $K_i$ ) по показателям БПК и нефтепродуктов для этого подставим максимальные значения этих показателей из таблицы Приложения А [39] в формулу 21:

$$K_i(\text{БПК}) = \left( \frac{21,93 - 3}{3} \right) \times 0,7 = 4,417$$

$$K_i(\text{нефтепродукты}) = \left( \frac{0,155 - 0,05}{0,05} \right) \times 1 = 2,1$$

Определим годовую сумму расходов от уплаты штрафов за превышение концентрации нефтепродуктов и БПК сточных вод подставим значения в формулу 20:

$$\Pi = (4,417 + 2,1) \times 28,07 \times 16087,5 = 2942921,6 \text{ руб/год}$$

Определим затраты на закупку дополнительного оборудования и представим их в таблице 2.

Таблица 3- Затраты на дополнительное оборудование

Наименование оборудования	Количество	Стоимость, тыс. руб.
Емкость поз.1 (хранения перекиси водорода)	1	300
Емкость поз.2 (промежуточного отстоя активного ила)	1	750
Насос поз. Н-1 (для подачи перекиси водорода)	1	1 208
Насос поз. Н-2 (для подачи суспензии активного ила)	1	2 350
Воздуходувка	1	1 796
Итого:		6 404

Ориентировочная стоимость реализации проекта с учетом затрат на строительство и стоимости сырья составит 70% от стоимости оборудования.

$$K = (6404 \times 0,7) + 6404 = 10886,8 \text{ тыс. руб}$$

Срок окупаемости определяем по формуле 22:

$$T = \frac{\Delta K}{\Delta T} \quad (22)$$

где  $\Delta T$  – расходы на уплату штрафов

$$T = \frac{10886,8}{2942,922} = 3,7 \text{ года}$$

Выводы по разделу 3:

В представленном разделе был произведен расчет материального баланса, где определено требуемое количество 4% перекиси водорода, которое составляет 63,34 т/час, необходимое количество воздуха на аэрацию 1,408т/час. Рассчитано и подобрано оборудование для реализации схемы подачи перекиси водорода, а именно насос для подачи перекиси водорода из расходной емкости, расходная емкость для перекиси водорода, емкость для смешения ила с перекисью, насос для откачки обработанного ила. Представлена ориентировочная стоимость реализации проекта и рассчитан положительный эффект, срок окупаемости которого составляет 3,7 года.

## Заключение

В данной работе рассмотрена проблема низкой эффективности существующей системы очистки производственных и хозяйственных сточных вод на ООО "Тольяттикаучук", ухудшает естественный биоценоз реки Волги, куда производится сброс. Чтобы избежать негативного воздействия на окружающую среду, необходимо принимать меры по увеличению качества очистки.

На основе анализа имеющихся методов, выбран способ обработки активного ила перекисью водорода, для увеличения агломерации активного ила. За счет этого происходят процессы нитрофикации и динитрофикации внутри агломерата. Следовательно, снижаются показатели аммонийного азота, ХПК и БПК, которые на данный момент имеют превышающие значения. Предложенный в работе метод позволяет улучшить качество очистки воды, путем установки дополнительного оборудования и снижения концентрации показателей до нормативных требований. По данным материального баланса требуется 63,34 т/час 4-х % перекиси водорода и 1,408 т/час воздуха на аэрацию. Исследуемый метод позволит решить такие задачи: увеличение эффективности биоценоза, снижение показателей содержания в стоках аммонийного азота, БПК и нефтепродуктов, снижение расходов на уплату штрафов за превышение концентрации загрязняющих веществ. Рассчитано и подобрано оборудование для реализации схемы подачи перекиси водорода. Представлена ориентировочная стоимость реализации проекта и рассчитан положительный эффект, срок окупаемости которого составляет 3,7 года.

Также применение данной технологии позволяет использовать ее как дополнительную стадию не требующую каких-либо изменений в существующем аппаратном и технологическом оформлении процесса очистки.

## Список используемых источников

1. Анциферов А. В. Повышение эффективности очистки сточных вод промышленных предприятий на биологических очистных сооружениях // Водочистка. 2018. № 3. С. 29-35.
2. Богданович Н. И. Процессы и аппараты очистки сточных вод: учебное пособие. Архангельск: САФУ, 2018. 115 с. ISBN 978-5-261-01282-5. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/161825> (дата обращения: 30.10.2023).
3. Брагинский Л.Н. Моделирование аэрационных сооружений для очистки сточных вод Л.: Химия, 1980. 144 с.
4. Бычкова О. В. Экологическая биотехнология : учебное пособие / О. В. Бычкова. — Санкт-Петербург : Троицкий мост, 2021 — Часть 1 : Биологическая очистка сточных вод — 2021. — 100 с. — ISBN 978-5-4377-0137-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/175261> (дата обращения: 20.09.2023).
5. Вайсман Я. И. Микробиология и основы биотехнологии : учебное пособие / Я. И. Вайсман, Т. А. Зайцева, Л. В. Рудакова. — Пермь : ПНИПУ, 2008. — 203 с. — ISBN 978-5-398-00081-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/161022> (дата обращения: 23.11.2023).
6. Введение в направление. Биотехнология : учебное пособие / Л. С. Дышлюк, О. В. Кригер, И. С. Миленьева, А. В. Позднякова. — Кемерово : КемГУ, 2014. — 157 с. — ISBN 978-5-89289-810-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/60191> (дата обращения: 23.11.2023).
7. Гудков А.Г., Проектирование малых очистных сооружений канализации с искусственной биологической очисткой: Учебное пособие. Вологда: ВоГТУ, 2000. 60 с.
8. Жердев В.Н. Видовой состав активного ила из аэротенков ЛОС/

В. Н. Жердев, Л. Н. Студеникина, М. В. Шелкунова // Модели и технологии природообустройства. — 2016. — № 2. — С. 34-39. — ISSN 2500-0624. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/314235> (дата обращения: 28.08.2023).

9. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: Изд-во ООО «АКВА-РОС», 2003. 512 с.

10. Зайцева И.С., Зайцева Н.А., Воронина А.С. Методы интенсификации биологической очистки сточных вод в аэротенках // Вестник КузГТУ. 2010. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-intensifikatsii-biologicheskoy-ochistki-stochnyh-vod-v-aerotenkah> (дата обращения: 17.10.2023).

11. Залётова Н. А. Опыт эксплуатации очистных сооружений с применением двухступенчатой схемы нитри-денитрификации // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 11. С. 33-38.

12. Каратаев О.Р., Шамсутдинова З.Р., Хафизов И.И. Очистка сточных вод биологическими методами// Вестник Казанского технологического университета. 2015. №22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-stochnyh-vod-elektrohimicheskimi-metodami> (дата обращения: 05.10.2022).

13. Кирсанов В. В. Определение средней нагрузки на активный ил в биотехнологиях для очистки производственных сточных вод, характеризующихся нестабильной концентрацией загрязнений // Вестник Казанского технологического университета. 2015. №11. с.216-218.

14. Колотова О.И., Владимцева Н.В., Герман И.В., Соколова И.В., Использование природных неорганических веществ для интенсификации биотехнологических процессов, Вестник Казанского технологического университета, 16, 23, 132-135 (2013).

15. Кузнецов А. Е., Градова Н. Б., Лушников С. В. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие. М. Энгельхарт; 4-е изд. Москва:

Лаборатория знаний, 2020. 1164 с. ISBN 978-5-00101-849-0. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/152034> (дата обращения: 26.09.2022).

16. Машанов А. И. Микробиология с основами биотехнологии : учебное пособие / А. И. Машанов. — Красноярск : КрасГАУ, 2015. — 168 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/187159> (дата обращения: 13.09.2023).

17. НПО «Экологические инновационные разработки». URL: <https://www.npo-eir.ru> (дата обращения: 16.10.2023).

18. Основы биотехнологии : учебное пособие / Н. Е. Павловская, И. В. Горькова, И. Н. Гагарина, А. Ю. Гаврилова. — Орел : ОрелГАУ, 2014. — 208 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/71477> (дата обращения: 23.11.2023). »  
(Основы биотехнологии : учебное пособие / Н. Е. Павловская, И. В. Горькова, И. Н. Гагарина, А. Ю. Гаврилова. — Орел : ОрелГАУ, 2014. — 208 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/71477> (дата обращения: 05.09.2023)).

19. Патент №2586155, С1опубл. 05.03.2015. Способ биологической очистки сточных вод и устройство для его осуществления.[Электронный ресурс]:URL:[https://yandex.ru/patents/doc/RU2586155C1\\_20160610](https://yandex.ru/patents/doc/RU2586155C1_20160610).

20. Постоянный технологический регламент цеха водоснабжения и водоочистки участка биологической очистки сточных вод ТР-ЦВВ-БОС-11-18. Часть 1.

21. Постоянный технологический регламент цеха водоснабжения и водоочистки участка биологической очистки сточных вод ТР-ЦВВ-БОС-11-18. Часть 2.

22. Салогуб Е. В. Основы микробиологии и биотехнологии : учебное пособие / Е. В. Салогуб, Н. С. Кузнецова, Т. В. Иванова. — Чита : ЗабГУ, 2022. — 120 с. — ISBN 978-5-9293-3070-4. — Текст : электронный // Лань :

электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/363428> (дата обращения: 23.09.2023).

23. Синицын А.П. Имобилизованные клетки микроорганизмов / А.П. Синицын [и др.]. — М.: Изд-во МГУ, 1994. — 288 с.

24. Сокольский А.Ф. Влияние абиотических факторов на биоценоз активного ила очистных сооружений / А.Ф. Сокольский, О.В. Тюменцева // Научный потенциал регионов на службу модернизации. — 2013. — № 2(5). — С. 121-125. — ISSN 2306-5516. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/290784> (дата обращения: 04.10.2023).

25. Рехтин А. Ф. Проектирование сооружений для очистки сточных вод : учебное пособие / А. Ф. Рехтин, Е. Ю. Курочкин, Б. П. Лашкивский. — Томск : ТГАСУ, 2016. — 314 с. — ISBN 978-5-93057-623-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/138996> (дата обращения: 23.11.2023).» (Рехтин, А. Ф. Проектирование сооружений для очистки сточных вод : учебное пособие / А. Ф. Рехтин, Е. Ю. Курочкин, Б. П. Лашкивский. — Томск : ТГАСУ, 2016. — ISBN 978-5-93057-623-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/138996> (дата обращения: 05.09.2023).

26. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения.

27. Тюменцева О.В. Планирование оптимальных условий функционирования экосистемы активного ила / О.В. Тюменцева // Научный потенциал регионов на службу модернизации. — 2013. — № 3(6) Том 2. — С. 62-65. — ISSN 2306-5516. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/290785> (дата обращения: 03.10.2023).

28. Фауна аэротенков: атлас / под ред. Л.А. Кутиковой. — Л.:Наука, 1984. — 262 с.

29. Хохлачев Н.С., Попадько Н.В., Митяева Л.А., Фалина А.Г., «Оценка устойчивости к токсикантам аэробных гранул активного ила сооружений// Научно-технический сборник · Вести газовой науки.2007, С.88-93.

30. Шуваева Г. П. Микробиология с основами биотехнологии (теория и практика) : учебное пособие / Г. П. Шуваева, Т. В. Свиридова, О. С. Корнеева. — Воронеж : ВГУИТ, 2017. — 315 с. — ISBN 978-5-00032-239-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106792> (дата обращения: 03.09.2023).

31. Шуваев А. В. Модульно-тестовые задания по химии и микробиологии воды: практикум : учебное пособие / А. В. Шуваев ; под редакцией Д. В. Глазков. — Новосибирск : СГУПС, 2021. — 115 с. — ISBN 978-5-00148-230-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/270884> (дата обращения: 23.09.2023).

32. Deng S. Sorbent Technology // Encyclopedia of Chemical Processing / Eds. by S. Lee, Marcel Dekker, Inc. – New York, 2006. – P. 2825–2845. Lina N. Abu-Ghunmi, Ahmad I. Jamrah Biological treatment of textile wastewater using sequencing batch reactor technology /Environmental Modeling & Assessment - 2020.-V 11.- I 4. - PP 333-343.

33. Experimental study of oxygen diffusion coefficients in clean water containing salt, glucose, or surfactant: Consequences on the liquid-side mass transfer coefficients/ M. Jamnongwong [et all.]// Chemicalengineeringjournal. - 2020. - V. 165. - P. 758 - 768.

34. Gerhard C. Adhangigkeit der thermischen Altotung von Microorganismen vom pH // Wert der Medien, 1. Hefen und Schimmelpilze. z. Lebensmittel Untersuch. Und. — Yorsch, 1980. — Band. 170. — Heft 3. — P. 173–179.

35. Hansen S. R. Single nutrient microbial competition: Qualitative Agreement Between Experimental and Theoretically Forecast Outcomes / S. R.

Hansen, S. P. Hubbell // Science. — 1980. — Vol. 207. — № 4438. — P. 1491–1493.

36. Harrison D. E. F. Physiological effects of dissolved oxygen tension and redox potential on growind population of microorganism // J. Appl. Chem. Biotechnol. — 1972. — Vol. 22. — № 3. — P. 417–438.

37. Kreuk M.K., de., J. Heijnen, M.C.M. van Loosdrecht. Simultaneous COD, nitrogen, and phosphate removal by aerobic granular sludge. Biotechnology and bioengineering. 2005, vol. 90, no. 6, pp. 761–769. ISSN 00063592. 7. NI, B.J. Formation, characterization and mathematical modeling of the aerobic granular sludge. Springer Science & Business Media, 2012. Pp 80-90.

38. Moss F. G. The response by microorganisms to steady-state growth in controlled concentrations of oxygen and Clucose. II., Saccharomyces carlsbergensis. / F. G. Moss, P. A. D. Richard, F. E. Buch [et al.] // Biotechnol and Bioeng. —1971. — Vol. 13. — № 1. — P. 63–75.

39. Wetterau G., Fu P., Chalmers R.B. Optimisationof wastewater reverse osmosis – improving performance through more aggressive operation. The International Desalination Association World Congress. 2021. P.44-46.

Приложение А

**Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах**

**ООО «ТольяттиКаучук»**

Приложение  
к пояснительной записке  
к отчету 2-ТП (водхоз) за 2019г.  
ООО "Тольяттикаучук"

Таблица среднегодовых концентраций загрязняющих веществ  
в сточных водах ООО "Тольяттикаучук"

Ингредиент	2018 год	2019 год
Взвешенные в-ва	39,9525	19,95592
Аммоний-ион	1,3175	3,9455
Нитрат-анион	15,21	7,201667
Нитрит-анион	0,385	0,914
Фосфаты (по фосфору)	1,08	0,85275
Железо	0,4225	0,547083
БПК полн.	21,9325	12,34
Хлорид-анион (хлориды)	109,0825	109,2689
Сульфат-анион	99,54	88,73142
АСПАВ	0,04725	0,056
Нефтепродукты	0,117	0,15525
Формальдегид	0,1105	0,04525
Цинк	0,035	0,036083
Медь	0,00625	0,007917
Никель	0,00425	0,0044
Свинец	0,0025	0,00255
Фенол	0,00075	0,002417
Фторид анион	0,5645	0,36725
Алюминий	0,102475	0,03983
Метанол	0,4325	0,30325
Бензол	0,002	0,0017
Кальций	66,975	63,83308
Магний	14,01	15,275
Карбамид (мочевина)	12,3575	11,68458
Сухой остаток	753,3575	646,4569
Титан	0,005	0,005
Хром 6+	0,004	0,005542

Начальник отдела ООС



И.П. Давыдова