МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский государственный аграрный университет»

Факультет лесного хозяйства и экологии
Кафедра «Таксации и экономики лесной отрасли»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

ТЕМА: **«ИЗУЧЕНИЕ РОСТА БИОПЛЕНКИ В БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОДАХ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ»**

Направление подготовки: 05.03.06 - Экология и природопользование
Направленность (профиль): «Экология»

Обучающийся: Гибадуллин Аскар Радикович _____
подпись

Руководитель: Губейдуллина Алсу Харисовна к.б.н., доцент _____
Ф.И.О. ученое звание подпись

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите (протокол № 11 от 17 июня 2020 г.)

И.о. зав. кафедрой: Губейдуллина Алсу Харисовна к.б.н., доцент _____
Ф.И.О. ученое звание подпись

Казань – 2020 г

Стр.

	Введение	4
ГЛАВА 1	Литературный обзор	5
ГЛАВА 2	Задача, условия и методика проведения эксперимента	
ГЛАВА 3	Собственные исследования	
	Выводы	
	Заключение	
	Список литературы	

РЕФЕРАТ

Ключевые слова: очистка сточных вод, биопленка, биологические очистные сооружения.

Аннотация: вода - один из важнейших природных ресурсов на нашей планете. К сожалению, доступность чистой воды с каждым годом становится все более дефицитной, учитывая нынешний рост образования отходов. Поскольку утилизация отходов является наилучшим способом сохранения этого истощающегося природного ресурса, в последние годы требования к очистке сточных вод стали более жесткими и актуальными. Биопленки могут быть использованы при очистке сточных вод путем окисления органических частиц и нитрификации аммония. Это исследование было сосредоточено на биологической очистке сточных вод с использованием биопленки. Биопленки выращивали в реакторном баке, на нейлоновых сетчатых каркасах и аэрированных кассетах. Реакторный бак содержал разбавленные сточные воды, которые циркулировали и насыщались воздухом. В ходе эксперимента были определены компоненты разбавленных сточных вод и проведен мониторинг эффективности использования биопленок при очистке сточных вод. Пробы сточных вод были проверены аналитическими методами. Развитие биопленки контролировалось путем измерения веса. Цель работы: изучить условия и особенности роста биопленки в бытовых сточных водах. Задачей работы являлось изучение роста биопленок в реакторе при очистке сточных вод и оценка их эффективности при очистке бытовых сточных вод. Исследование проводилось в лаборатории очистных сооружений Казанского оптико-механического завода в 2019-2020 годах.

Keywords: wastewater treatment, biofilm, biological treatment facilities.

Annotation: Water is one of the most important natural resources on our planet. Unfortunately, the availability of clean water is becoming more scarce

every year, given the current increase in waste generation. Since recycling is the best way to save this dwindling natural resource, the requirements for wastewater treatment have become more stringent and relevant in recent years. Biofilms can be used in the purification of wastewater through the oxidation of organic particles and nitrification of ammonium. This research focused on biological wastewater treatment using biofilm. The biofilms were grown in a reactor tank, on nylon mesh frames and aerated cassettes. The reactor tank contained dilute waste water, which was circulated and saturated with air. During the experiment, the components of dilute wastewater were determined and the effectiveness of biofilms in wastewater treatment was monitored. Wastewater samples were tested using analytical methods. The development of the biofilm was monitored by weight measurement. The purpose of the work: to study the conditions and features of biofilm growth in domestic wastewater. The task of the work was to study the growth of biofilms in the reactor during wastewater treatment and to evaluate their efficiency in treating domestic wastewater. The research was conducted in the laboratory of treatment facilities of the Kazan optical and mechanical plant in 2019-2020.

ВВЕДЕНИЕ

Мы полностью окружены водой ежедневно. Вода занимает 70,9% поверхности земли и составляет 70% тела среднего человека. Без сомнения, один из важнейших природных ресурсов на нашей планете – это вода. В последние годы осведомленность о наличии пресной воды значительно возросла благодаря научным прогнозам, которые утверждают, что менее чем за 20 лет две трети населения мира может столкнуться с нехваткой пресной воды. Следующий главной причиной этого нежелательного будущего станет нынешняя тенденция к увеличению объемов утилизации отходов. Чтобы предотвратить будущую нехватку воды, во многих странах действуют законы, требующие очистки сточных вод от бытовых и промышленных объектов, так что бы вода могла быть использована повторно. Для поддержания нормативов чистой воды как можно выше необходимо удалить загрязнители, которые потенциально вредны для здоровья человека. Важно отработанные воды очистить до возможности ее повторного использования, или для возврата назад в окружающую среду.

Существует несколько способов очистки сточных вод и до различных уровней, до которых они будут очищены, что и определит ее дальнейшее использование. Хотя необходимо, что бы для систем водоочистки очистные сооружения были спроектированы с учетом требований безопасности по загрязняющим веществам сточных вод. Естественные способы очистки сточных вод путем использования микроорганизмов также могут быть включены в процесс. Например, применение биопленки - эти системы используют работу бактерий, грибков, водорослей и простейших для удаления органических и неорганических веществ из окружающей их воды. Сложность создания условий активности и продуктивности биопленки требует научных изысканий из многих направлений естествознания, таких как микробиология, биохимия, инженерия, и математика. Специальности

биохимия и микробиология используются для исследования и изучения характеристик биопленки, таких как жизненный цикл, условий роста и размножения, внеклеточной полимерной матрицы и сред, в которых биопленки растут устойчиво. Инженерные и математические специальности используются для разработки методов, при которых биопленки могут улучшать нужные нам способности, и не оказывать вредное воздействие. Некоторые ситуации, в которых биопленки могут нанести вред окружающей среде, относятся к области медицины, где биопленки могут стать причиной инфекции, и где биопленки часто вызывают коррозию инструментов и оборудования [5].

Это исследование было сосредоточено на изучении роста биопленок в реакторе при очистке сточных вод и оценки эффективности очистки. Эксперимент проводился в лаборатории очистных сооружений Казанского оптико-механического завода.

ГЛАВА 1

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Очистка сточных вод является единственным существующим процессом, в котором сложно контролировать входной контроль, но при этом мы должны создать определенное качество на выходе. Очистка сточных вод имеет жизненное значение для человечества. Менее 3% от общего числа всего мирового запаса воды доступны в виде пресной воды, а соленая вода является дорогостоящей для опреснения. Вода, которая ранее использовалась в технологических процессах: приготовление пищи, гигиена и даже питье, в конечном итоге будет обратно возвращена в реку или озеро, чтобы его снова потребляли. Природа обладает способностью консервировать и очищать определенное количество отходов и загрязнений в окружающей среде. Происходит это благодаря жизнедеятельности, живущих в ней микроорганизмов и водорослей. В последние несколько десятилетий, однако, количество отходов, которые утилизируются каждый год, увеличиваются, что, следовательно, влияет на нашу окружающую среду в негативном ключе. Неспособность природы достаточно обработать увеличенное количество отходов в водоемах являются одной из причин того, почему очистные сооружения стали ключевой составляющей на пути в обеспечении человека водой. Заводы по обработке сточных вод необходимы для очистки сточных вод из промышленных, сельскохозяйственных и бытовых источников. Очищенные сточная вода поступает к озерам и рекам и повторно забирается из экосистемы, поэтому контролировать химический и бактериологический состав ее будет решающим для обеспечения здоровья населения [5].

Очистка сточных вод также необходима для защиты многих водных объектов. Сточные воды могут иметь концентрацию растворенного кислорода, а также дать избыток питательных веществ, таких как азот и фосфор. В этих условиях экосистема склонна к развитию синдром, возникающий в ответ на деятельность человека, известного как эвтрофикация. Эвтрофикация относится к чрезмерному росту растений (в основном водорослей), что приводит к изменению среды обитания от недостатка кислород, присутствующего в водоемах. На рис. 1 представлено описание процесса эвтрофикаци.

эвтрофикация

- Органическое загрязнение, обусловленное деятельностью

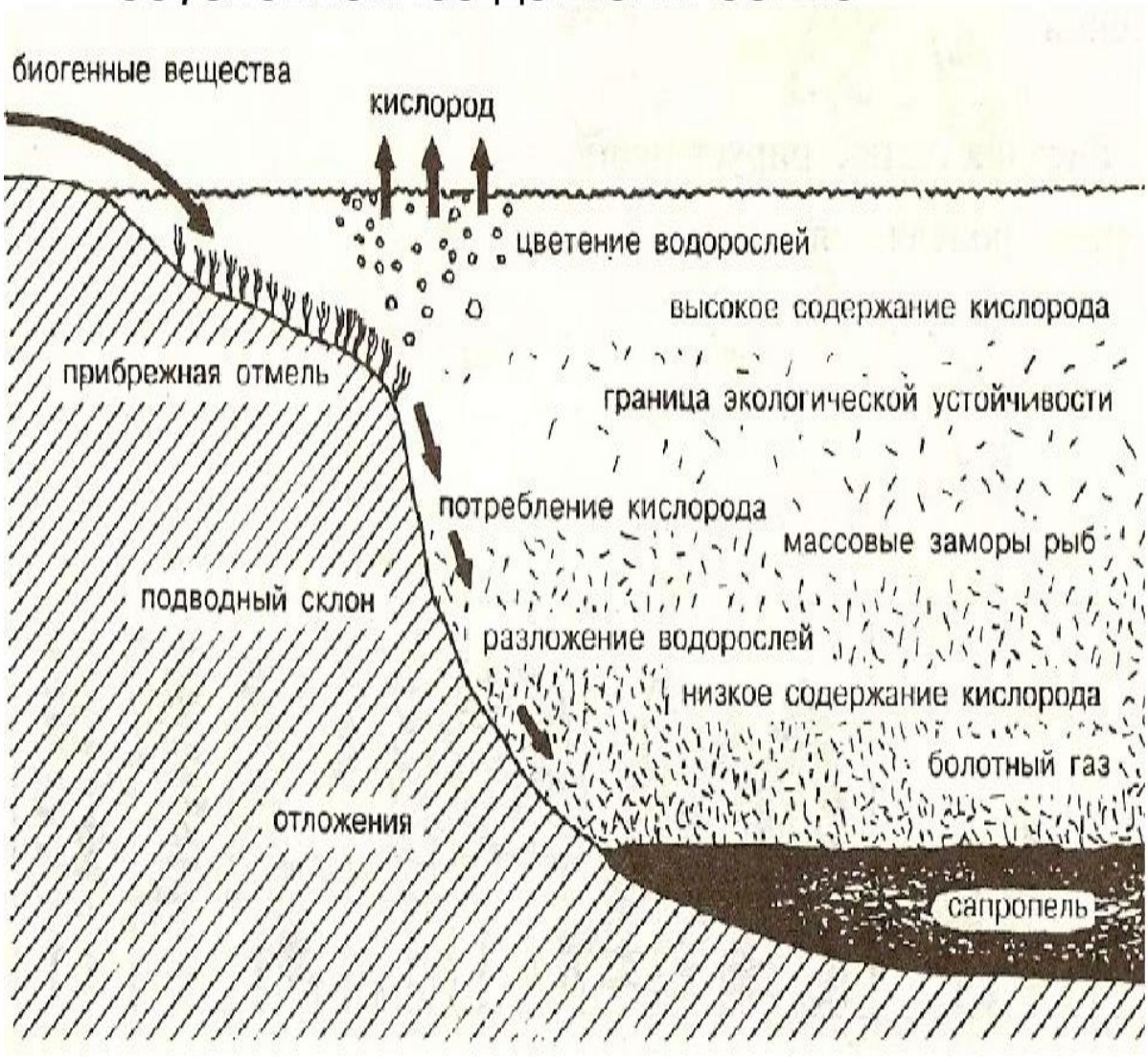

Рис. 1. Процесс и последствия эвтрофикации.

Сточная вода состоит из многих органических и неорганических материалов, химикатов, и питательных веществ, среди прочего. Состав сточных вод меняется каждый день. Компоненты в системе сточной воды могут отличаться в зависимости от местоположения, сезона и времени суток. Нет возможности контролировать радикальные изменения в сточных водах, учитывая, что они зависят от многих факторов. Состав сточных вод составляет примерно 99,9% воды и 0,1% общего органического и неорганического вещества.

Многие виды микроорганизмов могут быть установлены в сточных водах. Наиболее распространенными являются: бактерии, вирусы, простейшие и гельминты. Большинство из этих микроорганизмов можно считать безвредными, учитывая, что они присутствуют в организме человека, но есть и такие, которые могут вызвать болезнь. Для того, чтобы избавиться от болезнетворных микроорганизмов, сточные воды должны пройти через строгие процессы, такие как фильтрация и хлорирование.

Органический состав сточных вод составляет примерно 50% белков, 40% углеводы, 10% жиров и масел, а также следовые количества приоритетных загрязнителей и поверхностно-активных веществ. Органический материал, присутствующий в сточных водах, включает моющие средства, пестициды, жиры и масла. Эти вещества могут быть токсичными и должны быть удалены из сточных вод. Внутри органического материала также находится биоразлагаемый органический материал. Биоразлагаемые органический материал относится ко всем отходам, которые со временем естественным образом разлагаются. Этот материал состоит из древесины, растительного сырья, бумаги, отходов жизнедеятельности человека и животных. Даже если это не так представляют непосредственный риск для окружающей среды, это питательная среда для микроорганизмов. Многие микроорганизмы входящие, в воду таким образом, должны быть нормированы, чтобы предотвратить заболевания, для этого органические вещества должны быть удалены. Основными питательными веществами, присутствующими в сточных водах, чаще всего являются азот, фосфор и аммиак. Эти питательные вещества могут вызвать истощение кислорода, т. е. эвтрофикацию, когда они находятся в избытке. Как видно на рис.1, питательные вещества способны наносить значительный ущерб окружающей среде, в связи с изменениями, которые они вносят в экосистему. Большинство металлов и неорганических материалов,

содержащихся в сточных водах, являются частью промышленных отходов. Некоторые из этих металлов и неорганических материалов, присутствующих в воде, являются соединениями ртути, свинца, кадмия, никеля и сероводорода. Количества этих компонентов, которые присутствуют в сточных водах, значительно превосходят следовые количества, необходимые для жизни человека и животных. Для повторного использования воды, эти компоненты нужно удалить. Они могут вызывать коррозию и быть токсичными для окружающей среды, а также для людей. В число 7 основных, так называемых "лимитируемых" показателей, при расчете индекса загрязнения воды в обязательном порядке входят концентрация растворенного кислорода и значение $БПК_5$, а также значения еще четырех показателей, являющихся для данного водоема (воды) наиболее не благополучными или имеющих наибольшие приведенные концентрации [6].

Для расчета по индексу загрязнения воды показатели выбираются независимо от лимитирующего признака вредности, однако при равенстве приведенных концентраций предпочтение отдается веществам, имеющим санитарно-токсикологический признак вредности (как правило, такие вещества обладают относительно большей вредностью). Задачи интегральной оценки качества воды практически совпадают с задачами гидрохимического мониторинга, т.к. для окончательного вывода о классе качества воды необходимы результаты анализов по целому ряду показателей в течение продолжительного периода. При наличии результатов анализов по достаточному количеству показателей можно определять классы качества воды, которые являются интегральной характеристикой загрязненности поверхностных вод. Классы качества определяются по индексу загрязнения воды. Значение индексу загрязнения воды рассчитываются для каждого пункта отбора проб (створа). Далее по таблице, в зависимости от значения индексу загрязнения воды, определяют класс качества воды. В таблице 1 показаны компоненты, присутствующие в сточных водах, и их влияние на окружающую среду.

Таблица 1.

Характеристики интегральной оценки качества воды

Индекс загрязнения воды	Класс качества воды	Оценка качества (характеристика) воды
Менее и равно 0,2	I	Очень чистые
Более 0,2-1	II	Чистые
Более 1-2	III	Умеренно грязные
Более 2-4	IV	Загрязненные
Более 4-6	V	Грязные
Более 6-10	VI	Очень грязные
Свыше 10	VII	Чрезвычайно грязные

Существует множество способов очистки сточных вод, множества факторов необходимо принимать во внимание перед выбором способа нейтрализации токсичности сточных вод. Как уже упоминалось выше, расположение и время года могут резко повлиять на состав сточных вод [7].Например, область, в которой вода очищается, и куда будет сбрасываться вода, влияет выбор процесса очистки. Если вода должна быть сброшена в реку, то химические и бактериологические ингредиенты должно быть меньшей концентрации, чем, если бы оно использовалось для орошения полей. Сточные воды могут быть подготовлены для различных целей, некоторые из которых предназначены для сельскохозяйственного и питьевого использования. То обработка воды для питьевых стандартов очень строга, чем обработанная вода для сельскохозяйственного использования, она может иметь следы органического вещества и взвесей.

Очистка сточных вод обычно делится на три или четыре основных этапа, которые определяют собой степень очистки воды. Эти этапы являются следующими: предварительная обработка, первичная очистка, вторичная очистка и третичное или расширенная очистка. В рамках этих этапов есть разные шаги и методы, которые могут быть использованы для того чтобы обработать воду.

Предварительная обработка используется для устранения крупных, твердых объектов, которые часто присутствуют в отработанная вода. Хотя это не является существенным шагом в процессе очистки, очистные сооружения обычно используйте его в качестве меры предосторожности, чтобы предотвратить любой ущерб, который эти компоненты могут причинить оборудованию очистной станций на последующих этапах. Наиболее распространенными методами, используемыми на этом этапе, являются скрининг и удаление песчинок.

Скрининг является первым этапом предварительной очистки сточных вод. Вода пропускается через серию фильтров, которые отсеивают все большие, средние, и малые предметы от жидкости. Обычно используются три разных размера сетки. Размер сетки самой большой сетки составляет около 5,0 сантиметров, и он используется для удаления крупных предметов, таких как ветки и ткань. Размер ячейки второй и третьей сетки колеблются от 0,5 до 3,0 сантиметров, а также от 1,5 до 3,0 миллиметров, соответственно. Решетки очищаются регулярно, или вручную или при помощи использования автоматизированного процесса.

Следующий шаг в предварительном процессе известен как удаление песка. Этот процесс состоит из необходимости отделять песок, гравий, и все взвеси, присутствующие в отработанной воде. Есть различные типы камер песколовки, некоторые из которых газированы; другие как раз имеют специфическую подачу воды. Турбулентность, от подачи воздуха, удаляет тяжелые компоненты в воде, при этом легкие органические частицы находятся во взвешенном состоянии. Осевший песок затем удаляется системой насосов, которая выводит его из камеры. Используя этот процесс для удаления песка, будет уменьшать вероятность повреждения любого типа механической системы, которая может быть использована в следующие шаги очистки. Ни один из этапов предварительной обработки не включает в себя химическое или биологическое улучшение сточных вод. Это одна из причин, почему

некоторые очистные сооружения, особенно небольшие, не включает этот этап в свой процесс. Первичная очистка сточных вод - это этап, на котором большинство органических и неорганические вещества, а также загрязняющие вещества в воде, удаляются. Твердые частицы удаляются седиментация, в то время как масла и жиры удаляются путем обезжиривания. Около 25% до 50% из входящего биохимического потребления кислорода, 50% до 70% из итога взвешенные твердые вещества и 65% масла и смазки удаляются во время первичной обработки. На этой стадии сточные воды подвергаются процессу известному как коагуляция, флокуляция, что приводит к осаждению твердых частиц. Так как частицы в сточных водах являются довольно маленький, коагулянт добавляется в воду, чтобы упростить процесс удаления. Цель проведения коагуляция - это химическое вещество должно привлечь частицы, которые присутствуют, чтобы заставить их сгуститься вместе; это упрощает их удаление. Сначала добавляют коагулянт. После этого, вода быстро смешана на короткий период времени и обеспечит диспергирование коагулянта. После быстрого перемешивания скорость миксера снижается до скопления частиц. После того, как хлопья образуются, они либо оседают на дно резервуара, или подниматься на самый верх. Нижние хлопья удаляются как осадок, в то время как верхние удаляются как плавающие на поверхности.

Сначала добавляют коагулянт. После этого, вода быстро смешивается на короткий период времени, что бы обеспечить диспергирование коагулянта. После быстрого перемешивания скорость миксера снижается до скопления частиц. После того, как хлопья образуются, они оседают на дно резервуара, или подняться на самый верх. Нижние хлопья удаляются как осадок, в то время как верхние удаляются с поверхности как накипь, используя непрерывно движущийся скребок.

Вторичная очистка сточных вод использует биологические процессы и использование микроорганизмов, чтобы избавить воду от любых органических соединений, которые все еще могут присутствовать. Этот этап имитирует то, что на самом деле происходит в природе, когда микроорганизмы разрушают органические отходы. Существует три основных подхода, которые могут быть использованы на этом этапе: фиксированная пленка, подвесная пленка и системы прудов.

В неподвижной пленочной системе микроорганизмы растут на камнях, песке или пластике, чтобы создать пленку. Они растут на этих поверхностях, питаясь органическим веществом и питательными веществами в сточных водах. Есть три основных фиксированных пленочных системы, которые обычно используются сегодня: струйные фильтры, вращающиеся биологические контакторы и песчаные фильтры.

Суспендированные пленочные системы состоят из суспендирования микроорганизмов в сточных водах. Находясь в воде, они поглощают органические отходы и питательные вещества вокруг микробов, что позволяет им расти и размножаются, образуя микроколонии. Эти микроколонии оседают в виде осадка, который затем удаляется и повторно использован в процессе [8].

Очистные пруды представляют собой отстойные пруды, в которых сточные воды удерживаются в течение длительного времени. За это время микроорганизмы разлагают органические соединения, присутствующие в организме. Системы, используемые во вторичной обработке вполне полагаются на способности природы очистить сточные воды через природные ресурсы. Использование солнечного света, водорослей, кислорода и необходимых микроорганизмов.

Результат эффективного первичного плюс вторичный очищения заключается в удалении около 90% органического вещества, практически всех патогенов, а также большинства взвешенных веществ. Между 10% и 20% азота также автоматически извлекается потому что бактерии - разлагали требуют этого для своего собственного роста. После этих трех стадии обработки, вода достаточно чистая для использования в не питьевых приложениях. К ним относятся: сельскохозяйственное использование, не питьевое бытовое использование и орошение парков.

Предварительная обработка сточных вод составляет шаги, которые направлены на то, чтобы поднять качество воды, полученной после первичных и вторичных обработок. Такие проблемы, как цвет, запах и на этом этапе рассматриваются вопросы вкуса. Вода дезинфицируется с помощью одного или комбинации такие методы, как хлорирование, УФ-дезинфекция и озонирование. Питательные вещества азот и фосфор также иногда удаляется. Хлорирование - это стадия, на которой хлор добавляется в воду в качестве дезинфицирующего средства для очистки воды, уничтожит все бактерии, оставшиеся после предыдущих шагов. УФ-

дезинфекция состоит из воздействия на воду радиации ультрафиолетового света. Ультрафиолетовый свет проникает через клетку организма, стенки и нарушает ее генетический материал, препятствуя любому размножению. Озонирование - это использование озона, газ (O_3) для дезинфекции и улучшения цвета и запаха воды. Все большее число очистных сооружений включает в себя эту последнюю стадию в их процессах. Вода, выходя на этой стадии, в обработке может быть использована для питьевых нужд, которое значит, что вода может прийти в контакт с людьми.

Биопленка - это сообщество микроорганизмов, которое развивается во влажной среде. Те органические и неорганические материалы, которые содержат биопленку, могут варьироваться от продуктов распада сточных вод, до миллионов видов микроорганизмов в озере. Популяция биопленки может состоять всего из одного вида бактерий, и не ограничена никакими другими видами. Зубной налет, например, является одним из видов биопленки, который состоит более чем 500 видов бактерий. Различные виды биопленок, такие как бактерии, грибы, водоросли, дрожжи и простейшие, образуют кластеры путем получения внеклеточного полимерного вещества. Клетки удерживаются вместе этими молекулярными нитями и развиваются сложные трехмерные, устойчивые сообщества. Эти кластеры микроорганизмов выделяют клейкое вещество, которое позволяет им прилипать к поверхности практически любого типа. Там, где сочетание влаги и питательных веществ существует, на поверхности найдете биопленку. Биопленки обладают способностью расти на природных материалах над и под землей, на металлах, пластмассах, медицинских материалах имплантатов, растениях и тканях тела. Со временем, биопленка в соответствующей среде будет расти и прочно прикрепляться к поверхности, на которой она живет. Биопленки различаются по размеру, в зависимости от окружающих их условий. При благоприятных условиях биопленка может вырасти, до нескольких сантиметров толщиной в среде с надлежащими питательными веществами и устойчивой температурой. Можно искусственно разработать устойчивую биопленку, постоянно пополняя ее питательными веществами.

Поведение и стратегии выживания бактериальных колоний значительно превосходят возможности отдельных бактерий. Например, микробные биопленки естественно толерантны к дозе антибиотиков до 1000 раз превышающие летальные дозы, которые убивают свободно плавающие, планктонные бактерии [9].

Первоначальное прикрепление происходит, когда поверхность материала подвергается воздействию водной среды (например, вода, биожидкость) и покрыта полимерами из этой среды. Это известно как подготовительный слой. Клетки, составляющие кондиционирующую пленку, быстро и эффективно прикрепляются к ней. Планктонные микроорганизмы инстинктивно прикрепляются к этому слою, становятся частью развивающейся биопленки. Вторая стадия начинается, как только микроорганизмы начинают производить внеклеточное полимерное вещество. Полигидроксильные группы закрепляют бактерии в биопленке на поверхность через водородную связь. В это время микробы больше не могут отойти от поверхности. Было установлено, что зрелые биопленки закрепляются на своем месте до последней стадии роста.

Клеточная матрица состоит из большого разнообразия белков, гликопротеинов, гликолипидов, и внеклеточного ДНК. Биополимеры во внеклеточном полимерном веществе сильно гидратированы и образуют матрицу, которая удерживает биопленку вместе с водой. Эта матрица взаимодействует с окружающей средой для обеспечения биопленочных организмов питательными веществами. В период созревания внутри клеточного матрикса образуются микроколонии. Колонии разделены порами и водными каналами, которые функционируют как каналы для поступления питательных веществ и кислорода, и питают биопленку.

Созревание. На этапах созревания основная цель биопленки - расти в трех измерениях. Это достигается путем сбора мусора в окружающей среде, например песка, и новых планктонных бактерий. Биопленка также растет на этих стадиях через размножение, которое происходит регулярно в микроколониях. Некоторые биопленки могут расти, чтобы достигая в толщине несколько сантиметров. В природе это могут быть зеленые водоросли.

Рассеивание. Заключительная стадия развития - рассредоточение, или отделение части клеток. Этот этап иногда упоминается как расширение. В то время как многие бактериальные клетки рассеиваются от биопленок пассивным путем, бактериальные биопленки могут также активно расселяться. Клетки превращаются в свободно плавающие планктонные бактерии. Когда численность популяции матрикса становиться не выгодной, бактериальные популяции активируют расселение. Достижение определенной численности становилось

межклеточным сигналом, группе клеток оставалась прикрепленной к поверхности, а дочерние клетки при очередном делении выпускались в окружающую воду, и делала питательные вещества доступными для второй группы отделенных от матрикса клеток. [14].

Планктонные бактерии и бактерии биопленки обе выделяют химические сигналы, ацилированные лактоны гомосерина, регулирующие широкий круг колониальных процессов у бактерий, определяющих плотность бактериальной слизи. Разница в том, что популяция бактерий в биопленке составляет плотнее, чем у планктонных бактерий, поэтому сигналы более концентрированные, а значит, и более эффективны. Рассеивание биопленки не всегда преднамеренно; пассивное рассеивание, как размывание может произойти из-за гидродинамических сил в водной среде. Слои биопленки могут быть разорваны из-за естественного истирания, вызванного гидродинамическими силами и скоростью движущейся жидкости. Независимо от того, каким образом происходит рассеивание, слой клеток остается в функциональном состоянии, а именно поверхность для процесса роста, чтобы продолжить, или начать все сначала. Важно отметить, что чем выше сила сдвига, тем плотнее будет биопленка. Это означает, что биопленка создающиеся под действием условия с высоким сдвигом будут более компактными и менее пористыми, чем условия с низким сдвигом. Кроме того, менее пористая биопленка будет менее восприимчива к естественной эрозии.

Осведомленность о биопленках значительно возросла в последние годы из-за воздействия биопленок на природные и промышленные системы, а также на здоровье человека. Биопленки стоят экономических потерь каждый год в потерях энергии, повреждении оборудования, загрязнении продукта, и медицинские инфекции. Ситуации, в которых биопленки существуют, может варьироваться: от загрязнения катетеров, до коррозии трубы в нефтяной промышленности. Потому что как болезнетворные, так и не болезнетворные бактерии являются включенными в биопленки. Образование биопленок вызывает загрязнение или коррозию оборудования, потому что их физических свойств делают их устойчивыми к противомикробным агентам. Хотя биопленки иногда оказывают вредное воздействие, они также предлагают огромный потенциал для определенных применений, как роль биофильтров муниципальный и промышленный воды и сточных вод, формируя биологические барьеры для защиты почвы и грунтовых вод от загрязнений.

При использовании в инженерных системах очистки сточных вод, биопленки часто полезны. Некоторые из этих систем включают в себя струйные фильтрующие системы, модифицированные пруды и специализированные системы для удаления органических веществ или отходов. Системы обработки на основе биопленки являются выгодными, поскольку микробные сообщества устойчивы к изменению условий окружающей среды, которые делает их устойчивыми к изменению концентраций токсичности [10].

Тяжелые металлы, такие как медь, свинец и цинк, являются типичными загрязнителями пресной воды. Исследование было выполнено чтобы изучить последствия этих тяжелых металлов на биопленку и планктонной P. aeruginosa. Для этого использовался вращающийся дисковый биопленочный реактор. Экспериментом и было установлено, что биопленки могут быть до 600 раз более устойчивы к воздействию тяжелых металлов, чем свободноплавающие клетки. Способность связывать ионы металла с матрицей, позволяет биопленке удалять тяжелые металлы из окружающей жидкости.

ГЛАВА 2

ЗАДАЧА, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Вода является одним из самых важных природных ресурсов на нашей планете. К несчастью, наличие чистой воды становится все более дефицитным с каждым годом, учитывая текущий рост образования отходов. Поскольку утилизация является лучшим способом спасти этот истощающийся природный ресурс, в последние годы требования к очистке сточных вод стали более жесткими и актуальными. Биопленки могут быть использованы в очистке отработанной воды через оксидацию органического частицы и нитрификация аммония. Это исследование было сосредоточено на биологической очистке сточных вод с использованием биопленки. Биопленки были выращены в реакторном баке, на нейлоновых сетчатых каркасах и аэрированных кассетах. Бак реактора содержал

разбавленные сточные воды, которые циркулировали и насыщались воздухом. Во время эксперимента определяли компоненты разбавленной сточной воды и контролировали эффективность биопленок при очистке сточных вод. Пробы сточных вод испытывались с использованием аналитических методов. Развитие биопленки контролировалось посредством измерения веса.

Цель работы: изучить условия и особенности роста биопленки в бытовых сточных водах.

Задачей работы было изучение роста биопленок в реакторе при очистке сточных вод и оценка их эффективности очистки бытовых сточных вод.

Исследования проводился в лаборатории очистных сооружений Казанского оптико-механического завода в 2019 – 2020 годах. Производственная деятельность Казанского оптико-механического завода начинается 8 февраля 1940 года – с даты регистрации Наркомфином СССР КОМЗа в числе действующих предприятий Союза. Первой продукцией завода стало изготовление деталей Ленинградского предприятия ГОМЗ (государственного оптико-механического завода). Основные руководящие кадры и специальности для работы на КОМЗе также были направлены из Ленинграда, в том числе с ГОМЗа. За более чем 60 лет работы были созданы базовые технологии оптического, литейного, механообрабатывающего, инструментального и сборочного производств и сформировался коллектив высококвалифицированных специалистов по всем профилям производства и разработки. Сегодня КОМЗ – многопрофильное предприятие с мощным научно-техническим потенциалом, специализирующееся на разработке и производстве:

- астронавигационных систем и перископов;
- наблюдательных и фоторегистрирующих приборов;

• визиров, оптоэлектронных систем наблюдения и целеуказания;
• биноклей, зрительных труб и приборов ночного видения;
• спектрально-аналитических комплексов и рефрактометров;
• лазерных дальномеров и тепловизионных комплексов;
• полноформатных электрофотографических копировальных и микрофильмирующих аппаратов.

На ОАО "КОМЗ" действует система менеджмента качества, соответствующая ГОСТ Р ИСО 9001-2008 и ГОСТ РВ 15.002-2003 , что подтверждается Сертификатом соответствия , выданным уполномоченным органом сертификации ЗАО "Центр сертификации "МОНОЛИТ" (ЗАО "Монолит-Серт"). На ОАО "КОМЗ" разработана и внедрена ПОЛИТИКА ОАО КОМЗ в области охраны окружающей среды, а также действует система экологического менеджмента, соответствующая ГОСТ Р ИСО 14000-2007, которая подтверждается Сертификатом соответствия , выданным уполномоченным органом сертификации ЗАО "Центр сертификации "МОНОЛИТ" (ЗАО "Монолит-Серт").

Предмет исследования: исследовать рост биопленки на синтетической сетке и возможность применения ее для очистки бытовых сточных вод.

Цель работы: выявить стадии роста биопленки на синтетической сетке в бытовых сточных водах;

сравнить развитие биопленки на индивидуально аэрированной сетке по сравнению с традиционным способом аэрации в аэротенках;

оценить эффективность очистки бытовых сточных вод биопленкой, выращенной на синтетической сетке.

Решаемые задачи: мониторинг роста биопленки на синтетической сетке в бытовых сточных водах;

ускорение процесса ее роста биопленки на синтетической сетке при аэрации;

очистки бытовых сточных вод биопленкой, выращенной на синтетической сетке.

Методика проведения эксперимента.

Это исследование было сосредоточено на изучении роста биопленок в реакторе при разбавлении сточных вод и оценки эффективности очистки. Эксперимент проводился в лаборатории очистных сооружений Казанского оптико-механического завода. Биопленки выращивались на рамках, погруженных в воду реакторного бака. Рамки состояли из сетки, сделанной из пластиковой сетки, в которой биопленка будет расти. Рамки конструктивно представлены из индивидуально аэрированных и аэрированных в общем объеме реактора. В течение эксперимента сточные воды, взятые из очистных сооружений, пополнялись дважды в неделю для питания биопленок. Сточные воды, используемые в этом проекте, были в основном бытовыми отходы. Воздух также закачивался в воду с обеих сторон реакторного бака для насыщения кислородом и обеспечения циркуляции разбавленных сточных вод. Каждая рамка изучалась визуально, при этом осуществлялось наблюдение за циклом роста.

Количественным показателем роста биопленки был прирост веса рамки. Взвешивание кассеты с выращенной не ней биопленкой – наиболее простой в техническом исполнении и адекватный метод для мониторинга роста слоя биопленки. Для этих целей использовались электронные лабораторные весы ВК, II класса точности, предназначенные для статических измерений массы различных веществ и материалов. Сертификат утверждения типа средств измерений RU. C. 28. 001A №22968.

Методы аналитических исследований.

Различные аналитические методы были применены для того, чтобы проверить эффективность биопленок в сточной воде. Они были использованы для мониторинга развития биопленки, а также ее способности очистить сточные воды. Кассеты взвешивались ежедневно (кроме выходных), чтобы наблюдать за ростом биопленок. Кроме того,

пробы воды отбирались ежедневно (кроме выходных), для проверки на наличие изменений, происходящих в воде реактора.

Контроль общего органического углерода. Цель испытания общего органического углерода заключалась в определении концентрации органического углерода в баке реактора, из чего можно будет сделать вывод о способности биопленок функционировать должным образом. В теории, биопленка должна окислять органические компоненты в сточных водах, которые состоят из органического углерода, в результате чего общий органический углерод уменьшаются с течением времени.

Метод измерения органического углерода в воде основан на том, что при смешивании образца воды с сильной кислотой, эта кислота вступает в реакцию с неорганическим углеродом, который превращается в CO_2 и выделяется из жидкости. Окисление происходит по порядку до преобразования органического углерода в воду и CO_2. После этого на инфракрасном анализаторе, где прочитана длина волны адсорбцией CO_2, и концентрация органического углерод может быть получена. Результаты приведены в миллиграммах органического углерода на литр воды (мг/л).

Испытание на аммоний определяет концентрацию аммония, присутствующего в растворе пробы сточных вод. Метод, используемый для этого теста, известен как Несслеризация. В реакции Несслера реагент представляет собой водный раствор, состоящий из гидроксида натрия, йодида калия и йодида ртути. Этот реагент добавляют к разбавленному образцу сточных вод после минерального стабилизатора и поливиниловый спирта; минеральный стабилизатор добавляют для уменьшения помутнения в образцах. Спектрофотометрически определяется присутствие аммония в образце. Калибровочную кривую получают с образцом чистой дистиллированной воды, к которому также добавляют реагент, стабилизатор и поливиниловый спирт. Интенсивность цвета может быть коррелирована с присутствующими концентрациями аммония в сточных водах. Яркий, желтый цвет подразумевает низкую концентрацию аммония, в то время как темный, коричневый цвет подразумевает высокую концентрацию. Концентрация аммония в сточных водах может быть напрямую связано с состоянием биопленки. Высокие концентрации аммония предполагают, что биопленка не растет должным образом, в то время как низкие концентрации предполагают, что биопленки здоровы и эффективна очистка сточных вод. В теории концентрация аммония в

сточных водах, в которых растут биопленки, должна уменьшиться. Это происходит потому, что определенное количество микроорганизмов, которые составляют биопленку, обладают нитрифицирующими свойствами. Нитрифицирующие микроорганизмы окисляют аммоний в воде, в сточной воде, превращая их в нитриты. Эти нитриты затем дополнительно окисляются до нитратов. Две различные группы бактерий работают над каждой из этих реакций. Нитрозомонас, наиболее распространенный аммоний-окисляющие бактерии, работающие на первой реакции, в которой аммоний превращается в нитрит:

$NH_3 + O_2 \rightarrow NO_2 + 3H + 2e.$

Нитробактерии работают на второй реакции, в которой нитрит преобразован в нитрат: $NO_2 + H_2O \rightarrow NO_3 + 2H + 2e$.

Количество нитратов в образце сточных вод определяли с помощью спектроскопии в видимой и ультрафиолетовой области. В этом методе тестировании, луч света, пропускается через данный образец и измеряется отраженная длина волны. Диапазон длин волн, используемых для образцов сточных вод, составлял от 190 нм до 600 нм. Луч света (в ультрафиолетовых областях), возбужденный частицами в образце специфичен для каждой длины волны. После того как образец подвергался воздействию каждой длины волны в определенном диапазоне, строился график. График показывал пики на определенных длинах волн, что указывало на наличие определенных соединения, с которыми была связана длина волны. Для сточных вод, была одна длина волны поглощения найденная в спектроскопии это было важно: 254 нм. Поглощение на 254 нм было сопоставлено с кодом в образцах. Теоретически, по мере того как биопленка обрабатывает отработанную воду меньше потребности в кислороде. Напротив, теоретически концентрация нитратов должна увеличиваться с течением времени. Это потому что биопленки окисляют аммоний, следовательно, создавая нитрат. Чтобы найти нитрат в качестве концентрации в образце использовали вторую производную поглощающих свойств. В диапазон от 220 до 240 нм, наибольшее значение вторых

производных соответствует указанному диапазону длин волн. Эти максимальные значения прямо пропорциональны концентрация нитратов [14].

Пробы сточных вод испытывались:

с использованием фотометрического метода определения содержания аммиака и ионов аммония (суммарно) с реактивом Несслера;

фотометрический метод определения содержания нитритов с использованием сульфаниловой кислоты (ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ (с Поправками)) [2];

определение содержания общего и растворенного органического углерода. Настоящий стандарт распространяется на все типы воды, в том числе питьевую, расфасованную в емкости, и устанавливает методы определения содержания общего и растворенного органического углерода с использованием анализаторов углерода, принцип действия которых основан на высокотемпературном каталитическом окислении соединений углерода, находящихся в пробе воды. ГОСТ 31958-2012 Вода. Методы определения содержания общего и растворенного органического углерода [3].

ГЛАВА 3

СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование направлено на изучение биологической очистки сточных вод с использованием биопленки. Биопленки были выращены в реакторном баке, на пластиковых сетчатых каркасах и в индивидуально аэрированном каркасе. Бак реактора заполняли 24,25 литрами разбавленных сточных вод, которые насыщались воздухом. Во время эксперимента определяли компоненты разбавленной сточной воды и

контролировали эффективность биопленок при очистке сточных вод. Пробы сточных вод испытывались аналитическими методами. Эти эксперименты были проведены в лаборатории очистных сооружений Казанского оптико-механического завода.

Биопленки растут естественно и обильно в природных водоемах, поэтому целью эксперимента было имитировать реку по ряду показателей: перемешиваемость и аэрация. Перед запуском эксперимента был подготовлен реакторный бак. Объем бака был рассчитан на 30 литров. Производили заполнение реакторного бака смесью, из разбавленных сточных вод (1 литра концентрированной сточные воды, а остальное – водопроводная отстоянная вода). Это похоже на реку, потому что когда сточные воды сбрасываются в реку, они разбавляются большим количеством воды, протекающей в реке. Сточные воды, использованные в этом эксперименте, были собраны в 10-литровую пластиковую емкость из станции очистки сточных вод. В нем содержались бытовые отходы. Отфильтрованный образец воды из резервуара брали по 25 мл для аналитических исследований. Образцы были испытаны на содержание аммония, и они также были исследованы методом УФ - видимой спектроскопии для определения органического углерода. Для аналитических исследований, стеклянные бутылки были пронумерованы и заполнены образцами в порядке даты, когда они были взяты. Тесты были проведены в лаборатории.

Модель имитировала соответствующую среду для роста биопленки. Микроорганизмы нуждаются в определенных питательных веществах, чтобы накапливать биомассу. Кислород - важный компонент, необходимый для выращивания устойчивой биопленки. Для насыщения кислородом воды использованы два компрессора (похожие на те, которые используются в бытовых аквариумах). Наряду с насыщением воды кислородом, этот метод позволил воде смешиваться и циркулировать.

Биопленка также должна быть в контакте с другими бактериями и микробами, чтобы расти и увеличивать размеры своих микроколоний. Для того чтобы обеспечить субстратом биопленку, концентрированные сточные воды добавлялись в резервуар каждый вторник и пятницу в течение эксперимента. Процедура смены воды была такой:

1. Взять пробу воды из резервуара и обозначьте ее датой «до».

2. Рассчитать объем жидкости в баке и определите, сколько было потеряно от испарения и отбора проб.

3. Записать объем с соответствующей датой.

4. Рассчитать количество, которое необходимо взять из резервуара.

5. Взять необходимое количество из резервуара с помощью мензурки и градуированного цилиндра.

6. Отмерить 1 л концентрированной сточной воды в градуированную емкость и добавить ее в бак.

7. Пересчитать объем в баке, чтобы убедиться, что он равен 24,25 л

8. Записать объем с соответствующей датой.

9. Взять еще один образец воды из резервуара и обозначьте его датой «после».

Объемы резервуара (до и после добавления сточной воды) на даты, когда вода доливалась приведены в табл 2 .

Таблица 2.

Даты и объемы пополнения резервуара.

Дата	День эксперимента	До добавления сточной воды, (л)	После добавления сточной воды, (л)
Пн. 2.09.19*	1	0	24,25
Пт. 6.09.19	5	23,56	24,25
Вт. 10.09.19	9	23,72	24,25
Пт. 13.09.19	12	23,79	24,25
Вт. 17.09.19	16	23,71	24,25
Пт. 20.09.19	19	23,79	24,25

Примечание: *- день запуска реактора, реактор заправлен разбавленной сточной водой по схеме эксперимента.

Два эксперимента были разработаны для определения влияния биопленок на очистку воды. Биопленки выращивались на шести кадрах,

погруженных в реакторный бак; четыре из них состояли из сетки, сделанной из пластиковой нити, к которой биопленка прикреплялась и росла, в то время как две другие рамы состояли из индивидуально аэрированных кассет. Для эксперимента с пластиковой сеткой сетка крепилась к пластиковой рамке (Рис. 2). Техника крепления нейлоновой сетки создает каркас, на котором биопленка крепиться и растет. Использованные рамки были 50 мм на 50 мм по 5 мм в размере.

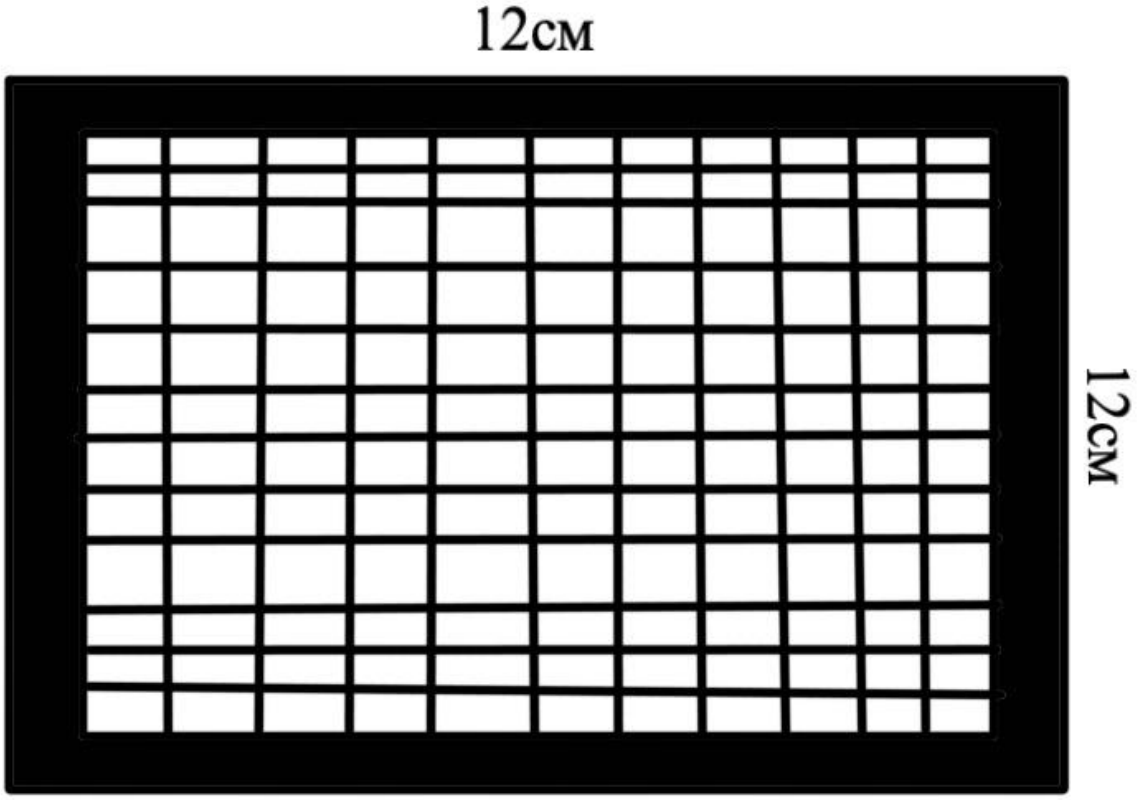

Рис.2 Схема каркаса из пластиковой сетки

Четыре из этих кадров были использованы для сравнения роста биопленки и для того, чтобы увидеть их влияние на сточные воды. Каркасы из сетки были подвешены на двух тонких металлических прутках, расположенных параллельно относительно друг друга, на одинаковом расстоянии друг от друга. Прутки расположены на верхней части бака над

водой (Рис. 3). Металлическая проволока использовалась для закрепления рам, сохраняя их полностью погруженными в разбавленные сточные воды. Металлические крючки были разработаны так, чтобы легко доставать для взвешивания, не повреждая цикл роста биопленки.

Рис. 3 Вид сверху резервуара

Две кассеты в эксперименте были использованы для определения роста биопленок на аэробной форме. Каждая кассета была построена одинаково и имела возможность пропускать воздух через себя. Оборудование было установлено с помощью металлического каркаса.

По обе стороны металлического каркаса располагались сопла. Для эксперимента с воздухом, воздушный насос соединенный резиновый трубкой был прикреплен к одному соплу, в то время как другое сопло имело трубопровод, позволяя воздуху выходить в окружающую среду. На рис. 4 показана иллюстрация реактора со всеми компонентами эксперимента, погруженными внутри.

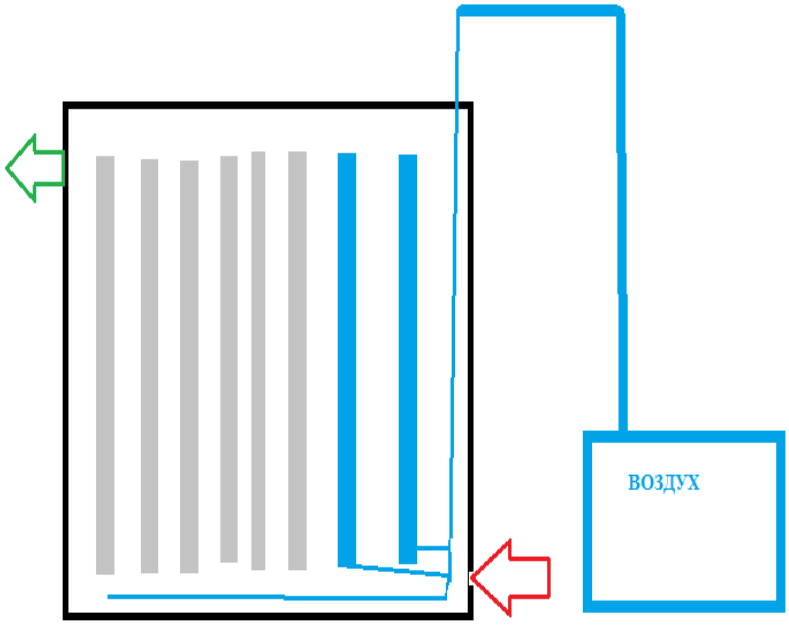

Рис. 4 Схема реактора

Рост биопленок контролировался с помощью взвешивания. Полную информацию взвешивания можно найти в табл 3. Используя

данные изменения веса пластин с биопленкой, строили график роста биомассы биопленки с течением опыта. По графикам определили время, необходимое биопленке для входа в каждый цикл роста. Эти циклы были: прикрепление, рост и отделение.

Степень роста биопленки определяли по приросту веса, методом взвешивания. С помощью Microsoft Excel [1, 7], рассчитывали достоверность измерений, для каждого измерения вычислялась путем вычитания значения фактического веса от значения начального веса, перед началом роста. Биопленки, которые были выращены на четырех пластиковых сетчатых каркасах в этом эксперименте, показала тенденцию роста, таб 3. Цикл роста происходил на 1-18-тые сутки - 11,1 г, что составило не полные 4 недели. С 1-го по 15-тый дни они прикреплялись к пластиковой сетке, созревали и росли. С 17-го дня до 19-тый день наблюдали снижение веса с 12,18 до 10,44 г. Это был период, когда, возможно, бактерии отделились от биопленки внутри каркаса, и становилась планктонной бактерией. Потом они либо отмирали, либо создали новую микроколонию в реакторе, там, где смогли прикрепиться. В понедельник (22-тый день) вес была выше, чем в пятницу - 13,25 г и 10,44 г соответственно, иллюстрируя цикл повторного роста, который начался в минувшие выходные после очередной подкормки разбавленной сточной водой.

Таблица 3.

Вес биопленки, г.

Порядковый день эксперимента	Долив сточной воды	Вес рамки с общей аэрацией	Вес рамки с индивидуальной аэрацией
1	2	3	4
1	+	статистически не достоверно	статистически не достоверно
2		статистически не достоверно	статистически не достоверно
3		статистически не достоверно	статистически не достоверно
4		статистически не достоверно	статистически не достоверно
5	+	0,35 ±0,04	статистически не достоверно
6		-	-
7		-	-
8		1,64 ±0,04	1,45±0,49
9	+	1,79 ±0,08	1,95±0,35
10		2,36 ±0,29	2,3 ±0,42
11		3,39 ±0,31	3,65 ±0,35
12	+	4,58 ±0,42	5,5 ±0,49
13		-	-
14		-	-

15		7,51 ±0,37	8,55 ±0,90
16	+	10,14 ±0,57	11,43 ±0,66
17		12,18 ±0,89	13,17 ±0,60
18		11,16 ±0,24	15,07 ±0,39
19	+	10,44 ±0,74	15,2 ±0,15
20		-	-
21		-	-
22		13,25 ±0,66	16,19 ±0,95

Развитие биопленки контролировалось с помощью измерений веса. На протяжении всего эксперимента на рамках с индивидуальной аэрацией наблюдался рост биопленки более активный, чем на рамках с общей аэрацией. Так на 19-ой день опыта прирост на рамках с индивидуальной аэрацией и на рамках с общей аэрацией составил 11,1 и 15,5 г соответственно. Было замечено, что рост бактериальной колонии на пластиковых сетках с индивидуальной аэрацией занял больше времени, чем на рамках с общей аэрацией. Прикрепление бактериальной колонии зафиксировано на сутки раньше на рамках с общей аэрацией. Это было приписано потоку воздуха. Случайное отделение произошло от повседневного более интенсивного перемешивания. Поскольку биопленки развивались в среде с небольшим напряжением сдвига, колонии формировались пористыми, которые делали биопленки более восприимчивыми к случайному отделению. Колонизация на активно аэрированной сетке, была склонна к случайному отрыву, и активная аэрация затрудняла для микробов, возможность сформировать начальную колонию.

По графику (рис. 5.) прироста массы кассет виден цикл развития биопленки: прикрепление, рост и отделение.

Рис. 5. Цикл роста биопленки в эксперименте.

Цикл роста происходил на 1-18-тые сутки до 11,1 г. С 1-го по 5-тый дни - прикреплялись. С 5-го по 15-тый дни - созревали и набирали массу. С 18-го дня до 20-тый день - бактерии отделились. Аэрация ускоряет прирост биомассы в среднем на 22%, но замедляет срок прикрепления.

Способность биопленки перерабатывать органические загрязнители сточных вод в условиях эксперимента оценивали по изменениям концентраций органического углерода, аммония и нитратов.

Динамика концентрации органического углерода в реакторе приведена в таб. 4.

Таблица 4.

Концентрация органического углерода в реакторе, мг/л.

Порядковый день эксперимента	Долив сточной воды	Концентрация органического углерода
1	+	4,0
2		4,1
3		4,0
4		4,0
5	+	6,7
6		-
7		-
8		6,2
9	+	8
10		7
11		7
12	+	8,6
13		-
14		-
15		6,4
16	+	8,7
17		7,9
18		7,4
19	+	8

20		-
21		-
22		7,2

Органические компоненты в составе бытовых сточных вод, состоят из органического углерода. Концентрация этого компонент в отработанной воде менялась с ходом эксперимента. В первые дни ни чего не менялось, в эти дни биопленка не была сформирована, заметный рост наблюдали, начиная с 5-того дня опыта. Необходим достаточный рост микробов для окисления органического углерода, чтобы уменьшить его концентрацию. По этой причине, изменения в составе сточной воды в реакторе можно начать замечать на 8-ой день опыта, контролируемый показатель снизился с 6,7 до 6,2 мг/л. До этого момента биопленка не росла достаточно, чтобы заметно влиять на сточные воды. Органический углерод в пробах увеличивался после пополнения реактора сточной водой, а затем снижалась, так он повысился до 8,6 мг/л, а затем снизился до 6,4 мг/л на 12-тый и 15-тый дни соответственно. На эти же сроки приходиться пик роста биопленки. Теоретически концентрация органического углерода должна уменьшаться с течением времени, потому что биопленка окисляет органические компоненты, делая воду менее опасной для использования человеком.

Поскольку аммоний является основным компонентом сточных вод, тест Несслера на аммоний проводили в пробах сточных вод, взятых из бака реактора. Этот тест дал представление о скорости и эффективности, с которой биопленка превращает аммоний в нитриты и нитраты. В ходе опыта менялись концентрации аммония и нитратов в реакторе, эти изменения приведены в таб. 5.

Таблица 5.

Концентрации аммония и нитратов в реакторе, мг/л.

Порядковый день эксперимента	Долив сточной воды	Концентрация	
		аммония	нитратов
1	+	3,4	3,8
2		3,5	4,0
3		3,4	4,0
4		3,2	3,8
5	+	7,2	4,0
6		-	-
7		-	-
8		6,2	4,1
9	+	10,0	3,9
10		9,4	4,5
11		8,6	4,6

12	+	10,2	4,8
13		-	-
14		-	-
15		8,2	5,0
16	+	11,4	5,2
17		8,7	5,1
18		8,7	5,4
19	+	9,6	5,5
20		-	-
21		-	-
22		7,2	5,3

Можно заметить тенденцию к росту концентрации аммония, которые были в пробах, взятых в те дни, когда добавлялся один литр сточной воды в реактор. Это привело к увеличению концентрации аммония до 10 – 11 мг/л. Замечена тенденция эффективности биопленок между днями, в которые добавляли новую порцию. Концентрации аммония уменьшалась, начиная с 9-го дня, концентрация нитратов повышалась. Началось это когда, биопленка достигла зрелого уровня и смогла эффективно окислять аммоний в сточных водах. Хотя развитие биопленки происходит естественным образом, наблюдаются концентрации аммония и нитрата в резервуаре, что объяснимо условиями опыта.

Органические компоненты бытовых сточных вод, состоят из органического углерода. Концентрация этого компонент в отработанной воде менялась с ходом эксперимента. Органический углерод в пробах увеличивался после пополнения реактора сточной водой, а затем снижалась в результате жизнедеятельности бактерий. Теоретически концентрация органического углерода должна уменьшаться с течением времени, потому что биопленка окисляет органические компоненты, делая воду безопасной для использования человеком.

Физическая культура на производстве.

Физическая культура на производстве является главным фактором ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Поэтому выпускник Казанского ГАУ, который освоил программы бакалавриата, должен уметь использовать методы и средства физической культуры для того, чтобы обеспечить полноценную социальную и профессиональную деятельность.

На основе физической культуры лежат физические упражнения, с помощью которых индивид всесторонне совершенствует себя. Происходит развитие его двигательных качеств, умений и навыков, которые необходимы для профессиональной деятельности. Для этого используют следующие способы и методы. Направленные на развитие физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;

- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;

- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;

- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;

- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;

- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

В занятия по физической культуре на производстве следует включать различные виды спорта, так как это способствует сохранению здоровья индивидуума, его психического благополучия и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

Требования охраны труда во время работы.

Не допускается слив в производственно-дождевую канализацию сточных вод, которые следует отводить по системе спецканализации на сооружения, предназначенные для их очистки и обезвреживания. При аварийном попадании в колодец значительного количества нефтепродукта его необходимо откачать. Сброс нефтепродуктов в сеть производственно-дождевой канализации не допускается. Постоянно следить за уровнем воды в колодцах с гидравлическими затворами. Слой воды, который образует гидравлический затвор, должен быть не менее 0,25 м. Если уровень воды начинает повышаться, прочистить засоренный участок трубы и колодец. В местах проведения работ установить переносные треноги: днем - со знаками, окрашенными в белый и красный цвета; ночью - с аккумуляторным сигнальным фонарем. Применяемый инструмент следует изготовлять из материалов, не дающих искру, режущий инструмент перед использованием смазать консистентными смазками. При работах в колодцах, где возможно скопление паров нефтепродуктов, пользоваться шланговым противогазом. Работу проводить в присутствии двух наблюдающих, находящихся вне колодца. Через каждые 15 минут работы в противогазе предоставляется 15-минутный отдых на поверхности. Воздухозаборные патрубки шланговых противогазов располагать в зоне чистого воздуха.

ВЫВОДЫ

В целом, из этого исследования был сделан вывод, что применение биопленок является эффективным этап биологической очистки сточных вод. Несмотря на сравнительно быстрое развитие самой биопленки требуется время, для того что бы произошло ее созревание и начался процесс поглощения загрязняющих веществ из сточных вод, повышая качество воды путем окисления аммония и органических

соединений в сточных водах. Использование биопленки с принудительной аэрацией - это эффективный шаг в биологической очистке сточных вод. Биопленку важно использовать как альтернативный шаг в очистных сооружениях, для достижения самого высокого качества воды. Это в совокупности с другими известными инженерными технологиями позволит гарантировать, что потребность в воде будет удовлетворена в полном объеме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные в работе наблюдения позволили сделать заключение о том, что: цикл роста биопленки составляет 18 суток 11,1 г, с 1-го по 5-тый дни - прикреплялись. С 5-го по 15-тый дни - созревали и набирали массу, с 18-го дня до 20-тый день - бактерии отделились;

аэрация ускоряет прирост биомассы на 22%, но замедляет срок прикрепления на сутки;

концентрация органического углерода уменьшалась с течением времени, и снизился за з дня с 6,7 до 6,2 мг/л;

эффективность биопленки имела максимум между днями, в которые добавляли субстрат;

концентрации аммония уменьшалась, начиная с 9-го дня, а концентрация нитратов повысилась на 44% на 19-тый день по сравнению с началом опыта;

установлено, что биопленки эффективны в процессе обработки сточных вод, аэрация повышает как рост, так и ее эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Александр, Бураков Мембранная очистка воды / Бураков Александр , Ирина Романцова und Анастасия Кучерова. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. - 908 с.

2 Алексеев, Е. В. Основы технологии очистки сточных вод флотацией / Е.В. Алексеев. - М.: АСВ, 2016. - 407 с.

3 Алексеев, Е.В. Основы технологии очистки сточных вод флотацией. Монография, научное издание / Е.В. Алексеев. - М.: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2014. - 786 с.

4 Алексей, Орлов Методы предварительной, финишной и глубокой очистки воды: моногр. / Орлов Алексей , Сергей Образцов und Сергей Тимченко. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. - 220 с.

5 Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA Статистический анализ и обработка данных в среде Windows.– М.: Филинъ, 1995.– 608 с.

6 Воронов, Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю.В. Воронов. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2013. - 704 с.

7 Воронов, Юрий Викторович Водоотведение и очистка сточных вод. Учебное издание. Гриф МО РФ / Воронов Юрий Викторович. - М.: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2013. - 210 с.

8 Гавриленков, А.М. Оборудование для очистки воздушных выбросов и сточных вод пищевых предприятий. Учебное пособие. Гриф УМО МО РФ / А.М. Гавриленков. - М.: Гиорд, 2015. - 497 с.

9 Голубовская Э.К. Биологические основы очистки воды. М.: Высшая школа, 1978.-268 с.

10 ГОСТ 31958-2012 Вода. Методы определения содержания общего и растворенного органического углерода

11 ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ (с Поправками)

12 Губонина З.И. Промышленная экология. Проблемы питьевой воды: учеб. пособ./ Губонина З.И., Владимиров С.Н. – М.: Изд-во МГОУ, 2010. – 100 с

13 Динар, Фазуллин Методы очистки и утилизации водоэмульсионных сточных вод / Фазуллин Динар , Геннадий Маврин und Рубен Мелконян. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. - 152 с.

14 Доливо-Добровольский, Л. Б. Микробиологические процессы очистки воды / Л.Б. Доливо-Добровольский. - М.: Издательство Министерства Коммунального хозяйства РСФСР, 2016. - 182 с.

15 Ершов А.В., Яременок Л.В., Лебеда Л.В. // Тез. докл. Всесоюзн. Научно-техн. Совещ. «Очистка природных и сточных вод» (Москва, 9-13 окт. 1989). С. 142143.

16 Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. В 3 томах. Том 2. Очистка и кондиционирование природных вод: моногр. / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. - 496 с.

17 Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Очистка и кондиционирование природных вод. Том 2 / М.Г. Журба. - М.: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2016. - 538 с.

18 Катранов, А.Г. Компьютерная обработка данных экспериментальных исследований / А.Г. Катранов, А.В. Самсонова /Учебное пособие.–

СПб: СПбГАФК им. П.Ф. Лесгафта, 2005.– 132 с.

19 Кичигин, В. И. Моделирование процессов очистки воды / В.И. Кичигин. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2013. - 232 с.

20 Кондиционер для очистки воды "Tetra Aqua Crystal Water", 100 мл на 200 л. - Москва: Гостехиздат, 2017. - 258 с.

21 Ксенофонтов, Борис Интенсификация процессов очистки воды флотацией / Борис Ксенофонтов. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. - 108 с.

22 Кузнецов А. Е., Градова Н. Б., Научные основы экобиотехнологии / Учебное пособие для студентов. - М.: Мир, 2006. - 504 с: ил.

23 Латыпова, Марина und Севостьянова Ольга Исследование процессов биохимической очистки токсичных сточных вод / Латыпова Марина und Севостьянова Ольга. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. - 469 с.

24 Левадный, В. С. Дренаж и очистка сточных вод / В.С. Левадный. - М.: Аделант, 2014. - 503 с.

25 Луканин, А.В. Инженерная экология: процессы и аппараты очистки сточных вод и переработки осадков. Учебное пособие: моногр. / А.В. Луканин. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 205 с.

26 Мазаев В.Т., Ильницкий А.П., Шлепнина Т.Г. Руководство по гигиене питьевой воды и питьевого водоснабжения. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2008. – 320 с.

27 Маннанова, Гринада Васфиевна Методы Очистки Промышленных Сточных Вод / Маннанова Гринада Васфиевна. - Москва: СИНТЕГ,

2015. - 539 с.

28 Набор для проведения опытов по очистке воды "Юный ученый". - Москва: Огни, 2016. - 873 с.

29 Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328 с.

30 Трифонов, О. В. Оценка эффективности работы очистных сооружений по гидробиологическим показателям. Руководство по контролю за работой очистных сооружений биологической очистки сточных вод в аэротенках / О.В. Трифонов. - М.: Издательские решения, 2013. - 408 с.

31 Удод В.М. Использование микроорганизмов для очистки сточных вод от неионогенных ПАВ // Химия и технология воды. 1985. - т.7. - №5.

32 Юровская Е.М. Микробиологическая очистка промышленных сточных вод. -Киев: Здоров'я, 1984. 160 с.

33 Юрьев Б.Т., Очистка сточных вод малых объектов. – Рига.: Авотс, 1983

34 Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод/Учебник для вузов: - М.: АСВ, 2004. – 704 с.