



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
филиал в г.Туапсе

Кафедра «Метеорологии, экологии и природопользования»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование
(квалификация – бакалавр)

На тему: «Пути модернизации технологии очистки сточных вод МУП «ЖКХ города Туапсе»

Исполнитель Синьков Александр Андреевич

Руководитель к.б.н., доцент Долгова-Шхалахова Алина Владимировна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

« 20 » Июль 2025 г.

Туапсе

2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 Виды и разнообразие состава и физико-химическим свойствам.....	5
1.1 Источники формирования сточных вод их состав свойств.....	5
1.2 Санитарно – химический состав и свойства сточных вод.....	9
2 Этапы и степень очистки сточных вод на сооружениях МУП «ЖКХ города Туапсе»	17
2.1 Схема системы водоотведения и характеристика сточных вод МУП «ЖКХ города Туапсе».....	17
2.2 Методика отбора и очистки сточных вод	24
2.3 Результаты анализа очистки хозяйственно – бытовых стоков	30
3 Пути модернизации очистки сточных вод на очистных сооружениях МУП «ЖКХ города Туапсе».....	47
Заключение	56
Список литературы	60
Приложение 1	

Введение

В условиях стремительного роста населения и увеличения объемов сточных вод, эффективная очистка хозяйственно-бытовых вод становится одной из важнейших задач муниципальных образований. МУП «ЖКХ города Туапсе» играет ключевую роль в обеспечении экологической безопасности и сохранении водных ресурсов региона.

На данных очистных сооружениях реализуется современная технология обработки, включая механическую, биологическую и, в некоторых случаях, химическую очистку воды. Эффективность данных процессов имеет критическое значение как для улучшения качества сточных вод, так и для минимизации воздействия на окружающую среду.

В процессе исследования будут рассмотрены ключевые показатели качества сточных вод до и после обработки, а также выявлены возможные недостатки и направления для улучшения работы систем очистки. На основании полученных данных будет сделан вывод о текущем состоянии очистных сооружений и их способности справляться с возрастающими нагрузками.

На очистных станциях биологической очистки в российских городах ежегодно образуется свыше 90 миллионов кубометров влажных осадков, которые характеризуются плохими показателями обезвоживания.

В условиях современной урбанизации и роста населения вопрос очистки сточных вод приобретает особую значимость.

Хозяйственно-бытовые сточные воды являются одним из основных источников загрязнения водоемов и природной среды, что негативно сказывается на экологии и здоровье населения. Эффективная очистка подобных вод становится необходимой не только для соблюдения санитарных норм, но и для защиты экосистем.

Поэтому анализ работы водоотводящих и очистных сооружений, в частности МУП «ЖКХ города Туапсе», представляет собой актуальную задачу,

требующую тщательного изучения.

Объектом исследования - МУП «ЖКХ города Туапсе».

Предмет исследования - процессы и результаты очистки хозяйственно-бытовых вод, включая их состав и характеристики.

Основной целью исследования явилось, на основании анализа работы очистных сооружений муниципального унитарного предприятия и выявить проблемы, влияющих на качество очистки сточных вод.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- дать характеристику сточных вод (состав и источники формирования, санитарно – химический анализ примесей);
- провести оценку хозяйственной деятельности МУП «ЖКХ города Туапсе» по очистке сточных вод;
- определить направления совершенствования очистки сточных вод на очистных сооружениях МУП «ЖКХ города Туапсе».

1 Виды и разнообразие состава и физико-химическим свойствам

1.1 Источники формирования сточных вод их состав свойств

Сточные воды представляют собой одну из важнейших составляющих системы водоснабжения и водоотведения, и их состав, а также источники формирования, имеют значительное значение как для охраны окружающей среды, так и для обеспечения устойчивых водных ресурсов. В условиях стремительного роста урбанизации и увеличения объемов производства, проблема качественного управления сточными водами становится все более актуальной.

Состав сточных вод варьируется в зависимости от источника их формирования, который может включать (рисунок 1.1):

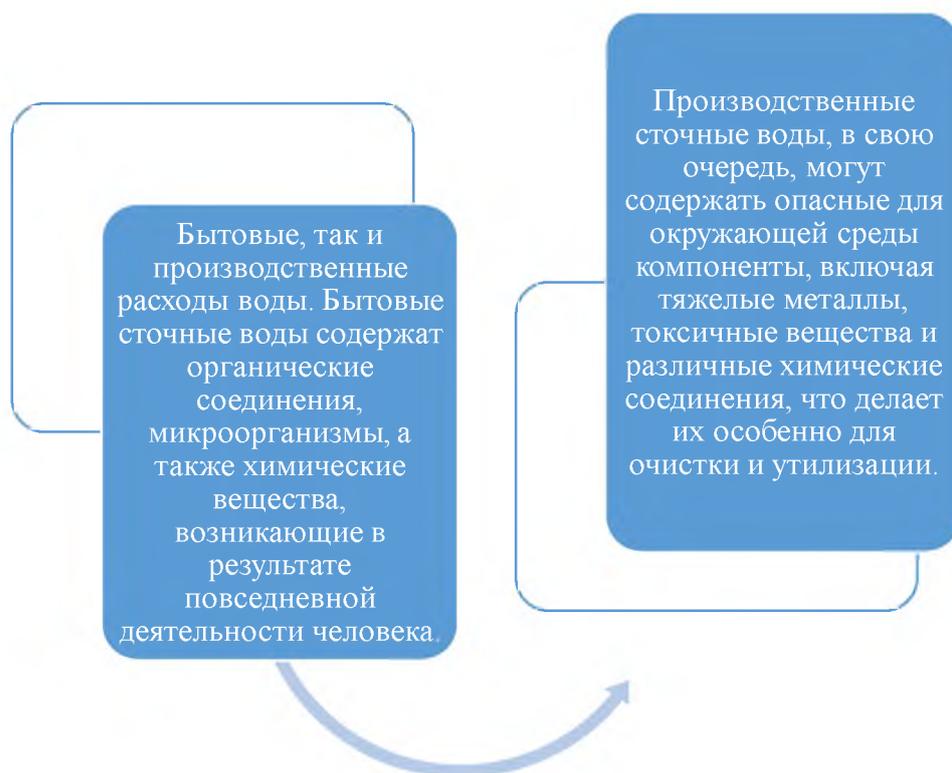


Рисунок 1.1- Основные виды сточных вод

Выявление основных источников формирования стоков позволит рассмотреть современные подходы к их очистке и минимизации негативного воздействия на природу. Таким образом, данное исследование имеет как теоретическую, так и практическую значимость, способствуя комплексному

пониманию проблемы сточных вод и поиску оптимальных решений в области их управления.

В урбанизированных зонах и населённых пунктах накапливаются разнообразные загрязняющие вещества, возникающие в результате человеческой деятельности, включая бытовые отходы и сточные воды.

В городах и других населённых местах скапливаются различные загрязняющие элементы, происходящие от человеческой активности, включая как бытовые отходы, так и сточные воды, образующиеся в процессе повседневной жизни.

Проблема загрязнения городских ландшафтов действительно требует пристального внимания, поскольку она затрагивает не только экологические, но и социальные аспекты жизни людей. С ростом городов и увеличением населения количество отходов неуклонно возрастает, что приводит к негативным последствиям, таким как ухудшение качества воды, грунта и воздуха. Это подчеркивает необходимость разработки эффективных систем утилизации и очистки, а также внедрения образовательных программ для повышения ответственности граждан за свои действия.

Инновационные технологии и меры по рациональному использованию ресурсов могут помочь снизить уровень загрязнения и улучшить экологическую обстановку в населённых пунктах.[7,с.131]. Полная картина загрязнения становится еще более сложной из-за значительных объемов отходов, производимых промышленными предприятиями, где технологические процессы часто ведут к образованию разнообразных остатков, зачастую содержащих воду в значительных количествах.

Сточные воды представляют собой смесь жидкостей, использованных для различных целей, и выступают в роли носителей загрязняющих веществ, которые негативно сказываются на химическом составе и физических характеристиках данного водоема. Эти воды могут содержать органические вещества, подверженные разложению, что создает благоприятные условия для размножения как безвредных, так и патогенных микроорганизмов.

А вот химизм и свойства промышленных сточных вод, их состав более разнообразны ввиду бесконечности различий сырьевых материалов и технологических процессов. Они в зависимости от сбросов предприятий могут варьироваться от слабо загрязненных до сильно отравленных. Причем этот факт требует особого внимания, поскольку степень загрязнения непосредственно влияет на необходимость очистки перед сбросом в природные водоемы с учетом их экологии и здоровья населения.

К малозагрязненным относятся, например, воды, использующиеся для охлаждения, которые не содержат значительных загрязнителей, но могут быть подвержены повышенному нагреву. В свою очередь, сильно загрязненные сточные воды содержат разнообразные загрязняющие компоненты — минералы, органику или их смеси.

Управление сточными водами является одной из насущных задач в современном обществе, особенно в условиях городской и промышленной застройки. Важно понимать, что зачастую речь идет не о чистых потоках, а о их сочетаниях, в которые входят как бытовые, так и производственные сточные воды, а иногда и дождевая вода.

Обеспечение безопасности городских сточных вод, возможно только с помощью эффективной системы удаления сточных вод, а также их последующей очистки и дезинфекции.

Системы сточных вод представляют собой совокупность инженерных решений, направленных на решение основных задач, среди которых [20, с. 46]:

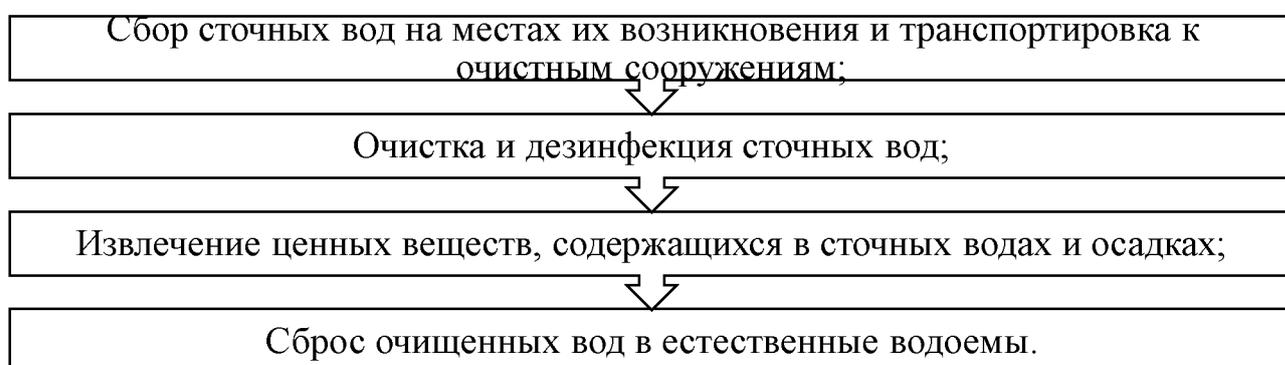


Рисунок 1.2 - Приемы обращения со стоками

Эти компоненты образуют структуру, необходимую для эффективного управления водными ресурсами и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Процесс включает в себя не только механические и биологические методы обработки, но и технологии, позволяющие возвращать полезные соединения в производственный цикл, что подчеркивает важность экологического подхода к ведению хозяйства.

Существует два основных типа канализационных систем: вывозная и сплавная. Вывозная система представляет собой сбор жидких отходов в специальные резервуары, известные как выгребы. Очистка такой системы предполагает периодическое опустошение этих ёмкостей с использованием гужевого или автомобильного транспорта, что требует дальнейшей обработки на санитарных площадках [15,с.68]. Это решение, как правило, не обеспечивает должный уровень санитарии в населенных пунктах и зачастую экономически невыгодно, что делает его актуальным лишь для небольших населенных и труднодоступных районов [9,с.81]. Основная мысль заключается в том, что комбинированная система сточных вод является эффективным решением для сбора и очистки сточных вод, даже при недостаточной городской инфраструктуре, при этом современные технологии позволяют улучшить управление отходами.

Можно сказать, что комбинированные системы сточных вод эффективно справляются с задачей очистки, гарантируя адекватный уровень станций сточной очистки, даже при слабой инфраструктуре города. Современные технологии также вносят свой вклад в экологическую ситуацию и оптимизацию управления отходами.

Размышляя о данном вопросе, можно отметить, что сочетание технологий и правильного управления сточными водами имеет огромное значение для устойчивого развития городов.

Таким образом, выбор типа канализации непосредственно влияет на санитарные условия и экономическую целесообразность в разных районах, что подчеркивает необходимость системного подхода к проектированию и

эксплуатации таких систем в городах и населенных пунктах.

Основные компоненты сточных вод включают органические и неорганические загрязнители, токсичные вещества, а также остатки продуктов жизнедеятельности человека и животных [24,с.15].

Классификация сточных вод на бытовые и производственные позволяет более эффективно подходить к их обработке и утилизации. Различные виды канализации, такие как вывозная и сплавная, демонстрируют разнообразие методов управления сточными водами, однако проблема загрязнения окружающей среды остается актуальной и требует комплексного подхода к решению.

Таким образом, сточные воды представляют серьезную экологическую и санитарную проблему, решение которой возможно лишь при условии эффективной системы их очистки и утилизации. Понимание состава сточных вод и особенностей их формирования позволяет разработать и внедрить более эффективные технологии очистки, а также оптимизировать систему канализации. Важно, чтобы местные органы управления и предприятия осознавали ответственность за соблюдение норм и стандартов в данной области, что будет способствовать обеспечению чистоты водоемов и сохранению экологического баланса.

1.2 Санитарно – химический состав и свойства сточных вод

Согласно современным требованиям по охране окружающей среды и устойчивому развитию, проблематика очистки и управления сточными водами приобретает все большую актуальность. Сточные воды представляют собой комплексные системы, содержащие различные загрязняющие вещества, которые могут негативно воздействовать на экосистемы, здоровье человека и ресурсы природы. Понимание санитарно-химического состава и свойств сточных вод является ключевым фактором для разработки эффективных методов их очистки и безопасного удаления.

На сегодняшний день сточные воды образуются в результате разнообразной человеческой деятельности – от бытовых нужд до производственных процессов. Каждая категория сточных вод имеет свои особенности, которые обуславливаются составом, источниками и технологическими процессами, на которых они возникают. Сложность анализа сточных вод заключается в их изменчивом составе, который может варьироваться как в зависимости от времени суток, так и от сезона.

В данном разделе выпускной квалификационной работе будет проведен анализ санитарно-химического состава сточных вод, включая основные компоненты – биологические, органические и неорганические вещества. Также будет рассмотрено влияние этого состава на экосистемы водоемов и методы обработки сточных вод для достижения нормативных значений, установленных законодательством. Исследование этих аспектов позволит не только выявить актуальные проблемы, связанные с загрязнением водных ресурсов, но и предложить механизмы для их решения, способствующие устойчивому развитию и охране окружающей среды.

Системы канализации принимают сточные воды, содержащие разнообразные загрязняющие вещества, которые можно условно разделить на три главные категории: минеральные, органические и бактериальные загрязнители. Минеральные загрязнители включают такие компоненты, как песок, глина, частицы руды, шлак и различные растворимые вещества, среди которых соли, кислоты и щелочи.

В свою очередь, органические загрязнители делятся на растительные и животные [23, с. 146].

К растительным относятся остатки растительности, фрукты, овощи, злаковые культуры, бумажные изделия, растительные масла и гуминовые соединения, основным элементом которых является углерод.

Животные органические вещества включают экскременты людей и животных, остатки тканей и органические кислоты, причем наиболее значимое из них — это азот.

В среднем примерно 60% сточных вод от бытового использования состоит из органических загрязняющих веществ, тогда как 40% занимают минеральные загрязнители. В сточных водах, образующихся в процессе промышленного производства, эти пропорции могут значительно варьироваться, что в значительной мере зависит от типа используемых сырьевых материалов и методов производства.

Одним из ключевых показателей для бытовых сточных вод является их биodeградируемость, которая отражает способность вещества к очистке с помощью биологических процессов. Это является следствием наличия необходимых питательных веществ, таких как азот и фосфор, которые способствуют активному росту микроорганизмов. Бактериальные загрязнители охватывают широкий спектр живых микроорганизмов, включая дрожжи, плесневые грибы и различные типы бактерий [3, с. 47].

Таким образом, понимание состава и характера загрязнителей в сточных водах имеет важное значение для разработки эффективных методов их очистки и минимизации негативного влияния на экологию и здоровье населения.

Следовательно, понимание состава и свойств сточных вод является первостепенной задачей для эффективного управления водными ресурсами и минимизации воздействия на общественное здоровье и окружающую среду. Эффективные стратегии очистки должны учитывать не только уровень загрязнения, но и характер загрязняющих веществ, что позволит разработать более целенаправленные и устойчивые методы очистки сточных вод.

Загрязнение сточных вод можно разделить на три основных физических состояния: нерастворимые вещества, коллоидные частицы и растворенные компоненты. Нерастворимые элементы в сточных водах варьируются от крупных суспензий с размерами частиц превышающими 100 микрометров до мелких суспензий (эмульсий) с размерами частиц от 100 до 0,1 микрометра [21, с.52].

Согласно исследованиям, среднее количество нерастворимых взвешенных веществ в бытовых сточных водах составляет приблизительно 65

граммов на душу населения в день для пользователей централизованных систем хранения.

Сточные воды могут быть классифицированы по концентрации и степени агрессивности, что имеет важное значение для проектирования систем канализации и очистных сооружений.

Классификация сточных вод по их концентрации и агрессивности играет ключевую роль в выборе материалов и проектировании систем очистки и утилизации. Это делает процесс управления сточными водами особенно важным в контексте экологической устойчивости и безопасности.

Правильная классификация и последующее проектирование могут существенно снизить воздействие сточных вод на окружающую среду и здоровье человека.

При этом стоит отметить, что современные технологии могут помочь лучше определять химические и физические характеристики сточных вод, что в свою очередь, позволит более эффективно справляться с проблемами, связанными с их утилизацией и очисткой.

Слабоагрессивные воды, включая слабокислые (с рН около 6,5) и слабощелочные (с рН около 9);

Сильноагрессивные воды, обычно имеют кислую реакцию с рН ниже 9.

Кроме рН, следует принимать во внимание такие параметры, как температура и скорость течения сточных вод, поскольку их повышение зачастую способствует ускорению процессов коррозии в канализационных системах [10, с.131].

В современных городских условиях сточные воды, сбрасываемые с промышленных объектов, часто смешиваются с бытовыми, что приводит к образованию смешанных сточных вод с переменным уровнем загрязнений.

Структура и консистенция осадка, образующегося при очистке сточных вод, зависят от типа применяемой системы водоотведения.

В процессе седиментации образуются два основных вида осадка.

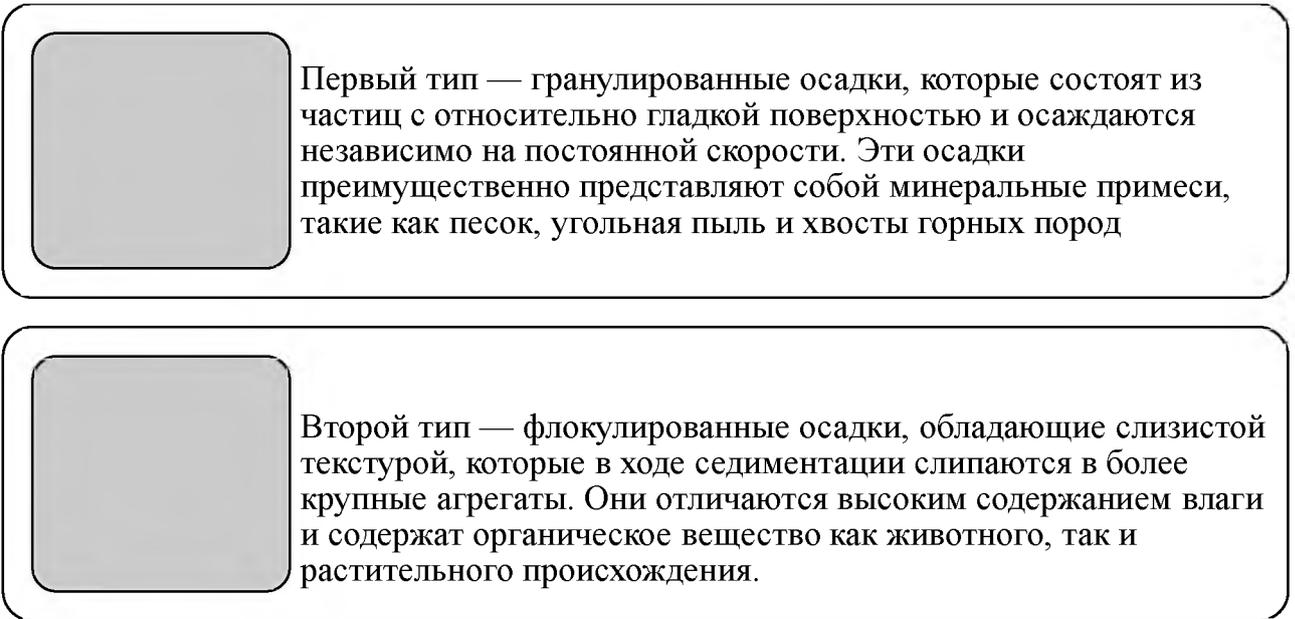


Рисунок 1.3- Классификация смешанных типов осадков

Согласно установленным нормам, в процессе двухчасовой седиментации бытовых сточных вод образуется осадок, содержащий 95% влаги, что эквивалентно 0,8 литра на человека в день. Трудоемкость и особого внимания требует наличие в них коллоидной фазы с органическими веществами, такие как белки, жиры и углеводы, а также продукты их метаболизма.

Изучая динамику сброса бытовых сточных вод в окружающую среду, можно отметить стабильность состава химических загрязнителей на душу населения. В среднем каждый человек ежедневно добавляет около 8 граммов аммониевых солей, 9 граммов хлоридов и 3,3 грамма фосфатов [25, с. 86]. Концентрация этих веществ в сточных водах, выраженная в миллиграммах на литр, варьируется в зависимости от степени разбавления: как правило, при низком уровне сточных вод концентрация загрязняющих веществ выше.

С другой стороны, состав промышленных сточных вод может значительно колебаться. Эта изменчивость обусловлена не только концентрацией загрязнителей в обрабатываемом сырье, но и особенностями технологических процессов, объемами водоснабжения и другими факторами. Таким образом, для каждого конкретного предприятия возможно лишь приблизительное определение содержания загрязняющих веществ в

сбрасываемых сточных водах.

Подводя итог, можно сказать, что понимание динамики формирования и состава осадков, а также влияния различных факторов на сточные воды является важным аспектом для разработки эффективных систем очистки и охраны водных ресурсов.

При проектировании систем производственной канализации крайне важно опираться на результаты анализа сточных вод, образующихся на конкретных производственных объектах [5, с.42]. В случае отсутствия таких данных, допустимо использовать сведения, полученные из аналогичных отраслей, что помогает сформулировать более точные прогнозы.

Современная промышленность сталкивается с проблемой загрязнения сточных вод, содержащих радиоактивные примеси. Это становится особенно актуальным в свете использования радиоактивных материалов в различных отраслях.

Уровень опасности таких сточных вод определяется характером радиоактивных элементов и их концентрацией, которая может быть установлена только посредством специальных анализов. Результаты этих измерений выражаются в единицах радиоактивности, что акцентирует внимание на необходимости серьезного подхода к контролю и управлению такими отходами.

Для обеспечения надлежащего контроля качества сточных вод на биологических очистных сооружениях регулярно, примерно каждые десять дней, проводят санитарно-химический анализ. Данный анализ включает в себя исследование среднесуточных проб как поступающих сточных вод, так и воды, прошедшей различные стадии обработки.

Полученные результаты позволяют надежно оценить эффективность функционирования очистных сооружений и их отдельных компонентов. В дополнение к этому регистрируется количество как неочищенных сточных вод, так и очищенного стока.

Показатели, полученные в ходе санитарно-химического анализа, играют

ключевую роль в оценке эффективности различных методов очистки сточных вод [12, с. 39].

По уровню загрязнения, они классифицируются как слабо загрязненной, если концентрации взвешенных веществ и биохимического потребления кислорода (БПК) не превышают 100 мг/л. Пробы с концентрацией от 100 до 500 мг/л классифицируются как умеренно загрязненные, а значения выше 500 мг/л относятся к категории сильно загрязненных [13, с. 122].

Учитывая сложность составов сточных вод и невозможность точно отделить каждый компонент из сложной смеси, возникает необходимость в использовании так называемых агрегатных показателей.

Именно благодаря этой причине, санитарно-химический анализ является важным элементом в оценке состояния водной среды, их правильная направленность позволяет определить температуру, цвет, запах, прозрачность, уровень pH, содержание растворенных твердых веществ и изменения этого содержания при прокаливании.

Ключевыми показателями являются объем и масса осаждаемых веществ а точнее химические соединения:

перманганатная окисляемость, химическое потребление кислорода (ХПК), биохимическое потребление кислорода (БПК), и обязательно содержание форм азота, таких как общий азот, аммоний, нитрит и нитрат, фосфаты, хлориды, сульфаты, тяжелые металлы, токсические вещества, ПАВ, нефтепродукты, растворенный кислород, общее количество жизнеспособных микроорганизмов, а также выявление колиформных бактерий и яиц гельминтов.

Рисунок 1.4- Перечень обязательных анализируемых химических соединений

Несомненно, учитывая резкие колебания химических веществ в суточном ходе, а тем более за недели, месяцы, сезоны, необходимо строго регламентировать методики отбора и выдержанность сроков отбора.

Для получения надежной оценки качества воды обычно используют средние концентрации [3], такой санитарно-химический анализ представляет собой комплексный инструмент, помогающий мониторить состояние водоемов

и оперативно реагировать на изменения, вызванные антропогенной деятельностью.

В данной главе была проведена комплексная характеристика сточных вод, охватывающая их состав, источники формирования, а также санитарно-химические свойства.

Особое внимание уделяется минеральным примесям, остаткам растительного и животного происхождения, а также токсичным элементам, которые могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

Во втором разделе, посвященном санитарно-химическому составу и свойствам сточных вод, было отмечено, что для всесторонней оценки качества воды применяется ряд аналитических методов, включая измерения показателей, таких как температура, рН, содержание различных химических веществ и микробное число.

Эти данные позволяют оценить возможность применения различных технологий очистки и создать эффективные системы управления сточными водами. Ключевую роль в анализе играют показатели, отражающие уровень загрязненности, которые могут значительно изменяться в течение суток и недели, что подтверждает необходимость регулярного мониторинга.

Таким образом, результаты проведенного анализа подчеркивают важность комплексного подхода к оценке сточных вод с целью разработки эффективных методов их очистки и минимизации воздействия на экосистему. Эти данные служат основой для последующих исследований, направленных на улучшение процессов очистки сточных вод и защиту водных ресурсов.

2 Этапы и степень очистки сточных вод на сооружениях МУП «ЖКХ города Туапсе»

2.1 Схема системы водоотведения и характеристика сточных вод МУП «ЖКХ города Туапсе»

Система водоотведения играет ключевую роль в обеспечении санитарной безопасности и устойчивого развития городских поселений. Одним из важных элементов этой инфраструктуры является организация очистки сточных вод, что абсолютно необходимо для достижения экологической безопасности и сохранения водных ресурсов.

В данном разделе выпускной квалификационной работе рассмотрим схему системы водоотведения и специфику сточных вод Муниципального унитарного предприятия «Жилищно-коммунальное хозяйство города Туапсе». Уделяется внимание проектированию очистных сооружений, технологиям обработки сточных вод и соблюдению нормативных требований, определяющих допустимые уровни загрязняющих веществ. Основной акцент делается на процессах механической и биологической очистки, а также дезинфекции сточных вод перед их сбросом в водоемы.

Муниципальное унитарное предприятие «Жилищно-коммунальное хозяйство города Туапсе» является важным звеном в системе обеспечения граждан доступной питьевой водой и организации качественной очистки сточных вод. Работы такого предприятия зависят не только от качества жизни граждан, но и от экологического состояния региона в целом. Эффективное управление сточными водами препятствует загрязнению природных водоемов и сохраняет устойчивость экосистемы.

Также важно отметить, что современные технологии очистки сточных вод продолжают развиваться, и Туапсе может использовать инновационные решения для повышения качества услуг. Значение устойчивого водоснабжения и правильной утилизации сточных вод становится особенно актуальным в условиях растущего населения и изменения климата, что подчеркивает

необходимость регулярного обновления и модернизации инфраструктуры данного предприятия.

Таким образом, функции данного предприятия являются не только актуальными для обеспечения жизнедеятельности города, но и необходимыми для соблюдения экологических стандартов и повышения качества жизни населения. Устойчивое управление ресурсами и надежное функционирование систем водоснабжения и водоотведения имеет решающее значение для дальнейшего развития муниципального образования [1].

Структурная схема системы водоотведения включает несколько важнейших компонентов:

- внешний сетевой канализационный системы протяженностью 85,5 километров;
- ряд специализированных насосных станций, каждая из которых выполняет свои функции по перекачке сточных вод.

К примеру, канализационная насосная станция (КНС) № 1, Приморской долины к станции «Шнековая». КНС «Звездная», находящаяся на одноименной улице, отправляет стоки на основную канализационную насосную станцию (Главную КНС). Станция «Пивзавода» предназначена для перекачки сточных вод от пищевых предприятий к главной очистной, тогда как КНС «Курортная», расположенная на улице Звездной, выполняет аналогичные функции для своего района. КНС «Солнечная» на улице Солнечной перекачивает сточные воды с улиц Солнечной и Звездной к станции «Звездная». Главная КНС, находящаяся на улице Гагарина, принимает все городские стоки и направляет их на очистные сооружения в поселке Холодный Родник.

Данная структура управления системой сточных вод и канализации играет критически важную роль в поддержании здоровья населения и охране окружающей среды. Эффективная работа этого комплекса требует постоянного контроля и модернизации для соответствия современным требованиям.

Станции очистки сточных вод (СОС), управляющиеся муниципальным унитарным предприятием «Жилищно-коммунальные услуги города Туапсе»,

расположены в поселке Холодный Родник, который входит в состав Велиаминовского сельского поселения в Туапсинском районе. Этот объект находится примерно в пяти километрах от города Туапсе, на устье небольшого ручья, протекающего через вторую Каштонову Щель. Открытие данных очистных сооружений состоялось в 1984 году; они были спроектированы с максимальной пропускной способностью 52 000 м³ в сутки. Тем не менее, в настоящее время объем сточных вод, принимаемых операционными мощностями, составляет приблизительно 25 000 м³ в день.

Вокруг станции установлена санитарно-защитная зона, размеры которой определяются в соответствии с предписаниями СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200 – 03. Эти нормы регламентируют параметры санитарной защиты и классификацию различных объектов. Следует отметить, что жилые здания не находятся в пределах этой зоны[3, с.44].

В Туапсе большинство многоквартирных жилых комплексов подключено к централизованной системе канализации. Однако в некоторых микрорайонах, таких как Приморская долина (включающая улицы Судоремонтников, Калораш и Кириченко), Сортировочный (особенно поселок Пригородный), Грознефть (примечателен улицей Звездной), а также в ряде центральных частей города, существуют частные дома, не имеющие доступа к этой инфраструктуре.

Проектирования и строительства канализационных сетей в этих областях осуществляется поэтапно, что позволяет более эффективно управлять ресурсами и соблюдать сроки выполнения работ.

Установка герметически изолированных систем местной канализации является необходимым условием для дальнейшей эксплуатации жилых объектов.

Такие системы позволяют ассенизаторским машинам осуществлять откачку сточных вод и направлять их в общегородские сети водоотведения. В настоящее время в Туапсинском городском поселении работает 1495 герметически изолированных сооружений местной канализации, обслуживающих частные домовладения, имеющие контракты на вывоз

хозяйственно-бытовых сточных вод (рисунок 2.1).

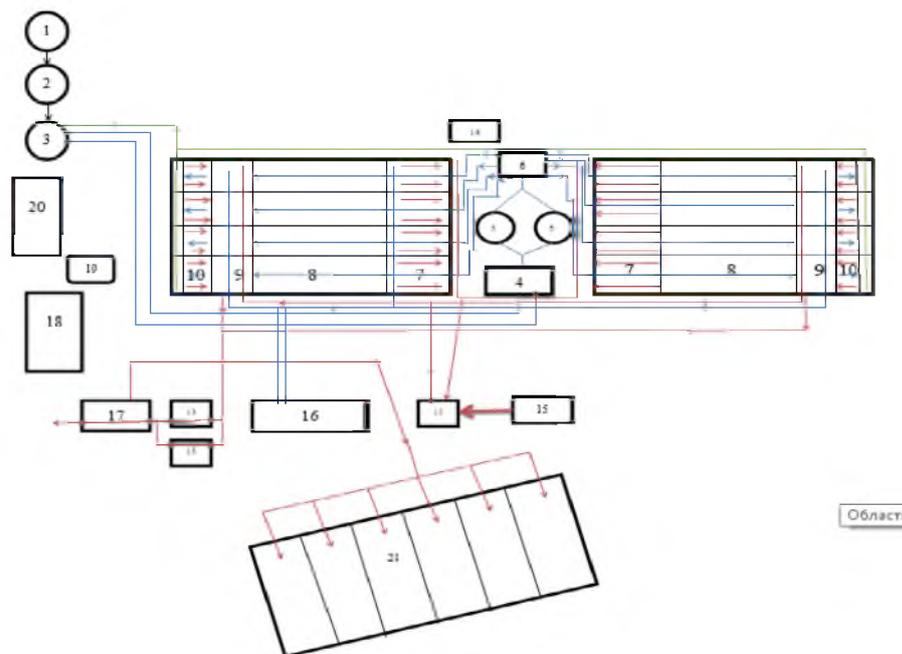


Рисунок 2.1 - Структурная схема очистки и обезвреживания сточных вод

Кроме того, муниципальное унитарное предприятие «ЖКХ города Туапсе» внедрило новые пункты для приема сточных вод в городскую канализационную систему. Это решение направлено на упорядочение процесса сброса сточных вод и на соблюдение всех технологических норм [3], связанных с их транспортировкой, очисткой, дезинфекцией и последующей утилизацией. Таким образом, организация канализационной системы в Туапсинском городском поселении представляет собой важный шаг к улучшению инфраструктуры и водоснабжения региона.

Системы очистки сточных вод, отвечающие за биологическую переработку отходов, функционируют по тщательно продуманному многоступенчатому процессу. Этот процесс состоит из нескольких ключевых этапов, каждый из которых играет важную роль в обеспечении эффективного управления сточными водами.

Механическая очистка: На начальном этапе применяются три решетки для улавливания крупных плавающих предметов и механических загрязнений. Чтобы качественно удалить тяжелые минеральные частицы, используются два

песколовки, создающие завихренный поток воды. Собранные во время этой очистки материалы помещаются в песчаные бункеры для последующей утилизации.

Распределение сточных вод: После завершения механической очистки, сточные воды направляются в первичные отстойники через сеть трубопроводов, что позволяет равномерно распределить поток воды.

Биологическая обработка: На этапе биологической обработки функционируют два блока танков, обозначенные буквами А и Б, каждый из которых состоит из четырех секций. Эти блоки содержат восемь первичных отстойников, аэробные минерализаторы, восемь двуканальных аэрационных танков и восемь вторичных отстойников, что создает оптимальные условия для эффективного биологического разложения органических веществ.

Утилизация осадка: Для обработки избыточного осадка предусмотрены два устройства для сгущения осадка, механические установки для отжима и шесть площадок для хранения осадка. Эти элементы обеспечивают правильное управление и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду.

Дополнительные сооружения: В состав системы входят также вспомогательные сооружения, такие как котел работающий на жидком топливе, насосная станция для воздуходувок, технологическая насосная станция и хлорирование с отдельной зоной хранения хлора. Каждый процесс поддерживается системой отводных трубопроводов, что дополнительно способствует общей эффективной работе всего комплекса.

Данная комплексная система обеспечивает результативное управление сточными водами, акцентируя внимание как на экологической безопасности, так и на операционной эффективности, что крайне важно в условиях современных экологических требований и стандартов [11].

Таким образом, работа канализационных сетей в Туапсе организована стройно и последовательно, что в конечном итоге значительно улучшает санитарные условия в городе.

Очистка сточных вод на городской станции начинается с поступления

фекальных жидкостей в специализированную камеру, где они проходят через решетки, оснащенные механическими граблями модели МГ-7Т, предназначенными для захвата крупных частиц.

На этапе очистки сточных вод с осадочными депозитами эти отложения перекачиваются через сифоны в центральную часть вторичного отстойника, где они накапливаются в периферийном канале. В процессе этого осуществляется уточнение воды, а осевший активный осадок на дне возвращается в аэротенк с помощью подъемников. Избыточный осадок, в свою очередь, направляется в минерализатор.

Стабилизированный осадок, получаемый в минерализаторе, поступает в цех механического обезвоживания (ЦМО). На этом этапе осадок подвергается обработке флокулянтами, после чего осуществляется его отжим с помощью ленточных фильтров-прессов. Полученный обезвоженный осадок, который теперь именуется «кексом», размещается на площадках для утилизации осадков, в то время как фильтрат возвращается на начальную стадию очистки.

При анализе сточных вод, сбрасываемых в водоемы, акцентируется внимание как на органолептических, так и на физико-химических характеристиках. Прозрачность обработанных сточных вод является важным показателем, определяемым высотой столба воды, на которой текст определенного шрифта может быть четко прочитан. Для бытовых сточных вод, проходящих процесс очистки, минимальный уровень прозрачности должен составлять не менее 10 см, что в значительной степени зависит от концентрации нерастворимых и коллоидных частиц в жидкости.

При процессе обезвоживания обработанных сточных вод используют жидкий хлор, для хранения которого предусмотрено специальное помещение, расположенное в непосредственной близости от зоны хлорирования. Все нормативные требования, касающиеся транспортировки, хранения и использования хлора, строго соблюдаются. Дезинфекция сточных вод осуществляется с помощью установок ADVANCE-285, работающих с выходом хлора до 10 кг в час. По завершении дезинфекции очищенные сточные воды

перекачиваются через насосную станцию в точку глубоководного сброса, расположенную на расстоянии 2,4 километра от берега.

Согласно стандартам, установленным в ГОСТ Р 17.4.3.07.2001, которые регулируют использование сточных илов в качестве удобрений, а также требованиям санитарных норм СанПиН 2.1.7.573–96, действуют строгие запреты на присутствие в этом иле жизнеспособных яиц гельминтов. Для достижения этих целей в технологический процесс очистки вводится растительное средство под названием «Пуrolат — Бингсти» в соответствии с ТУ 9291–004–497855509–01.

Производимая после процесса обезвоживания сточная ил, содержащий от 75 до 80% воды и агрегатный состав с содержанием золы от 30 до 35%, используется для производства компоста, который затем применяется в озеленении.

Обеззараженные сточные воды, для которых использовался жидкий хлор, сбрасываются в Черное море через специальный глубоководный отвод, диаметром 1000 мм и длиной 38,5 м, расположенный на дне моря. Этот отвод был сооружен для очистных сооружений города Туапсе с использованием полиэтиленовой трубы длиной 2460 м и введен в эксплуатацию в период с 1985 по 1987 год.

Согласно указанным нормам, концентрация загрязняющих веществ в сточных водах не должна превышать установленные уровни, определенные в Нормах допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты, что также отражено в разрешении, зарегистрированном под номером 873–12 от 13 апреля 2012 года. Эти меры направлены на защиту экологической безопасности водоемов и поддержание стабильности морской экосистемы.

Результаты исследования системы водоотведения МУП «ЖКХ города Туапсе» подтверждают её эффективность и соответствие современным требованиям экологической безопасности. Оборудование очистных сооружений, использующее технологии механической и биологической очистки, а также обработку жидким хлором, позволяет достигать допустимых

уровней загрязняющих веществ в сточных водах. Соблюдение норм, установленных действующим законодательством, включая Водный кодекс РФ и санитарные нормы, гарантирует защиту водных ресурсов региона.

Важно отметить, что система водоотведения не только способствует улучшению санитарно-эпидемиологической обстановки, но и обеспечивает рациональное использование водных ресурсов, что имеет жизненно важное значение для роста и развития города. Таким образом, эффективная работа системы водоотведения является основой устойчивого развития окружающей среды и повышения качества жизни населения Туапсе.

2.2 Методика отбора и очистки сточных вод

В современных условиях значительное внимание уделяется проблеме очистки сточных вод, поскольку это напрямую связано с охраной окружающей среды и обеспечением здоровья населения. Муниципальное унитарное предприятие «Жилищно-коммунальное хозяйство города Туапсе» активно работает над улучшением методов очистки и управления сточными водами, что имеет важное значение для экологии региона.

Данная работа направлена на изучение методологии отбора и очистки сточных вод, используемой на предприятии, включая детали процессов механической и биологической очистки, а также роли активного ила в этих процессах. В процессе работы особое внимание уделено характеристикам сточных вод, условиям их очистки и показателям эффективности различных этапов технологического процесса.

Для оценки эффективности очистки сточных вод хозяйственно-бытового назначения была произведена выборка ключевых гидрохимических показателей [19,с.7], что приводит к образованию комплексной фосфомолибденовой гетерополярной кислоты. В этом процессе аскорбиновая кислота восстанавливает данную кислоту в присутствии потассиумаантимонилс тартрата, что приводит к образованию фосфомолибденового комплекса,

обладающего характерным синим оттенком.

Сточные воды, образующиеся в результате хозяйственной деятельности населения и промышленных предприятий, подлежат очистке в Муниципальном унитарном предприятии «Жилищно-коммунальные услуги города Туапсе». Процесс очистки включает как механическое, так и биологическое стадии обработки.

Механическая стадия начинается с поступления сточных вод в приемную камеру, оборудованную сетками, предназначенными для задерживания более крупных твердых частиц. Эта камера также обеспечивает равномерное распределение сточных вод по трем распределительным желобам, направляющим их к сеткам. Система состоит из трех сеток (двух основных и одной резервной), модели MG-7T, предназначенных для механического удаления отходов. Углы установки сеток составляют 60° к направлению потока, а расстояние между прутьями равно 16 мм.

Скорость поступления воды не должна превышать 1 м/с, что позволяет эффективно контролировать уровень загрязнения на сетках. Кроме того, максимально допустимое различие уровней воды до и после сеток ограничено 0,5 метра.

Сигнализация, расположенная на верхнем уровне, предупреждает операторов о превышении этого порога. Собранные из сеток отходы отжимаются в специализированных ведрах с отверстиями и затем транспортируются в хранилище для дальнейшей переработки с использованием извести, прежде чем они будут отправлены на муниципальную свалку.

Таким образом, система очистки сточных вод комбинирует механические и химические методы, обеспечивая соблюдение санитарных норм и эффективное управление отходами.

После завершения механической обработки и удаления крупных отходов сточные воды направляются в песколовки — специальные резервуары для отделения тяжелых минеральных частиц. Эти конструкции имеют конусообразную форму и располагаются горизонтально, сфокусировавшись на

принципе кругового движения воды. Диаметр каждой песколовки составляет 6 метров. Постоянное распределение сточных вод по круговому лотку приводит к выпадающим осадкам песка и других тяжелых частиц за счет резкого снижения скорости потока воды.

Овладение осажденными частицами происходит на дне резервуара, после чего гидроэлеватор обеспечивает их удаление в специальные песковые бункеры путем системы пульпопроводов. Процесс отводит отфильтрованную воду через трубы в лоток перед песколовками, в то время как песок медленно оседает на дне бункера.

Техническая вода подается в гидравлический лифт через напорный трубопровод диаметром 100 мм и обратный трубопровод диаметром 150 мм.

Эффективное удаление осадка обеспечивается за счет перемешивания отложившегося песка и создания необходимого давления в гидравлическом лифте, что способствует транспортировке песка в бункеры для последующей обработки. Когда бункеры заполняются песком в достаточном объеме и его влажность снижается, песок выгружается и с помощью самосвалов транспортируется на площадки для утилизации осадков.

Данная система способствует не только эффективному удалению осадков, но и оптимизации процессов сточных вод, что в сочетании с правильным управлением ресурсами повышает общую эффективность очистных сооружений. Таким образом, технология, использующая вполне доступные ресурсы, как сточные воды, демонстрирует высокую степень экологической устойчивости и рациональности в управлении отходами производства.

Одной из ключевых задач работы песколовки является поддержание оптимальных скоростей потока в пределах 0,15–0,3 м/с, а также своевременное удаление осевшего песка, которое производится дважды в день из каждой песколовки. Контроль функционирования этих установок включает ежемесячное измерение влажности (не более 65%), зольности (не менее 60%) и концентрации песка (не менее 35%) в осадке.

Песчаные ловушки, способствует эффективному процессу очистки

сточных вод. Такого рода меры существенно повышают эффективность всей системы и играют важную роль в управлении водными ресурсами, а также в снижении негативного воздействия сточных вод на окружающую среду.

Принцип работы песчаных резервуаров основан на использовании эффектов, аналогичных гидроциклонным. Суспензия из песчаных ловушек подаётся в резервуар по касательной к его стенкам.

Этот касательный поток создает вихревое движение, которое способствует оседанию песка. В результате очищенная вода выводится в лоток, расположенный перед песчаными ловушками, в то время как осушенный песок выгружается в самосвал.

Первичные отстойники предназначены для удаления крупных взвешенных частиц и плавающих веществ из сточных вод. Их размеры составляют 15 на 15 метров, и они имеют пирамидальное дно. После трансформации через сифоны сточные воды достигают дна отстойника, откуда они поступают в зону осаждения через цилиндрический распределительный отражающий экран. Очищенная жидкость выводится через переливной канал, расположенный по периметру резервуара.

Для эффективной работы первичных отстойников необходимо поддерживать заданные скорости осаждения, которые должны составлять минимум 1,5 часа, а также обеспечить равномерное распределение сточных вод как внутри резервуара, так и между рабочими установками. Важным аспектом данного процесса является своевременное и полное извлечение осадков и плавающих материалов.

Аэротенки функционируют в режиме вытеснения без регенерации, что обеспечивает подачу воздуха через систему воздухопроводов с диаметрами от 400 до 150 мм. Используемые воздуходувки модели ТВ 80-1.6, шесть из которых находятся в активном режиме, а два — в резерве, способны обеспечить производительность до 6000 кубических метров в час, которые насыщают очищаемую жидкость кислородом, необходимым для жизнедеятельности полезных микроорганизмов.

Таким образом, эффективная работа первичных отстойников и аэротенков играет решающую роль в процессе биологической очистки сточных вод, обеспечивая как снижение загрязняющей нагрузки на окружающую среду, так и улучшение качества очищенной воды, что, в свою очередь, соответствует современным требованиям контроля за состоянием водных ресурсов [21].

Принцип функционирования аэрационных систем основан на способности активного ила, состоящего из микроорганизмов, к использованию загрязняющих веществ в сточных водах для своего метаболизма. Эти микроорганизмы агрегируются в симбиотическую среду, принимающую форму хлопьев. В условиях хорошей аэрации и перемешивания иловой смеси с помощью сжатого воздуха они способны эффективно захватывать и ферментативно окислять органические соединения.

Высокая концентрация активного ила, в сочетании с постоянной подачей кислорода, создаёт условия для интенсивного биохимического разложения органических веществ. Азот, содержащийся в сточных водах, находится как в минерализованной, так и в органической форме, включая аминокислоты и белки. Этот элемент играет важную роль в метаболических процессах организмов, включая человека, и является значимым компонентом органических веществ.

Эти бактерии требуют высокой степени очистки среды от органических загрязнителей, поскольку их наличие мешает их размножению и жизнедеятельности. Поэтому процесс нитрификации запускается в аэротенках только после почти полного удаления углеводородных соединений, что определяется уровнем биохимического потребления кислорода (БПК).

Обнаружение нитритов в очищенной воде свидетельствует о том, что значительная часть органических веществ уже прошла процесс минерализации. Тем не менее, следует учитывать, что избыток аммиака может подавлять рост микроорганизмов, ответственных за нитрификацию на данном этапе, что, в свою очередь, приводит к снижению общей эффективности процесса. Бактерии, вовлеченные во вторую стадию нитрификации, являются еще более

чувствительными к неблагоприятным условиям окружающей среды и уровням растворенного кислорода.

Для обеспечения корректного протекания нитрификации крайне важно поддерживать критически необходимый уровень растворенного кислорода в смеси осадка. Аэрацию следует усиливать, подавая в два-три раза больше воздуха на входе в аэрационные танки, чем в других зонах. Кроме того, необходимо организовать процесс удаления осадка из вторичных отстойников, чтобы избежать его накопления, что может привести к нежелательному повышению потребности в кислороде.

Наличие окисленных форм азота в очищенной воде указывает на успешное проведение нитрификации аммонийного азота, а увеличение содержания нитратов свидетельствует о глубине и завершенности этого процесса. В условиях плохой аэрации нитрификация может прекратиться, что создает предпосылки для развития денитрификации.

Эффективное функционирование аэрационных резервуарах требует поддержания ряда ключевых параметров:

Уровень растворённого кислорода в смеси осадка должен находиться в диапазоне от 1,0 до 2,0 мг/дм³ на всех этапах работы установки. При этом необходимая биологическая нагрузка, рассчитанная на 1 грамм летучих осадков без золы, должна составлять от 200 до 250 мг BOD/g. Масса осадка с биохимическим потреблением кислорода (BOD) в 0,5% должна варьироваться от 1,2 до 1,5 г/дм³ в летний период и от 1,6 до 2,0 г/дм³ зимой.

Мониторинг аэрационных резервуаров осуществляется через ежедневные лабораторные испытания, направленные на оценку качества активного осадка. Эти испытания включают в себя измерение объёма и массы осадка, определение индекса осадка и уровень растворённого кислорода. Кроме того, ежемесячное обследование охватывает качество осевших и очищенных сточных вод, включая определение концентрации взвешенных веществ, 5-дневного BOD [3], содержания биогенных элементов и специфических компонентов.

Согласно основным критериям, эффективность очистки сточных вод в аэрационных резервуарах должна составлять не менее 90%. По завершении процесса фильтрации очищенная вода, содержащая активный осадок, транспортируется через сифоны в центральную часть вторичного отстойника.

Большая часть активного осадка, оставшегося во вторичных отстойниках, перекачивается обратно в аэрационный резервуар для повторного использования с помощью 64 установок воздушного подъема. Избыточный осадок транспортируется для утилизации в аэробный минерализатор.

Таким образом, исследование, проведенное в рамках данного раздела выпускной квалификационной работы, подтвердило высокую эффективность существующей системы очистки сточных вод в МУП «ЖКХ города Туапсе». Методика, включающая использование активного ила и двухступенчатое нитрификационное очищение, обеспечивает уровень очистки, превышающий 90% по основным показателям. В ходе работы установлено, что поддержание критически важных параметров, таких как содержание растворенного кислорода и время отстаивания, играет ключевую роль в достижении высоких результатов очистки.

Контроль за процессами очистки позволяет оперативно реагировать на изменения в качестве сточных вод и производить необходимые корректировки в технологиях. В будущем рекомендуется продолжить работу по оптимизации процессов и внедрению новых технологий, что позволит улучшить результаты очистки и минимизировать воздействие на окружающую среду.

2.3 Результаты анализа очистки хозяйственно – бытовых стоков

Вводная часть раздела выпускной квалификационной работы, посвященного анализу очистки хозяйственно-бытовых стоков, играет ключевую роль в формировании общей картины исследования и выявлении его актуальности.

В современных условиях, когда вопросы экологии и эффективного

управления водными ресурсами становятся особенно остро актуальными, качество очистки сточных вод представляет собой важный аспект, влияющий на здоровье населения и состояние окружающей природной среды.

Мы проведем оценку существующих методов очистки, проанализируем их эффективность и предложим рекомендации по оптимизации данных процессов. В результате нашего исследования ожидается не только повышение уровня экологической безопасности региона, но и улучшение качества жизни жителей города Туапсе.

Результаты проведенного анализа сравнивались с допустимыми нормами сброса загрязняющих веществ, которые устанавливаются на основании разрешений, выданных Федеральной службой по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) для Краснодарского края и Республики Адыгея.

Данные относительно предельно допустимых норм сброса загрязняющих веществ в Черное море для Муниципального унитарного предприятия «Жилищно-коммунальные услуги города Туапсе» представлены в таблице 2.1. Таблица 2.1 - Нормативы допустимого сброса загрязняющих веществ в Черное море МУП «ЖКХ города Туапсе»

№ п/п	Наименование загрязняющего вещества	Допустимая концентрация мг/дм ³
1	Нефтепродукты	0,55
2	Взвешенные вещества	11,50
3	БПК _{полн.}	10,35
4	Железо (общее)	0,46
5	Азот аммонийный	0,90
6	Азот нитритный	0,044
7	Азот нитратный	9,00
8	Фосфаты (по Р)	1,57
9	СПАВ	9,00

Долгосрочные результаты мониторинга продемонстрировали, что сточные воды, поступающие на очистные сооружения города, содержат

разнообразные загрязнители, с установленными нормами допустимого сброса различных загрязняющих компонентов в воды Черного моря, что подчеркивает критическую важность защиты водных ресурсов данного региона.

Данные работы очистных сооружений отражены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Эффективность очистки хозяйственно– бытовых сточных вод

Наименование вещества	До очистки (среднегодовые), мг/л	После очистки, мг/л	Эффективность, %
Нефтепродукты	1,82	0,091	95
Взвешенные вещества	129,9	7,37	94
БПК _{полн}	130,7	9,26	93
Железо	1,71	0,26	85
Азот аммонийный	26,71	3,46	–
Азот нитритный	0,016	0,09	–
Азот нитратный	0,11	8,9	–
Фосфат ион (по Р)	1,41	1,67	18
СПАВ	2,06	0,028	99

Как видно из данных, результативность механической и биологической очистки сточных вод, поступающих как от бытовых источников, так и от промышленных предприятий, в очистных сооружениях МУП «ЖКХ города Туапсе» колеблется в пределах от 18% до 99% в зависимости от типа загрязняющего вещества.

Наиболее высокие показатели эффективности обработки очистки - 99% для ПАВов, а вот очистка фосфатов достигла уровня- 18%.

Важно подчеркнуть, что количество загрязняющих веществ, которое поступает на очистные сооружения, напрямую связано с объемом сточных вод, образующихся у бытовых пользователей, предприятий и во время дождей

Изменения в дисперсности частиц загрязняющих веществ на всех этапах биологической очистки предоставляют важную информацию о процессе удаления загрязняющих веществ. В частности, взвешенные вещества, представляющие собой нерастворимые твердые частицы в жидкости, служат индикатором степени загрязненности водоемов сточными водами

хозяйственного назначения и играют ключевую роль в оценке эффективности работы механических очистных сооружений.

Сезонные изменения, происходящие под воздействием стихийных факторов, таких как уровень осадков, а также колебания, вызванные количеством местных жителей и туристов, существенно влияют на динамику концентрации загрязняющих веществ в стоках. Более детальная информация в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Количество принимаемых сточных вод на очистные сооружения МУП «ЖКХ города Туапсе» (м³)

Период	Объем стоков, принятый от населения	Объем стоков, принятый от пром. предприятий и прочих юр.лиц	Ливневые стоки
2021 год			
Зима	497 033,21	1 499 270,00	261 418,00
Весна	518 707,20	1 365 225,00	18 526,40
Лето	571 966,49	1 169 258,00	0,0
Осень	535 700,39	1 289 848,00	17 224,20
Итого	2 123 407,29	5 323 602, 00	297 169,00
2022 год			
Зима	550 524,00	899 133,00	601 134,00
Весна	549 933,00	929 844,00	450 104,00
Лето	597 907,00	741 995,00	247 363,00
Осень	538 482,44	916 447,30	520 337,00
Итого	2 236 846,44	3 487 419,00	1 818 938,00
2023 год			
Зима	554 908,00	1 161 427,00	714 611,00
Весна	571 220,00	865 021,00	332 658,00
Лето	628 191,00	782 032,00	383 394,00
Осень	593 248,00	1 061 775,00	783 981,00
Итого	2 347 567,00	3 870 255,00	2 214 644,00

Анализ данных, представленных в таблице 2.3, демонстрирует, что муниципальное унитарное предприятие (МУП) «Жилищно-коммунальные услуги города Туапсе» принимает значительный объем сточных вод от промышленных предприятий и других юридических лиц. В 2021 году объем сточных вод, поступивших из этих источников, составил 5,323,602.0 м³, что свидетельствует о масштабном использовании определенных технологий в производственном секторе.

Кроме того, в том же году объем дождевых сточных вод составил 297,169 м³. Этот показатель может быть объяснен длительным периодом засухи, который, в свою очередь, оказал влияние на количество образующихся сточных вод. В рамках оперативного контроля за работой предприятия были собраны данные о качестве воды, поступающей на очистные сооружения. Эти данные были собраны как до, так и после процесса обработки, что позволило провести детальный анализ состояния воды перед сбросом в водные объекты.

Таким образом, результаты мониторинга качества сточных вод подчеркивают важность постоянного контроля и применения эффективных технологий управления для обеспечения экологической безопасности водоемов на территории города.

Исследование сезонных колебаний концентрации взвешенных частиц показало, что наименьший уровень был зафиксирован осенью 2022 года, составив 92.1 мг/дм³. Зимой 2021 года, показатель достиг 153.2 мг/дм³. что скорее всего связано с увеличением осадков и таяния снега в указанный период(таблица 2.4). Таким образом, наблюдаемая динамика свидетельствует о влиянии сезонных изменений на уровень загрязненности водных ресурсов взвешенными частицами, что является значимым аспектом для дальнейших экологических исследований.

Таблица 2.4 - Фактически измеренные концентрации взвешенных веществ на ОСК МУП ЖКХ г. Туапсе за период 2021– 2023 годы

Показатель	год	До очистки				Проектные показатели	После очистки				НДС
		Зима	Весна	Лето	Осень		Зима	Весна	Лето	Осень	
Взвешенные в-ва (мг/дм ³)	2021	153,7	112,1	122,2	113,4	325	6,4	6,1	7,4	7,4	11,5
	2022	124,9	130,5	136,3	92,1		6,7	6,1	7,6	7,6	
	2023	106,8	140,8	149,9	109,8		6,6	6,0	6,6	5,1	

Летний период 2022 года ознаменовался нарастанием уровня загрязнения водоемов, который, хотя и оказался ниже зимних показателей, все же превышал средние значения, составив 136,3 мг/дм³. В 2023 году этот показатель

увеличился до 149,9 мг/дм³ [11, с. 41], что, как видно, связано с ростом туризма и увеличением числа отдыхающих.

Важно отметить, что после очистки сточных вод нормативы по содержанию взвешенных веществ не превышались.

Биогенные элементы, такие как углерод, азот и фосфор, вносящиеся в водные экосистемы, существенно нарушают экологический баланс. Особенно важным является удаление азотсодержащих соединений из сточных вод, что можно достичь с помощью химических методов.

В сточных водах азот существует в трех основных химических формах: аммонийный ион (NH_4^+), нитрит (NO_2^-) и нитрат (NO_3^-). Главными источниками загрязнения аммонием являются как муниципальные, так и промышленные сточные воды, при этом наиболее значительный вклад вносят пищевая и химическая промышленности.

Состав азотных соединений в воде изменяется в зависимости от стадии очистки. Даже на этапе транспортировки сточных вод происходят изменения в их составе. Например, мочевины, содержащаяся в сточных водах, под влиянием бактерий разлагается, в результате чего образуются аммонийные ионы через процесс, известный как аммонификация. Следовательно, чем длиннее сеть канализации, тем сильнее проявляется этот процесс.

При поступлении на очистные сооружения концентрация аммонийных ионов обычно составляет от 20 до 50 мг/дм³ [26, с. 50]. который попадает в сточные воды как из муниципальных источников, так и в результате деятельности пищевой промышленности.

Концентрация органического азота в этих водах нестабильна и может значительно варьироваться.

Максимумы они достигают в летний период, тогда как более низкие уровни фиксируются в другие сезоны. Эта сезонная изменчивость в значительной степени объясняется высоким количеством аммонийного азота, образующегося в результате гидролиза мочевины, активно вырабатываемой человеческим организмом.

Для анализа динамики концентрации аммонийных ионов в сточных водах с 2021 по 2023 годы приведена таблица 2.5, которая позволяет более детально оценить изменения данного показателя.

Таблица 2.5–Сезонный характер концентраций иона аммония(2021 –2023годы)

Показатель	год	До очистки				После очистки				НДС
		Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	
Азот аммонийный (мг/дм ³)	2021	15,42	20,37	20,95	21,92	2,61	2,98	3,05	2,65	0,90
	2022	25,43	27,58	42,63	28,04	3,93	4,37	6,85	2,73	
	2023	22,98	28,15	49,02	22,27	3,64	4,06	2,31	1,84	

Минимум нитритов зафиксирован осенью 2023 года, достигнув значения 1,84 мг/дм³. Это значение превышает установленный норматив в более чем два раза. Весной текущего года уровень нитритов возрос до 4,06 мг/дм³, что превышает допустимую норму в 4,51 раза. Зимой показатели составили 3,64 мг/дм³, что также превышает нормативное значение в четыре раза. Летний период зафиксировал уровень 2,31 мг/дм³, что выше нормы на 2,57 раза.

Факторы, способствующие колебаниям в концентрациях нитритов, включают замену существующей системы аэрации, а также модернизацию секций аэрационных резервуаров и минерализаторов на очистных сооружениях сточных вод.

В городской сточной воде концентрации нитритов, как правило, низкие и редко превышают 1 мг/дм³ (рисунок 2.2). Это объясняется тем, что нитриты не образуют стабильных азотосодержащих соединений, а выполняют роль «переходной стадии» в процессе превращения в нитратные ионы на этапах очистки сточных вод.

Данные явления подчеркивают необходимость постоянного мониторинга и обновления технологий, что может существенно влиять на эффективность процессов очистки и на экосистемы, в которые затем попадают очищенные сточные воды.

Важно также учитывать, что грамотная модернизация очистных

сооружений может способствовать улучшению общего состояния окружающей среды, снижая уровень загрязнения и повышая качество воды в природных водоемах.

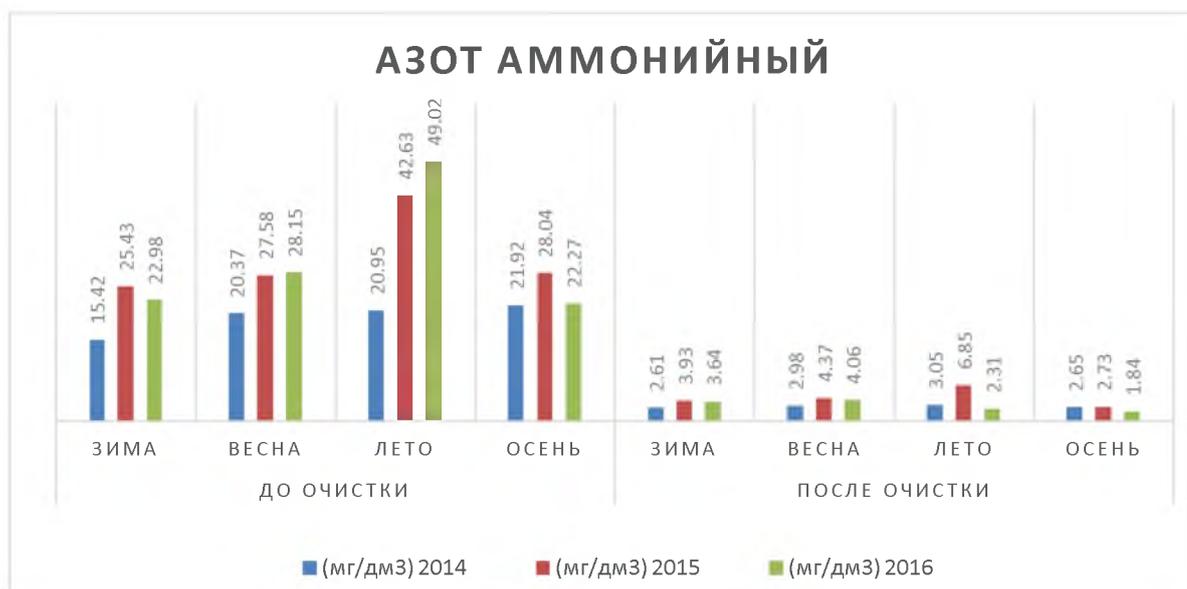


Рисунок 2.2 – Сезонная динамика поступления азот аммонийного

Согласно данным, представленным на рисунке 2.2, лето 2022 года стало периодом значительного роста уровней аммонийного азота в водоемах, который достиг значения 6.85 мг/дм³.

Причины этого увеличения кроются в поступлении жидких бытовых отходов, а также в нестабильной работе очистных систем, особенно механизмов аэрации, которые играют ключевую роль в процессе очистки сточных вод.

На входе очистных сооружений концентрация нитрат-ионов остается сравнительно низкой.

Однако в ходе процесса нитрификации происходит заметное преобразование аммонийного азота, что приводит к образованию значительных объемов нитратов. Так, итоговое значение концентрации может достигать 50 мг/дм³ и более.

Для анализа концентраций нитрит-ионов, собранных за период с 2021 по 2023 год, следует обратиться к таблице 2.6, в которой представлены соответствующие данные.

Эта информация является ключевой для понимания тенденций изменения качества воды и оценки эффективности очистных процессов.

Таблица 2.6 - Результаты измерений концентраций нитрит – ионов за период 2021 – 2023годы

Показатель	год	До очистки				После очистки				НДС
		Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	
Нитриты	2021	0,05	0,02	0,05	0,03	0,16	0,06	0,09	0,06	0,04
мг/дм ³	2022	0,05	0,02	0,02	0,01	0,08	0,09	0,26	0,19	
	2023	0,04	0,01	0,01	0,02	0,08	0,1	0,05	0,04	

Летний период 2022 года продемонстрировал наивысшие уровни загрязнения, когда концентрация достигала 0,26 мг/дм³, что более чем в 5,9 раза превышало предельные допустимые значения.

Весной 2023 года показатель составил 0,1 мг/дм³, что также превышало нормативы в 2,27 раза.

Зимой 2021 года уровень загрязнения составил 0,16 мг/дм³, что в 3,64 раза выше допустимого.

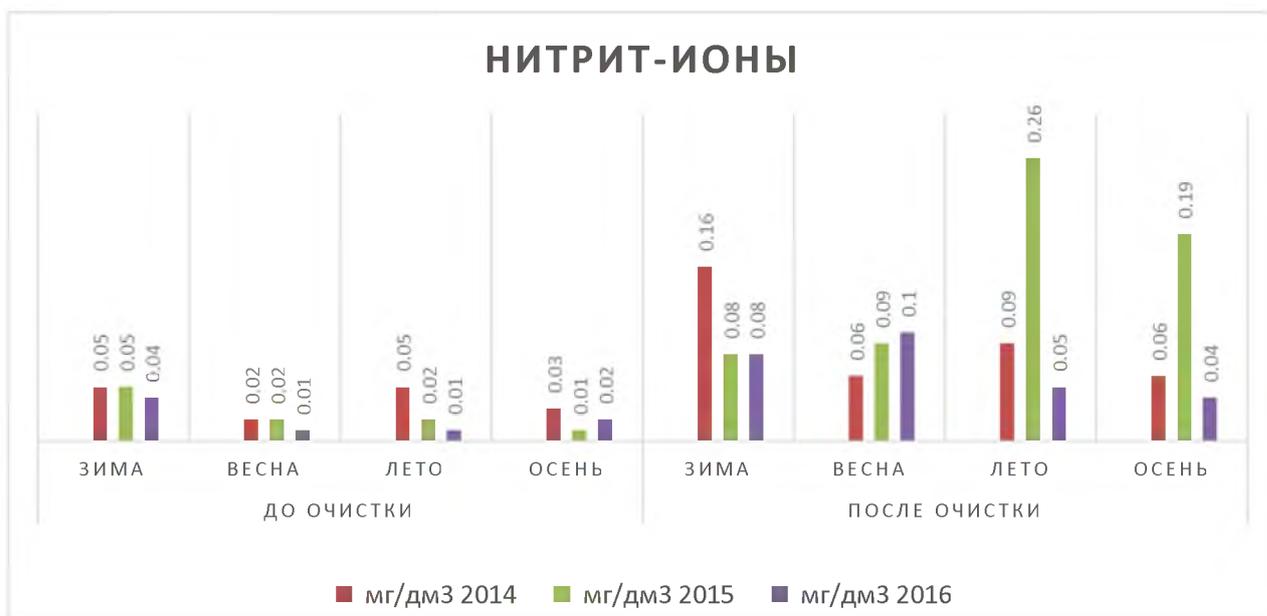


Рисунок 2.3 – Динамика показателей нитрит – иона по сезонам

Согласно данным, представленным на рисунке 2.3, уровень нитритов в

исследуемый период с 2021 по 2016 годы значительно превышал нормативные значения.

На стадии до очистки, как правило, отсутствуют окисленные соединения азота, такие как нитриты и нитраты. Эта картина остается неизменной даже в случаях, когда производственные сточные воды включают в себя указанные вещества.

В таблице 2.7 представлена подробная информация о концентрациях анионов нитратов, собранная на основе проведенных исследований в период с 2021 по 2023 год. Эти данные играют ключевую роль в понимании состояния городской экосистемы и эффективности применяемых технологий по очистке сточных вод.

Таблица 2.7 -Результаты измерений концентраций нитрат –ионов за период 2021 –2023годы

Показатель	год	До очистки				После очистки				НДС
		Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	
Нитраты мг/дм ³	2021	0,27	0,09	0,16	0,09	8,61	8,73	9,00	9,17	9,00
	2022	0,16	0,28	0,10	0,10	9,03	9,14	8,92	9,20	
	2023	0,22	0,06	0,10	0,06	8,83	9,00	7,2	7,44	

Азот является важнейшим элементом, который поддерживает деятельность микроорганизмов, играющих значительную роль в биологической очистке сточных вод, особенно в аэрационных резервуаров.

Данное явление, известное как цветение водорослей, чаще всего наблюдается в летние месяцы, когда климатические условия способствуют этому процессу.

Следует отметить, что денитрификация сточных вод происходит в условиях ограниченного содержания кислорода. Такие анаэробные условия формируются в процессе транспортировки сточных вод через канализационную систему. В этом контексте особая группа бактерий участвует в преобразовании окисленных форм азота в молекулярный азот. Наличие окисленных форм азота

в процессе очистки свидетельствует о завершении стадии биологической обработки (рисунок 2.4) [4, с. 33].

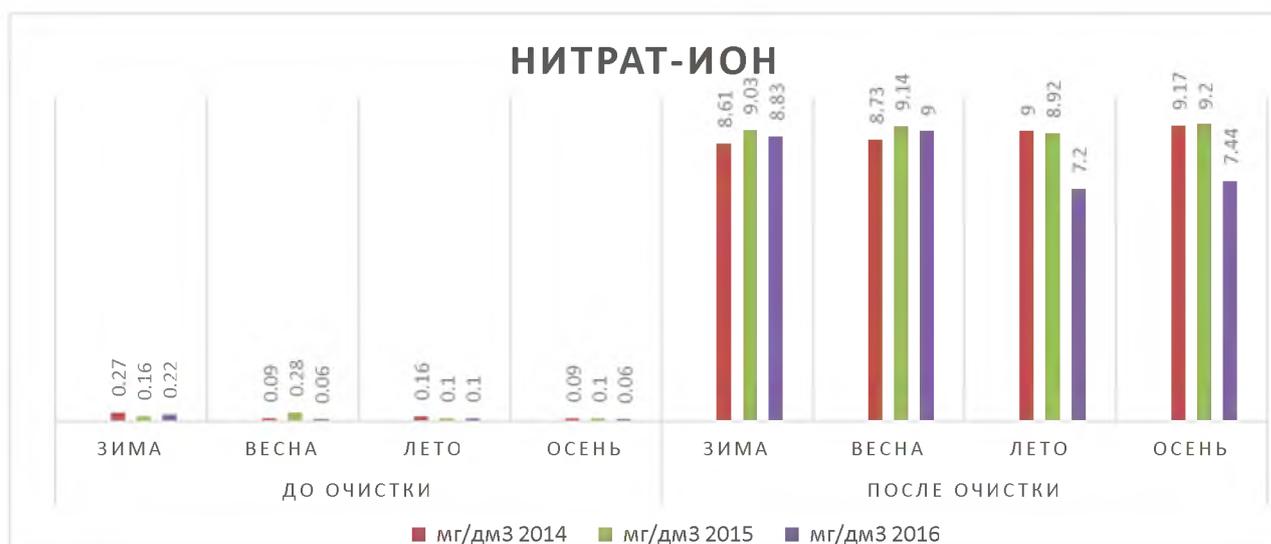


Рисунок 2.4 - Результаты исследований поступления нитрат–иона

Таким образом, можно заключить, что правильно организованный процесс очистки сточных вод не только предотвращает негативные последствия, связанные с избытком азота, но и показывает эффективность биологических процессов в очистных сооружениях.

Поддержание баланса азота в экосистеме водоемов является ключевым условием для предотвращения негативных экологических последствий, таких как цветение водорослей, что имеет важное значение для поддержания биоразнообразия водных экосистем.

Таким образом, поддержание оптимального уровня азота является критически важным для предотвращения неблагоприятных экологических последствий и обеспечения эффективной работы очистных сооружений.

Согласно данным, представленным на рисунке 4, уровень нитратов в сточных водах в период с 2021 по 2023 год оставался в пределах допустимых норм. Наибольшая концентрация была зафиксирована осенью 2022 года, составив 9,20 мг/дм³.

В то время как летом 2023 года наблюдалось минимальное значение – 7,2 мг/дм³. За зимний и весенний периоды содержание нитратов варьировалось от

8,61 до 9,14 мг/дм³, что указывает на стабильность показателей в течение сезонов [8, с. 31].

Фосфор в водных экосистемах представлен в различных формах, включая растворимые соединения. К ним относятся ортофосфорная кислота (H₃PO₄) и ее анионы, так и как мета-, пиро- и полифосфаты. Эти вещества активно используются для предотвращения накипи и входят в состав моющих средств. В дополнение к перечисленным формам, в водной среде можно обнаружить органические соединения, содержащие фосфор, включая нуклеиновые кислоты, нуклеопротеины и фосфолипиды. Эти вещества образуются в результате жизнедеятельности или разложения как растительных, так и животных организмов. Также стоит отметить, что некоторые пестициды содержат органофосфорные соединения.

Помимо растворимого состояния, фосфор может находиться в нерастворимой форме. В данном контексте речь идет о суспендированных, слабо растворимых фосфатах, которые могут включать натуральные минералы, органические соединения, остатки белков и останки погибших организмов. Твердые формы фосфора, как правило, встречаются в осадках природных водоемов; однако они также могут присутствовать в сточных и загрязненных водах. Для иллюстрации вариации концентраций фосфора в указанный период с 2021 по 2023 год представлено в таблице 2.8.

Данный анализ фосфорных соединений позволяет углубить понимание динамики их присутствия в экосистемах, что имеет значение для оценки влияния антропогенной деятельности на водные ресурсы.

Таблица 2.8 - Результаты измерений концентраций фосфатов (по Р) за период 2021 – 2023 годы

Показатель	год	До очистки				После очистки				НДС
		Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	
Фосфат (по Р) мг/дм ³	2021	0,99	1,55	1,54	1,34	1,14	1,65	1,8	1,87	1,57
	2022	1,21	1,04	1,69	1,51	1,53	1,28	1,52	1,67	
	2023	0,92	1,46	2,01	1,24	1,18	1,72	1,59	1,18	

Данные свидетельствуют о важной роли фосфора в экосистемах и подчеркивают необходимость внимательного мониторинга содержания этих веществ в водной среде для предотвращения негативных последствий для экологии.

Фосфор является одним из ключевых элементов, обеспечивающих существование жизни на планете, однако его избыточное содержание в экосистемах приводит к серьезным экологическим последствиям, включая быстрое развитие эвтрофикации водоемов.

Согласно действующим стандартам, предельно допустимая концентрация полифосфатов, таких как триполифосфат и гексаметафосфат, в питьевой воде не должна превышать 3,5 мг/л.

Это значение эквивалентно содержанию ортофосфата, который критически важен для оценки возможного вреда, включая органолептические характеристики воды.

На этапе очистки сточных вод уровни фосфатов зачастую превышают установленные нормы.

Это связано с широким использованием моющих средств, содержащих фосфор, а также с поступлением значительных объемов бытовых и промышленных сточных вод.

Эти факторы указывают на наличие серьезной проблемы: сброс избыточных фосфатов в водоемы может приводить к цветению водорослей и ускорению процессов эвтрофикации, что негативно сказывается на экосистемах.

Анализ проведенных исследований показывает, что в осенний период 2021 года было зафиксировано самое высокое содержание фосфатов, составившее 1,87 мг/дм³. В последующих сезонах данный показатель значительно снизился (рисунок 2.5).

Эти данные подчеркивают важность принятия мер по контролю за содержанием фосфатов и предотвращению негативных экологических последствий, связанных с их избытком.

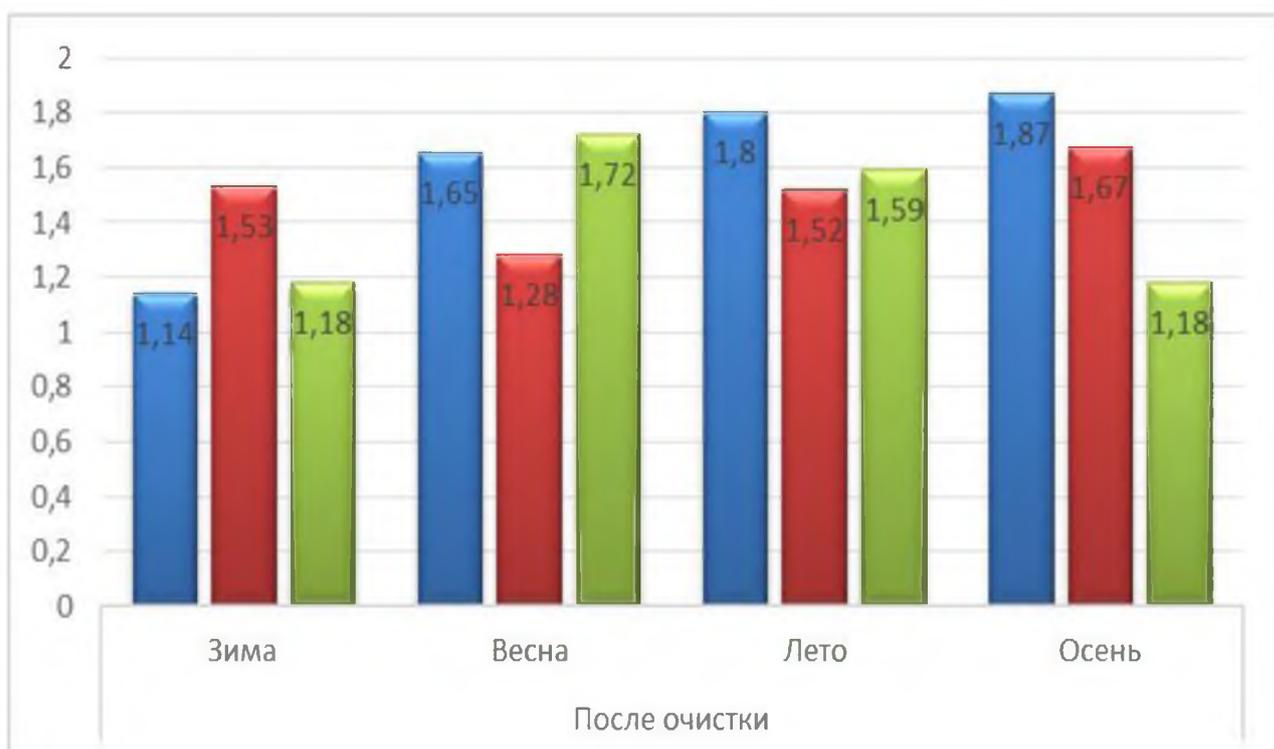


Рисунок 2.5 - Результаты исследований поступление фосфата (по P)

БПК демонстрирует концентрацию органических загрязняющих веществ, способных к биохимическому окислению, которые могут находиться как в растворенном, так и в коллоидном состоянии [16, с. 36].

Подробные данные о концентрации БПК на очистных сооружениях Муниципального Унитарного предприятия коммунального хозяйства города Туапсе за период с 2021 по 2023 год представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Сезонная динамика БПК_{пол}е за период 2021 – 2023 годы

Показатель	год	До очистки				Проектные показатели	После очистки				НДС
		Зима	Весна	Лето	Осень		Зима	Весна	Лето	Осень	
БПК _{пол} МГ/дм ³	2021	120,46	120,56	120,12	137,15	200	7,82	7,94	7,77	9,57	10,35
	2022	104,02	119,32	150,74	126,90		8,46	7,28	8,81	8,62	
	2023	136,60	175,35	110,32	100,47		9,11	8,62	8,92	5,23	

Анализ данных, представленных в таблице 2.9, показывает, что весной 2023 года были зафиксированы значительные уровни биохимического

потребления кислорода (БПК) до начала процесса очистки сточных вод.

Эти показатели свидетельствуют о высокой концентрации углеродсодержащих органических веществ в сточных водах, которые подвергаются активной биологической окисляемости.

Указанные органические соединения играют ключевую роль, выступая в качестве важного источника питательных веществ для микробов, участвующих в процессе очистки.

После завершения обработки сточных вод наивысшие уровни БПК были зарегистрированы осенью 2021 года, составив 9.57 мг/дм³.

Летний период 2022 года продемонстрировал снижение этой цифры до 8.81 мг/дм³, а зимой 2023 года уровень БПК снова повысился до 9.11 мг/дм³.

На протяжении всего указанного периода значения биохимического потребления кислорода оставались в пределах допустимых норм.

Анализ увеличения содержания железа в сточных водах зимой 2021 года предположительно связано с увеличением сбросов загрязняющих веществ от промышленных предприятий, таких как ООО «РН – Туапсинский нефтеперерабатывающий завод» и др. (таблица 2.10).

Таблица 2.10 – Динамика концентрации железа (общего) по сезонам ср. за 2021 – 2023 годы

Показатель	год	До очистки				После очистки				НДС
		Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	
Железо (общее) мг/дм ³	2021	2,61	1,52	1,45	1,20	0,53	0,18	0,16	0,15	0,46
	2022	1,83	1,15	0,90	1,07	0,15	0,12	0,15	0,22	
	2023	1,72	1,19	1,48	2,47	0,17	0,12	0,34	0,26	

Соли тяжелых металлов наносят токсический эффект на активный ил, что приводит к снижению его окислительных свойств. Это, в свою очередь, вызывает денатурацию ферментативных белков и нарушает проницаемость клеточных мембран микроорганизмов, находящихся в активном иле, что в

конечном итоге приводит к их гибели [28, с. 39].

В процессе биохимической очистки сточных вод происходит накопление ионов тяжелых металлов в иле. Это накопление обусловлено образованием комплексных соединений между ионами металлов и белками активного ила, что не только приводит к накоплению металлов в осадке, но также снижает общую эффективность обработки сточных вод.

Адсорбированные металлы остаются в активном иле и многократно возвращаются в аэрационный резервуар вместе с возвратным илом. Эта ситуация создает условия, при которых значительная часть поданного кислорода расходуется не на эффективное биологическое окисление загрязняющих веществ, а на восстановление активного ила, подвергнутого токсическому воздействию

. Исследования показывают, что при концентрациях тяжелых металлов в диапазоне от 1 до 5 мг/дм³ активный ил подвержен ингибированию. Нестабильная работа очистных сооружений, особенно в системах аэрации, приводит к серьезным превышениям уровней загрязняющих веществ, что подтверждается данными, представленными в таблице 2.11 за 2021 и 2022 годы. Таблица 2.11 - Показатели качества сточных вод, поступающих на очистные сооружения (мг/дм³)

№ п/п	Показатель	Год			НДС
		2021	2022	2023	
1	Нефтепродукты	0,04	0,04	0,05	0,55
2	Взвешенные вещества	6,84	7,03	6,1	11,50
3	БПК полн.	8,27	8,29	7,96	10,35
4	Железо	0,25	0,16	0,22	0,46
5	Азот аммонийный	2,83	4,47	2,96	0,90
6	Азот нитритный	0,09	0,16	0,07	0,044
7	Азот нитратный	9,87	10,13	8,12	9,00
8	Фосфаты (по Р)	1,61	1,49	1,42	1,57
9	СПАВ	0,03	0,02	0,02	9,00

Для дезинфекции очищенных сточных вод на предприятии применяется жидкий хлор. С помощью хлоратора «АДВАНС» ТТ-2000 он преобразуется в хлорную воду, которая затем транспортируется по хлоропроводу диаметром 80

мм в камеру смешивания.

Таблица 2.12 - Санитарно – микробиологические показатели качества сточной воды за период с 2021 по 2023 год

№ п/п	Показатели по видам микроорганизмов	Размерность	Фактический сброс микроорганизмов
1.	2	3	4
1	Общие колиформные бактерии	(КОЕ/100 мл)	Менее 5
2	Колифаги	(КОЕ/100 мл)	Не обнаружено
3	E.coli	(КОЕ/100 мл)	Менее 5
4	Энтерококки	(КОЕ/100 мл)	Менее 5
5	Жизнеспособные яйца гельминтов	кл/25л.	Не обнаружено
6	Патогенные бактерии кишечной группы	в 1л.	Не обнаружено

Особое внимание следует уделить микробиологическим показателям, что обусловлено увеличением сточных потоков от крупных производств.

Также было отмечено, что их содержание остается на приемлемом уровне, что свидетельствует о правильной организации сбросов воды, предназначенных для рыбохозяйственных водоемов.

Независимо от достигнутых результатов, есть необходимость в совершенствовании технологий очистки сточных вод, чтобы минимизировать использование электроэнергии и повысить общую эффективность систем аэрации. Это особенно актуально, учитывая высокую долю затрат на электроэнергию в эксплуатационных расходах.

Таким образом, работа МУП «ЖКХ города Туапсе» демонстрирует общий положительный тренд в сфере очистки сточных вод, однако для повышения их качества и устойчивости системы требуется дальнейшее исследование и внедрение новых технологий.

3 Пути модернизации очистки сточных вод на очистных сооружениях МУП «ЖКХ города Туапсе»

Очистка сточных вод является одной из ключевых задач в области охраны окружающей среды и устойчивого развития городских территорий. Увеличение количества сточных вод, вызванное ростом населения и развитием промышленности, ставит перед муниципальными службами актуальные задачи по обеспечению эффективной и безопасной очистки вод для предотвращения загрязнения водоемов и снижения негативного воздействия на здоровье населения.

В условиях современного мира необходимость в высококачественных системах очистки сточных вод становится особенно актуальной. МУП «ЖКХ города Туапсе» играет значимую роль в области водоснабжения и водоотведения в регионе, и от эффективности его работы зависит не только состояние окружающей среды, но и качество жизни горожан.

Несмотря на имеющиеся достижения в области очистки сточных вод, ряд проблем все еще требует решения, включая модернизацию оборудования, улучшение технологий очистки и оптимизацию процессов.

В данной главе будет рассмотрена текущая ситуация с очисткой сточных вод на очистных сооружениях МУП «ЖКХ города Туапсе», выполнен анализ существующих методов и технологий, а также предложены рекомендации по совершенствованию работы очистных систем. Основное внимание будет уделено внедрению новых технологий, направленных на повышение эффективности очистки и снижение удельных затрат. Исследование направлено на создание основ для разработки стратегии, способствующей улучшению качества сточных вод, что в свою очередь позволит укрепить экологическую безопасность и повысить уровень жизни населения Туапсе.

В настоящее время реконструкция и модернизация объектов, предназначенных для очистки сточных вод, являются одними из наиболее

значительных инженерных задач в сфере управления водоснабжением и канализацией. Эти мероприятия играют ключевую роль в улучшении экологической ситуации в различных регионах страны и обеспечении защиты водных ресурсов от загрязнений.

Основные методы обработки бытовых сточных вод включают биологические технологии, среди которых особое место занимают аэрационные установки. Однако стоит отметить, что значительная доля эксплуатационных затрат—от 60% до 80%—связана с расходами на электроэнергию для работы аэрационных систем, применяемых на этих очистных сооружениях [29, с. 73].

Рынок предлагает широкий спектр технологий аэрации, включая механические, гидравлические, пневматические и комбинированные системы, которые направлены на насыщение сточных вод кислородом. В настоящее время пневматические аэраторы являются наиболее распространёнными и функционируют как устройства для дисперсии воздуха. Несмотря на активные исследования и множество доступных технических решений, вопрос о наиболее эффективном дизайне аэратора остается открытым.

Современные пневматические аэраторы классифицируются на четыре группы в зависимости от размера образуемых ими воздушных пузырьков:

- Без пузырьков (размер пузырьков менее 0.1 мм);
- Мелкопузырьковый (размер пузырьков от 1.0 до 3.0 мм);
- Среднепузырьковый (размер пузырьков от 5.0 до 8.0 мм);
- Крупнопузырьковый (размер пузырьков более 10 мм).

Каждая из этих групп обладает своими уникальными характеристиками, что, в свою очередь, влияет на их эффективность в процессе очистки сточных вод. дальнейшие исследования в этой области могут способствовать разработке новых подходов и технологий, что позволит оптимизировать операционные расходы и улучшить качество очистки.

Энергетические параметры аэрации варьируются в зависимости от типа аэраторов: для мелкопузырчатых аэраторов потребление составляет от 0,45 до 0,56 кВт·ч на каждый килограмм кислорода; для среднепузырчатых — от 0,6

до 0,75 кВт·ч; а для крупнопузырчатых — от 1,4 до 1,9 кВт·ч на 1 кг кислорода. Данное распределение демонстрирует, что уменьшение размеров пузырьков воздуха может способствовать снижению затрат на электроэнергию в процессе аэрации.

Одним из значительных направлений оптимизации затрат в процессе аэрации является увеличение ширины аэрационных полос. Исследования показывают, что увеличение ширины аэрационной полосы с 10% до 50% площади водной поверхности в аэрационных резервуарах может привести к снижению общего объема подаваемого воздуха на 30%. Более того, эффективность переноса кислорода у аэраторов с мелкими пузырьками может достигать 5 кг кислорода на каждую кВтч потребляемой энергии.

Дизайн, установка и эксплуатация систем аэрации в значительной степени зависят от конструкции аэратора, что делает этот аспект критически важным. Выбор подходящего материала для изготовления аэратора также имеет большое значение.

На сегодняшний день аэраторы с мелкими пузырьками изготавливаются из трех основных типов материалов: пористых керамик, пористых полимеров и перфорированных эластичных полимеров. Все эти факторы влияют на эффективность и долговечность систем аэрации, что подчеркивает необходимость комплексного подхода к их проектированию и эксплуатации.

В России наблюдается выраженная тенденция к замене аэраторов из пористых керамик на новые модели, выполненные из полимерных материалов и мембранных систем. Однако, согласно оценкам ряда компаний, срок службы полимерных аэраторов в большинстве случаев не превышает трех лет [14, с. 32].

Эти устройства унаследовали многие недостатки своих предшественников, включая высокое потребление воздуха, что приводит к значительным затратам на энергию и относительно низкой эффективности аэрации. Важно также отметить, что полимерные аэраторы, находясь на длительном хранении или при утилизации, могут выделять высокотоксичные

вещества, что создает серьезную экологическую угрозу.

На основе изложенного можно выделить ключевые направления, способствующие повышению эффективности очистки сточных вод в системах аэрации. К ним относятся:

Внедрение аэраторов, изготовленных из пористой керамики, которые обеспечивают минимальный размер пузырьков воздуха и низкое гидравлическое сопротивление.

Разработка новых конструктивных решений аэраторов с минимизацией существующих недостатков.

Применение инновационных технологий аэрации, позволяющих достичь высокой степени очистки сточных вод при сниженных энергетических затратах.

Для создания новых конструкций аэраторов было проведено детальное исследование характеристик доступных моделей, выполненных из пористой керамики. На сегодняшний день выделяют несколько типов аэраторов: пластинчатые, купольные, грибовидные, дисковые и трубчатые. Каждая из этих конструкций имеет свои уникальные преимущества и недостатки, что требует внимательного анализа [18, с.15].

Тем не менее, к концу 90-х годов XX века наблюдалось снижение ее популярности, так как на рынке появились аэраторы, изготовленные из полимеров, которые быстро завоевали признание потребителей (рисунок 3.1).

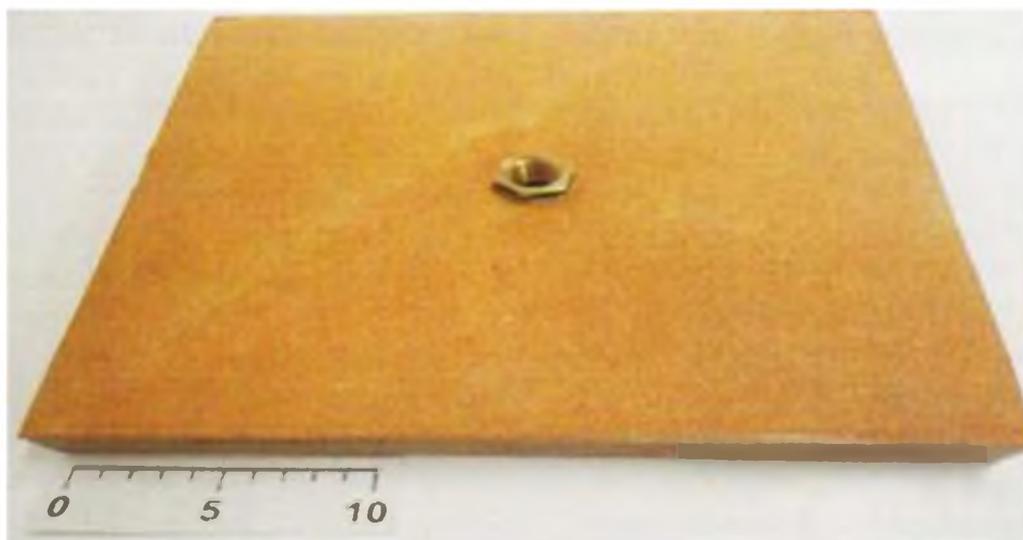


Рисунок 3.1 - Аэратор модульного типа из пористой проницаемой керамики

Это явление обусловлено как спросом на более долговечные и эффективные решения, так и экологическими аспектами, что делает актуальным продолжение исследований в данной области, направленных на совершенствование технологий аэрации

Впредь керамические материалы и традиционные технологии их обработки не обеспечивали создание изделий, которые могли бы эффективно конкурировать с аналогами по регулируемой пористости.

Нарастающий прогресс в области нанотехнологий, а также внедрение нового оборудования, способного производить крупногабаритные изделия сложных форм из пористой керамики, открыли новые горизонты для проектирования аэраторов [18, с. 15].

В результате появились изделия, которые по своим конструктивным и эксплуатационным характеристикам значительно превосходят аналоги, изготовленные из других материалов (рисунок 3.2).

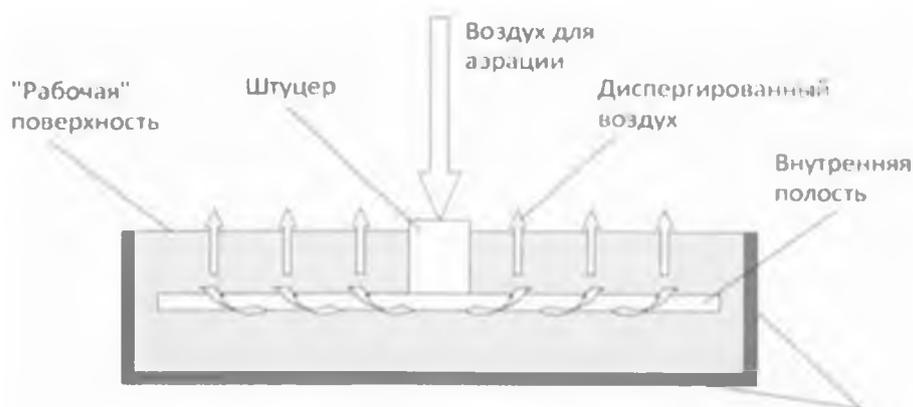


Рисунок 3.2 - Схема работы аэратора модульного типа

В 2008 году специалисты Закрытого акционерного общества «НТЦ Специальные керамики «Бакор» начали разработку нового поколения пористых керамических материалов.

К 2010 году все этапы разработки были успешно завершены, и были продемонстрированы высокие показатели оперативной эффективности этих устройств. Важной особенностью данного инновационного аэратора является

отсутствии необходимости в дополнительных крепежах при установке в аэрационном резервуаре и применяются до сих пор (рисунок 3.3).

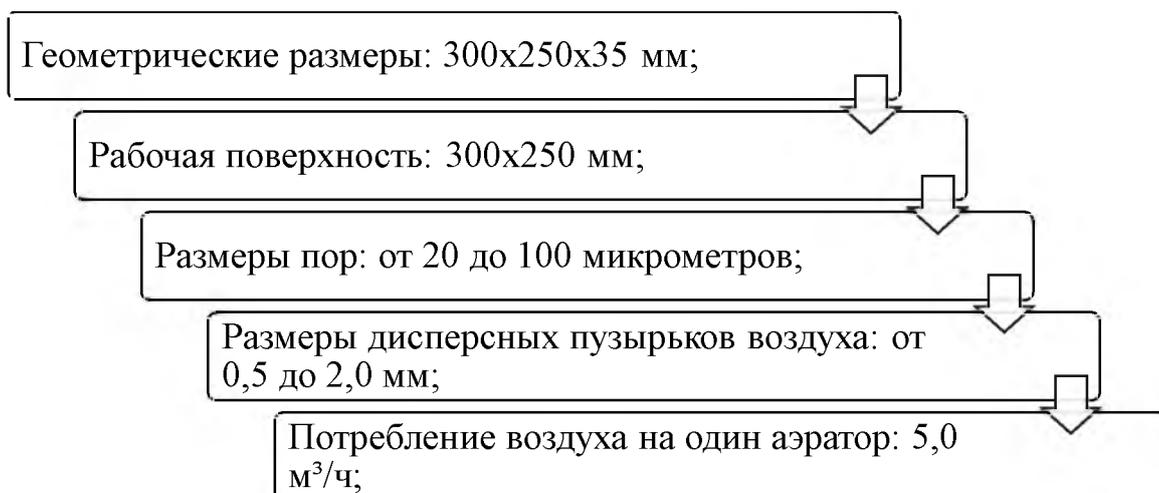


Рисунок 3.3- Перечень требований к аэраторам

Эти характеристики подчеркивают, что разработка данной системы аэрации может принести значительные преимущества в области очистки сточных вод, что актуально для современных экологических и производственных нужд.

Приведённые характеристики свидетельствуют о высоком уровне эффективности аэратора как важного элемента систем аэрирования сточных вод. В ходе работы также была предложена новая концепция, направленная на интенсификацию процессов массопереноса в аэротенках, что способствует улучшению коэффициента полезного действия аэрации. Это привело:

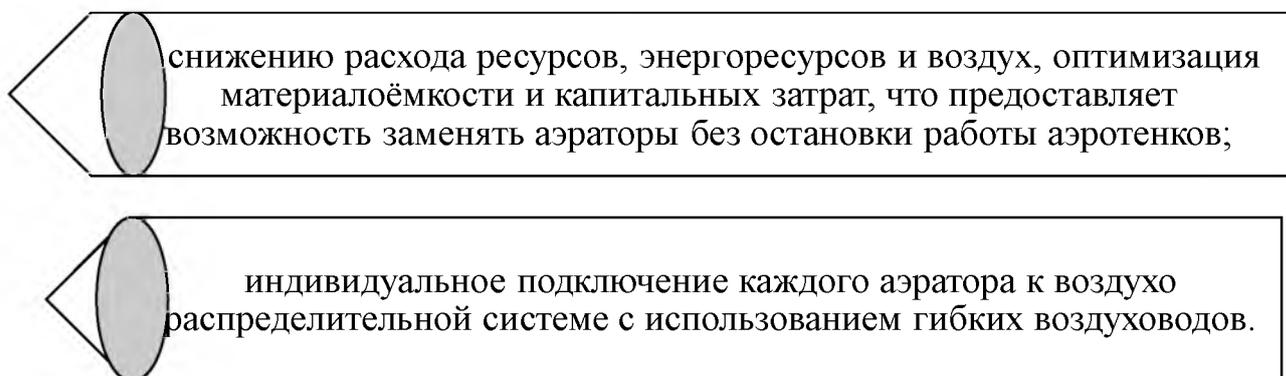


Рисунок 3.4 – Эффективность применения аэраторов

Это решение позволяет гибко настраивать конфигурацию расположения

аэраторов в объёме аэротенка, а также организовывать барботажно-конвекционные потоки для повышения эффективности массопереноса. В частности, возможно создание зон нитрификации на определённых участках аэротенка и осуществление точечной регенерации аэраторов.

Таким образом, разработанные технологии и конструкции аэраторов открывают новые горизонты для повышения эффективности систем аэрирования сточных вод, что представляет собой важный шаг в сфере экологически безопасного управления водными ресурсами.

Конструкция аэратора разработана в модульном формате и состоит из полых компонентов, изготовленных из узкофракционированных порошков. Данная особенность не лишь упрощает процесс аэрации, но и создает благоприятные условия для равномерного распределения воздуха в гидродинамических потоках, улучшая массопередачу. Это, в свою очередь, способствует активному развитию микроорганизмов, играющих ключевую роль в биологической очистке сточных вод.

Одной из значимых особенностей данной системы аэрации является возможность ее полной автоматизации. При изменении объёмов сточных вод подача воздуха может быть легко откорректирована, что способствует экономии энергии и оптимизации процессов очистки.

Для повышения эффективности аэрационных резервуаров Муниципальное Унитарное Предприятие «Жилищные и Коммунальные

Максимальная пропускная способность аэрационного резервуара достигает 28 312.5 м³/день, тогда как его рабочая производительность ограничена 18 000 м³/день. До модернизации системы аэрации потребление электроэнергии составляло 160 кВтч.

В результате проведённых мероприятий было установлено 600 модульных аэраторов, каждый из которых способен регулировать подачу воздуха. Установочные работы завершились всего за два дня, несмотря на среднюю суточную температуру, колебавшуюся от -2 до +5 °С. Полная проектная мощность аэрационного резервуара была достигнута в течение

недели после его заполнения. Испытания проводились в период весеннего половодья, когда в некоторые дни нагрузка на аэрационный резервуар достигала 25 000 м³/день.

Результаты проведённых испытаний могут стать основой для дальнейшего развития и усовершенствования систем аэрации сточных вод в условиях изменяющихся климатических факторов и условий эксплуатации.

Таким образом, внедрение новой технологии аэрации в систему очистки сточных вод может существенно повысить её эффективность и устойчивость в условиях изменяющихся объемов стоков, что является важным для дальнейшего развития и улучшения экологической ситуации в регионе.

На основании собранных данных о функционировании аэротенков выявлены существенные преимущества разработанной технологии аэрации по сравнению с уже существующими системами. Во-первых, процесс установки системы аэрации характеризуется простотой и заметной скоростью, что позволило завершить монтаж в течение двух дней без привлечения специализированной подъёмной техники. Во-вторых, данная технология демонстрирует возможность выполнения монтажных работ при колебаниях температур.

Аэраторы, обеспечивающие мелко- и среднепузырьковую аэрацию, показали, что при нормативном расходе воздуха в 5000 м³/ч фактический расход составил 2400 м³/ч, а уровень растворённого кислорода находился в пределах от 2,0 до 8,4 мг/дм³, что соответствует установленным нормам. Следует также отметить, что регулирование расхода воздуха для каждого аэратора создает зоны с эффективной денитрификацией, что является важным аспектом для повышения качества очистки.

Таким образом, результаты проведенных экспериментов подтверждают, что новая система аэрации обладает множеством значительных преимуществ, что делает ее эффективной и перспективной для внедрения в дальнейшую практику. Установлено, что эта импортозамещающая технология аэрации сточных вод оказалась успешной для модернизации очистных систем малых

городов и сельских населенных пунктов России [19, с. 16]:

Как видно из таблицы 3.1, годовая экономия достигнет почти полутора миллионов рублей, что представляет собой значительную сумму для малых предприятий, таких как очистные сооружения МУП «ЖКХ города Туапсе».

Таблица 3.1 - Экономическая эффективность реконструкции

Производительность сооружений, м ³ /сут	2500
Расход электроэнергии на аэрацию, кВт в сутки	1100
Расход на аэрацию, руб.	4620
Расход электроэнергии при использовании аэраторов модульного типа, кВт в сутки	520
Расход на аэрацию при использовании аэраторов модульного типа, руб/сутки.	2184
Экономия электроэнергии в сутки, руб.	2436
Экономия в год, руб.	889140

Проведенные промышленные испытания подтвердили, что новая технология может существенно улучшить показатели очистки сточных вод, что особенно актуально для малых городов и посёлков России.

В ходе реконструкции была разработана система, в которую входят модульные аэраторы с регулируемой подачей воздуха. Эта конструкция не только облегчает монтаж и обслуживание, но и предоставляет возможность гибкого управления процессами очистки, создавая зоны оптимальной денитрификации и поддерживать широкий видовой состав активного ила.

Кроме того, экономические расчеты подтвердили, что вложения в модернизацию могут окупиться за относительно короткий срок, что является существенным преимуществом для предприятия с ограниченным бюджетом. Устойчивость новой системы к механическим и биохимическим воздействиям, отсутствие необходимости в техническом обслуживании, а также долговечность аэраторов с прогнозируемым сроком службы не менее 10 лет, делают её особенно привлекательной для применения.

Таким образом, результаты проведенной работы позволяют утверждать, что предлагаемая технология не только отвечает современным требованиям к очистке сточных вод, но и способствует улучшению экологической ситуации в

регионе, что является важным шагом к устойчивому развитию.

Заключение

В заключении выпускной квалификационной работы на тему «Анализ результатов очистки хозяйственно-бытовых вод МУП «ЖКХ города Туапсе» и эффективность работы очистных сооружений» следует подчеркнуть ключевые выводы и рекомендации, которые были получены в процессе исследования.

В первой части работы была проведена характеристика сточных вод, включая состав и источники их формирования, а также санитарно-химический состав и свойства. Это позволило выявить основные компоненты и характеристики сточных вод, что является важным для оценки эффективности их очистки.

В ходе исследования, проведенного в рамках моей выпускной работы, была детально проанализирована эффективность различных методов очистки сточных вод на соответствующих предприятиях. Результаты анализа состоят в сравнении полученных данных с установленными нормами допустимых уровней выбросов загрязняющих веществ, что зафиксировано в разрешении на сброс сточных вод, выданном Федеральной службой по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) для Краснодарского края и Республики Адыгея. Это подтверждает, что предприятие соблюдает высокие стандарты экологической безопасности, подчеркивая свою ответственность в вопросах охраны окружающей среды и устойчивого развития.

Проанализировав схему системы водоотведения и методику отбора и очистки сточных вод, были определены сильные и слабые стороны существующей системы очистных сооружений. Результаты анализа показали, что, несмотря на достижения в области очистки, есть определенные аспекты, требующие доработки и улучшения.

Канализационная сеть, находящаяся под управлением данного предприятия, охватывает внушительные 88,28 километра. Основная задача организации заключается в рациональном использовании водных ресурсов для

эффективного отвода очищенных и дезинфицированных сточных вод, образующихся в процессе жизнедеятельности людей и производственной деятельности.

Эти сточные воды подвергаются многокомпонентной биологической очистке на установках общей мощностью 52 000 кубометров в сутки, после чего происходит их сброс в Черное море через глубоководный выпуск, длина которого составляет 2426 метров. Точка сброса расположена по координатам: 44°04'34,0»с.ш. и 39°04'33,0»в.д.

Выводы:

1. По статистике 2021 года, объём сточных вод от промышленных источников составил 5 323,602 тыс. м³ по сравнению с 2 123,407 тыс. м³, происходящими от бытовых источников. В дни длительных засух, как это можно наблюдать на примере 2021 года, уровень стоков значительно снижался, достигнув 297 169 м³.
2. Эффективность очистки хозяйственно-бытовых сточных вод варьировала от 18% до 99%. Максимальный уровень очистки был зафиксирован для СПАВ, который составил 99%, тогда как очищение фосфатов оказало наименьшую эффективность, составив всего 18%.
3. Сезонные изменения в концентрации взвешенных веществ показали, что в осень 2022 года зафиксирована самая низкая их концентрация — всего 92,13 мг/дм³. В то время как зимой 2021 года уровень достиг своего максимума, составив 153,27 мг/дм³, что объясняется сильными осадками и таянием снега. Летние месяцы 2022 и 2023 годов продемонстрировали показатели, которые находились ниже зимнего пика, однако всё равно превышали средние значения: 136,33 мг/дм³ в 2022 году и 149,94 мг/дм³ в 2023 году. Это может быть связано с увеличением потока отдыхающих. Тем не менее, после проведения очистки превышений норм по содержанию взвешенных веществ не было зафиксировано.
4. Аммонийный азот, входящий в состав как бытовых, так и промышленных сточных вод, проявляется в трех основных формах: как ион аммония (NH₄⁺),

ион нитрита (NO_2^-) и ион нитрата (NO_3^-). Соотношение концентрации этих ионов варьируется в зависимости от стадии процесса очистки, при этом летние месяцы характеризуются повышенным содержанием.

5. Анализ данных с 2016 по 2021 год показал, что концентрация нитритов часто превышала допустимые значения, особенно летом 2022 года, когда уровень достиг $0,26 \text{ мг/дм}^3$ (в 5,91 раза выше нормы), весной 2023 года — $0,1 \text{ мг/дм}^3$ (в 2,27 раза), и зимой 2021 года — $0,16 \text{ мг/дм}^3$ (в 3,64 раза). Эти факты указывают на наличие промышленных загрязнений в сточных водах города Туапсе и возможные нарушения в технологиях биологической очистки.

6. Нитраты в сточных водах, в отличие от нитритов, оставались в рамках установленных норм, с максимальным значением осенью 2022 года — $9,20 \text{ мг/дм}^3$ и минимальным летом 2023 года — $7,2 \text{ мг/дм}^3$. Зимние и весенние показатели находились в диапазоне от $8,61$ до $9,14 \text{ мг/дм}^3$.

7. Наивысший уровень фосфатов был зафиксирован в осенние месяцы 2021 года и составил $1,87 \text{ мг/дм}^3$, тогда как в другие времена года наблюдалось снижение их концентрации.

8. После осуществления очистительных мероприятий наблюдалось значительное снижение показателей биохимического потребления кислорода — более чем в двадцать раз. Особенно это касалось осени 2021 года, когда показатель составил $9,57 \text{ мг/дм}^3$. Также летом 2022 года уровень был $8,81 \text{ мг/дм}^3$, а зимой 2023 года — $9,11 \text{ мг/дм}^3$. Все эти значения оставались в пределах установленных нормативов.

Рекомендации и предложения по улучшению системы аэрации:

—Для улучшения работы системы аэрации в МУП «ЖКХ г. Туапсе» требуется модернизация устаревшего оборудования, находящегося в восьми секциях резервуаров и минерализаторов. В условиях постоянно растущих требований к экологии и чистоте водоемов, модернизация очистных сооружений имеет первостепенное значение. Замена устаревшего оборудования не только позволит повысить эффективность процессов очистки сточных вод,

но и снизит вероятность загрязнения окружающей среды. Это также может способствовать улучшению общественного здоровья и повышению качества жизни населения. Следует рассмотреть внедрение новых технологий, которые помогут оптимизировать процесс аэрации и снизить эксплуатационные затраты.

—Рекомендуется внедрение автоматизированной системы управления, способной выполнять измерения и проводить необходимые расчеты данных. Данная мера позволит существенно снизить риск возникновения ошибок, связанных с человеческим фактором, тем самым повышая надежность и точность работы всей системы.

Список литературы

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 08.08.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024) [Электронный ресурс] URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения 05.11.2024)
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ (в ред. от 08.08.2024) [Электронный ресурс] URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 05.11.2024)
3. Аксютин, О.Е. Экологическая безопасность строительства и эксплуатации подземных хранилищ газонефтепродуктов в отложениях каменной соли / О.Е. Аксютин, В.А. Казарян, А.Г. Ишков и др. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2010. – 420 с.
4. Алиев, Р.А. Основы общей экологии и международной экологической политики: учеб. пособие / Р.А. Алиев, А.А. Авроменко и др. – М.: Аспект–Пресс, 2021. – 381 с.
5. Андросова, Н.К. Экология. Основы геоэкологии: учеб. для бакалавров / А.Г. Милютин, Н.К. Андросова, И.С. Калинин. – М.: Юрайт, 2020 – 542 с.
6. Астахов, А.С. Экологическая безопасность и эффективность природопользования / А.С. Астахов, Е.Я. Диколенко, В.А. Харченко. – Вологда: Инфра–Инженерия, 2009. – 323 с.
7. Бадагуев, Б.Т. Экологическая безопасность предприятия: Приказы, акты, инструкции, журналы, положения, планы / Б.Т. Бадагуев. – М.: Альфа–Пресс, 2012. – 568 с.
8. Бадагуев, Б.Т. Экологическая безопасность предприятия. Приказы, акты, инструкции, журналы, положения, планы. 2-е изд., пер. и доп. / Б.Т. Бадагуев. – М.: Альфа–Пресс, 2012. – 568 с.

9. Буркинский, Б.В. Экономико–экологическая безопасность морехозяйственной деятельности / Б.В. Буркинский. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 648 с.
10. Ветошкин, А.Г. Основы процессов инженерной экологии. Теория, примеры, задачи: учеб. пособие / А.Г. Ветошкин. – СПб.: Лань, 2021. – 512 с.
11. Волкова, П.А. Основы общей экологии: учеб. пособие / П.А. Волкова. – М.: Форум, 2012. – 128 с.
12. Гутенев, В.В. Основы инженерной экологии: учеб. пособие / В.В. Денисов, И.А. Денисова, В.В. Гутенев. – Ростов н/Д: Феникс, 2020. – 623 с.
13. Графкина, М.В. Экология и экологическая безопасность автомобиля: учеб. / М.В. Графкина, В.А. Михайлов, К.С. Иванов. – М.: Форум, 2011. – 328 с.
14. Захваткин, Ю.А. Основы общей и сельскохозяйственной экологии: Методология, традиции, перспективы / Ю.А. Захваткин. – М.: КД Либроком, 2020. – 352 с.
15. Калыгин, В.Г. Экологическая безопасность в техносфере. Термины и определения / В.Г. Калыгин. – М.: КолосС, 2008. – 368 с.
16. Калыгин, В.Н. Безопасность жизнедеятельности. Промышленная и экологическая безопасность в техногенных чрезвычайных ситуациях / В.Н. Калыгин, В.А. Бондарь, Р.Я. Дедеян. – М.: КолосС, 2008. – 520 с.
17. Коростелева, Л.А. Основы экологии микроорганизмов / Л.А. Коростелева, А.Г. Кощаев. – СПб.: Лань, 2020. – 240 с.
18. Кривошеин, Д. А., Кукин П. П., Лапин В. Л. и др. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2008. – 344 с.
19. Кривенко, В.П. Биологические основы экологии: учеб. пособие / В.П. Кривенко. – СПб.: ГУАП, 2012. – 144 с.
20. Кульский, Л.А., Гороновский И.Т., Когановский А.М., Шевченко М.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды. – Киев.: Наукова думка, 1980. - 680 с.

21. Маслов, Н.В. Градостроительная экология: учеб. пособие для строит. вузов / Н. В. Маслов. – М.: Высшая школа, 2003. – 285 с.
22. План – график производственного контроля за качеством сточных вод очистных сооружений МУП «ЖКХ города Туапсе». – 2 с.
23. Радько, Т.Н. Основы геоэкологии / Т.Н. Радько. – М.: КноРус, 2020. – 352 с.
24. Саркисов, О.Р. Экологическая безопасность и эколого–правовые проблемы в области загрязнения окружающей среды: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Юриспруденция» / О.Р. Саркисов. – М.: ЮНИТИ–ДАНА, 2020. – 231 с.
25. Саркисов, О.Р. Экологическая безопасность и эколого–правовые проблемы в области загрязнения окружающей среды: учеб. пособие. Гриф УМЦ «Профессиональный учебник». Гриф НИИ образования и науки. / О.Р. Саркисов, Е.Л. Любарский, С.Я. Каз. – М.: ЮНИТИ, 2020. – 231 с.
26. Стойков, В.Ф. Экологическая безопасность в строительной деятельности: организация, управление: учеб. пособие / В.Ф. Стойков, И.М. Потравный. – М.: Экономика, 2011. – 335 с.
27. Технологический регламент ОСК МУП «ЖКХ города Туапсе». – 14с.
28. Шакуров, М.Ш. Основы процессов инженерной экологии. Теория, примеры, задачи: учеб. пособие / М.Ш. Шакуров. – СПб.: Лань, 2021. – 512 с.
29. Шарп, С. Основы экологии микроорганизмов: учеб. пособие / С. Шарп. – СПб.: Лань, 2020. – 240 с.