

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД: АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ДАННЫХ АТЫРАУСКОГО НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

Середенова Халида Сементайқызы

магистрант 2 курса кафедры «Прикладная экология»

Атырауский университет имени Х.Досмухамедова, г.Атырау, Республика Казахстан
Научный руководитель - кандидат технических наук, профессор Есенаманова М.С.

В настоящее время проблемы, возникающие в результате деятельности человека и оказывающие влияние на окружающую среду, в частности загрязнение водных ресурсов промышленными отходами, вызывают озабоченность в этом мире. Поскольку нефтеперерабатывающая промышленность является крупным потребителем воды, качество технологий очистки сточных вод считается важным показателем приверженности компании делу предотвращения ущерба окружающих. Согласно исследования М.М.Мусаева, сточные воды нефтеперерабатывающих заводов характеризуются высокой концентрацией загрязняющих веществ, таких как нефтепродукты, фенолы и сульфаты [1].

В введении к статье были рассмотрены методы очистки сточных вод в связи с перерабатывающим заводом в Атырау. Прежде всего, рассмотрим состав сточных вод и методы их очистки.

Сточные воды — это вода, которая использовалась в быту, промышленности или сельском хозяйстве и утратила свой первоначальный химический состав и физические свойства, а также вода, собираемая в населенных пунктах и на промышленных объектах в результате дождей и таяния снега [2].

Сточные воды делятся на три главные группы, исходя из того, какие именно загрязнители в них содержатся:

Бытовые сточные воды: В основном состоят из остатков еды, отходов жизнедеятельности человека и моющих средств (ПАВ). Они считаются опасными из-за наличия бактерий [3].

Промышленные сточные воды: Это воды, используемые в технологических процессах. В нефтеперерабатывающей промышленности они часто содержат высокие концентрации нефтепродуктов, фенолов, сульфидов и тяжелых металлов. Как показано в исследовании М. Мусаева, сточные воды нефтеперерабатывающих заводов являются одним из основных источников техногенной нагрузки на окружающую среду [2].

Ливневые сточные воды: Это воды от дождей и таяния снега. Они загрязняются частицами почвы, песком и следами нефтепродуктов, находящимися на поверхности земли.

Ниже перечислены основные методы очистки сточных вод:

Важно отметить, что перед сбросом в окружающую среду сточные воды проходят несколько этапов очистки.

На этапе механической очистки крупные нерастворимые примеси (песок, мусор, жиры) отделяются от воды с помощью решеток, пескоуловителей и отстойников.

Химическая и физико-химическая очистка заключается в добавлении в воду специальных реагентов для нейтрализации или осаждения растворенных вредных веществ (например, коагуляция).

На этапе биологической очистки специальные микроорганизмы (активный ил) разлагают органические загрязнители и очищают воду. Этот процесс обычно происходит в аэрационных резервуарах.

Этап дезинфекции включает такие методы, как хлорирование, озонирование или обработка ультрафиолетовым излучением для уничтожения патогенных бактерий в воде.

При очистке сточных вод необходимо уделять внимание веществам, содержащимся в стоках. Среди них химическая потребность в кислороде, биологическая потребность в

кислороде и концентрация нефтепродуктов являются важными понятиями, используемыми в процессе очистки сточных вод. Определяя химическую потребность в кислороде, можно оценить степень загрязнения нефтепродуктами. Биологическая потребность в кислороде позволяет обнаруживать органические вещества в воде благодаря действию микроорганизмов. Наконец, определение концентрации нефтепродуктов позволяет снизить содержание нефти в воде [4].

А.С.Сейткасимов в своих работах описывал очистку сточных вод инженерный процесс. Это не только позволяет очистить сточные воды, но и дает возможность повторно использовать их [5].

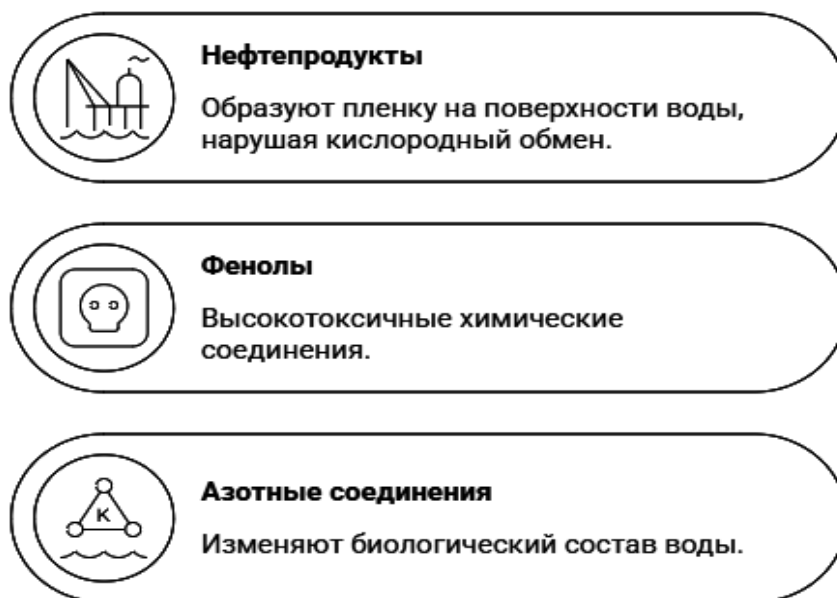


Рисунок 1. Основные загрязнители сточных вод

Как показано на рисунке 1, нефтепродукты нарушают кислородный обмен в воде, фенолы, являясь токсичными химическими соединениями, оказывают пагубное воздействие на водную флору и фауну, а соли аммония изменяют биологическую активность в воде.

С учетом вышеизложенного целью исследования является Атырауский нефтеперерабатывающий завод. Оценить эффективность методов очистки сточных вод на Атырауском нефтеперерабатывающем заводе путем анализа и сравнения полученных проб, а также выработать рекомендации по улучшению качества очистки.

Предметом исследования стали системы биологической, физической и химической очистки сточных вод на Атырауском нефтеперерабатывающем заводе.

Для достижения этой цели поставлены следующие задачи:

Во-первых, составить технологическую схему очистки сточных вод;

Во-вторых, отобрать пробу и проанализировать результаты лабораторных исследований;

В-третьих, получить фактические данные и внедрить рекомендации по очистке.

Материалы и методы. В рамках исследования были отобраны пробы на очистных сооружениях, расположенных в зоне производственной деятельности Атырауского нефтеперерабатывающего завода. Точки отбора проб можно разделить на три группы, как показано на рисунке ниже.

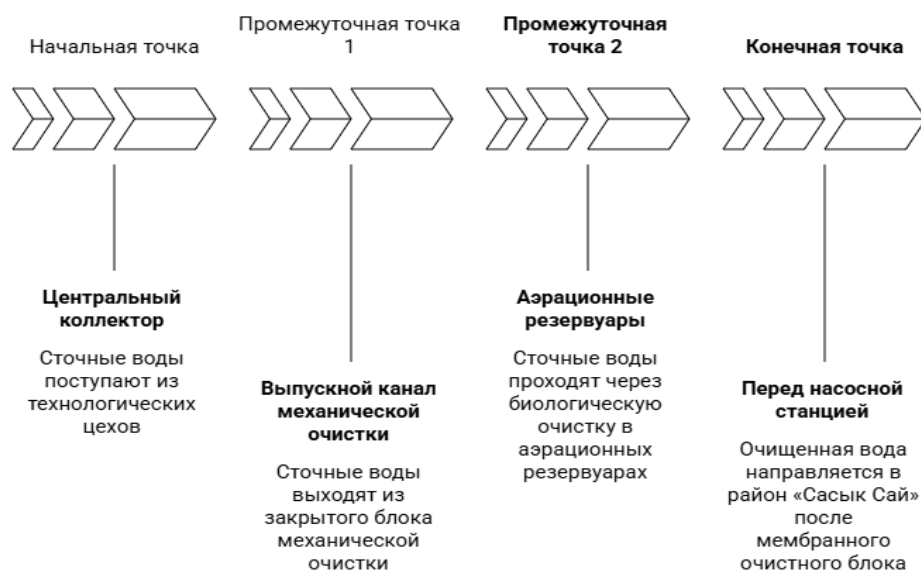


Рисунок 2. Этапы очистки сточных вод

Как показано на втором рисунке, в начальной точке изображен центральный коллектор для сточных вод, сбрасываемых из цехов завода, а в средней точке — установка механической очистки.

Исследование проводилось в двух точках города Атырау. Первым из них стала Центральная заводская лаборатория Атырауского нефтеперерабатывающего завода. Здесь с помощью ИК-спектрометров и фотометров проводился анализ воды на наличие нефтяных загрязнений, а также на такие конкретные показатели, как фенолы и ХПК. Второй — Научно-исследовательский центр «Экология» Атырауского университета имени Х. Досмухамедова. Здесь проводился анализ физико-химических свойств воды.

В ходе исследования проводились отбор проб, анализ, фотометрические и манометрические измерения, а также спектрофотометрические исследования.

Аналитические методы были выбраны с учетом сложности состава сточных вод.

Нефтепродукты представляют собой сложные смеси углеводородов, поэтому данный метод, основанный на принципе тепловой инфракрасной спектроскопии, позволяет обнаруживать молекулы, содержащие связи С–Н (особенно метильные — CH_3 и метиленовые — CH_2 группы) поглощения инфракрасного излучения.

Для нефтеперерабатывающих заводов этот метод является ключевым экологическим показателем. Метод предполагает экстракцию образца с использованием четыреххлористого углерода. Этот растворитель обеспечивает полное отделение нефтепродуктов от водной фазы, а полученный экстракт затем пропускается через адсорбционную колонку, которая удаляет полярные соединения, оставляя только углеводородную фракцию. Данный метод обеспечивает высокую точность получаемых результатов.

Применяемый в дальнейшем фотометрический метод с использованием бихромата основан на окислении всех видов органических соединений в воде, включая небiorазлагаемые, бихроматом калия в сильнокислой среде.

Показатель химической потребности в кислороде играет важную роль в оценке уровня химического загрязнения воды. Сточные воды нефтеперерабатывающих заводов могут содержать не только биоразлагаемые вещества, но и различные химические реагенты и растворители. Снижение значения ХПК свидетельствует об эффективной работе физико-химических очистных комплексов предприятия (например, флотация, коагуляция). Пробу подвергают термической обработке в термореакторе при температуре 150 °С. После этого

спектрофотометрическим методом определяют цвет образовавшихся ионов хрома и рассчитывают общую концентрацию органических веществ в воде.

Метод респирометрии используется для оценки уровня биологического загрязнения воды. Он основан на измерении количества кислорода, потребляемого аэробными микроорганизмами (активным илом) в течение пяти дней в процессе очистки воды. Другими словами, он показывает способность воды к самоочищению.

Его важность заключается в том, что этот показатель имеет решающее значение для мониторинга эффективности этапа биологической очистки (аэробаков) на очистных сооружениях. Если значение БПК₅ очищенной воды высокое, это указывает на то, что процесс биологической очистки был недостаточным и вода все еще загрязнена.

При использовании экстрактивного фотометрического метода используется реакция фенолов с 4-аминоантипирином, в результате которой образуется ярко-розовый цвет. Интенсивность этого цвета, измеряемая с помощью фотометра, считается прямо пропорциональной количеству фенолов в пробе.

В целом, важность этого метода заключается в том, что он позволяет удалять фенолы, которые являются чрезвычайно опасными соединениями из-за своей высокой токсичности. Например, они попадают в окружающую среду при термической переработке сырой нефти на нефтеперерабатывающих заводах. Поскольку даже микроскопические количества фенолов являются опасными, крайне важно обеспечить соответствие воды строгим стандартам после очистки. Следует отметить, что данный метод является инструментом для проверки эффективности проведения заключительного, «межслойного» этапа очистки от вредных веществ.

Гравиметрический метод является наиболее точным способом определения массы. Соответственно, пропустив воду через фильтр, высушив её и определив увеличение её массы с точностью до 0,0001 г, можно установить количество отфильтрованной воды.

В процессе очистки сточных вод этот метод направлен на контроль эффективности фильтрации. Взвешенные вещества в воде включают песок, глину и нефтяной шлам, которые вызывают помутнение. Новейшие мембранные фильтры (системы обратного осмоса), используемые на Атырауском нефтеперерабатывающем заводе, быстро выходят из строя при контакте с водой, не полностью очищенной от взвешенных веществ. Поэтому данный метод является важным инструментом для контроля качества механической фильтрации.

В кондуктометрическом методе электропроводность воды считают прямо пропорциональной концентрации растворенных в ней ионов (например, хлоридов, сульфатов, натрия). Важность этого метода заключается в том, что в результате обезвоживания и опреснения сырой нефти образуются высокосолёные сточные воды. Этот метод необходим для оценки целесообразности повторного использования воды в теплообменных системах станции и предотвращения коррозии.

Результаты и обсуждения.

В рамках проведенного исследования были изучены лабораторные данные, касающиеся очистки сточных вод Атырауского нефтеперерабатывающего завода. Анализ проводился по всем этапам очистки, и для каждого технологического подхода – механического, физико-химического, биологического и мембранного – было определено, насколько эффективно он способствует удалению различных загрязняющих веществ.

Наиболее значимым открытием данного исследования является трансформация химического состава сточных вод в процессе их очистки. Детальная динамика уменьшения ключевых показателей после каждого примененного метода наглядно продемонстрирована в Таблице 1.

Таблица 1. Средние показатели содержания загрязнителей в ходе очистных процессов.

Этап очистки (Методы)	Нефтепродукты, мг/дм ³	ХПК, мг/дм ³	БПК ₅ , мг/дм ³	Взвешенные вещества, мг/дм ³	Фенолы, мг/дм ³
Исходная вода (Вход)	185,4	540,0	245,0	112,0	6,8
Механическая очистка	12,5	380,0	190,0	25,4	5,2
Биологическая очистка	1,8	45,0	4,5	12,0	0,05
Мембранная очистка (Обратный осмос)	0,35	26,5	1,9	7,8	0,0008
Проектный норматив (ПДК)	0,5	30,0	3,0	10,0	0,001

В таблице ниже показаны средние концентрации загрязняющих веществ. Метод математического анализа результатов исследования раскрывает технологическую возможность каждого метода. Результаты исследования представлены в виде диаграммы ниже.

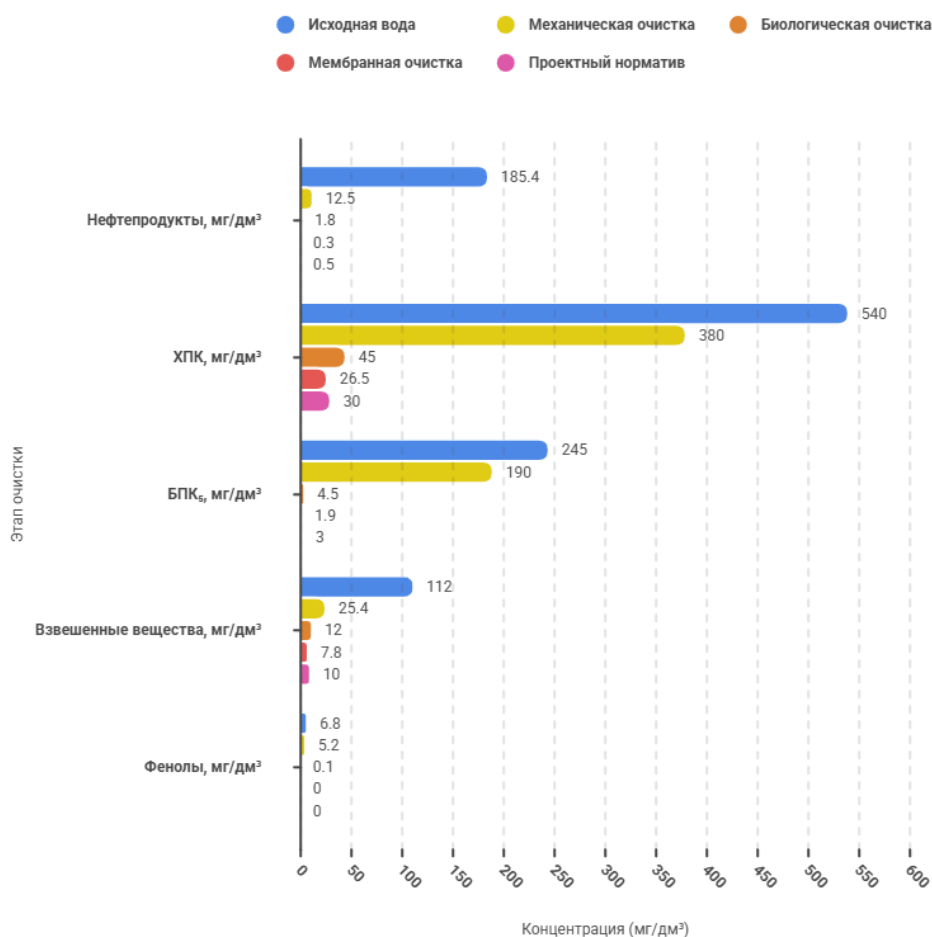


Рисунок 3. Сравнение загрязняющих веществ на различных этапах очистки воды

По диаграмме можно извлечь результаты исследования.

Результативность механических и физико-химических методов: На этом этапе удалось удалить основную массу нефтепродуктов, снизив их концентрацию с 185,4 мг/дм³ до 12,5 мг/дм³.

Этот показатель подтверждает высокую способность установок закрытой флотации по отделению эмульгированной нефти.

Сравнение показателей исходной воды и воды после прохождения различных этапов очистки показывает значительное снижение концентрации загрязняющих веществ. Наибольшая концентрация всех загрязнителей наблюдается в исходной воде, поступающей на очистные сооружения. Концентрация нефтепродуктов составляет 185,4 мг/дм³, показатель ХПК — 540,0 мг/дм³, БПК₅ — 245,0 мг/дм³, содержание взвешенных веществ — 112,0 мг/дм³, а фенолов — 6,8 мг/дм³. Эти значения свидетельствуют о высокой степени загрязнения сточных вод нефтеперерабатывающего производства.

После прохождения механической очистки наблюдается значительное снижение содержания взвешенных веществ и нефтепродуктов. Концентрация нефтепродуктов снижается с 185,4 до 12,5 мг/дм³, а содержание взвешенных веществ уменьшается с 112,0 до 25,4 мг/дм³. Это объясняется тем, что на этапе механической очистки происходит удаление крупных и нерастворимых примесей, песка, нефтяной пленки и других механических загрязнений. Однако показатели ХПК и БПК₅ на данном этапе снижаются незначительно, так как растворенные органические вещества и химические соединения остаются в воде.

На этапе биологической очистки наблюдается наиболее существенное снижение показателей органического загрязнения. Значение БПК₅ уменьшается с 190,0 до 4,5 мг/дм³, а показатель ХПК снижается до 45,0 мг/дм³. Это связано с тем, что в процессе биологической очистки микроорганизмы разлагают органические вещества, содержащиеся в сточных водах. Кроме того, значительно снижается содержание фенолов — до 0,05 мг/дм³, что свидетельствует о высокой эффективности биологической очистки при удалении органических токсичных соединений.

На заключительном этапе мембранной очистки (обратный осмос) происходит окончательное удаление растворенных веществ и мелкодисперсных загрязнителей. Концентрация нефтепродуктов снижается до 0,35 мг/дм³, ХПК — до 26,5 мг/дм³, БПК₅ — до 1,9 мг/дм³, содержание взвешенных веществ — до 7,8 мг/дм³, а фенолов — до 0,0008 мг/дм³. Полученные значения практически соответствуют проектным нормативам (ПДК), что свидетельствует о высокой эффективности мембранной очистки и всей системы очистных сооружений в целом.

Сравнение полученных результатов с нормативными значениями показывает, что после прохождения всех этапов очистки показатели качества воды соответствуют установленным экологическим требованиям. Это свидетельствует о том, что применяемая технологическая схема очистки сточных вод является эффективной и обеспечивает значительное снижение загрязнения воды.

Таким образом, анализ результатов исследования показал, что наибольший вклад в снижение содержания органических загрязняющих веществ вносит биологическая очистка, тогда как механическая очистка в основном предназначена для удаления взвешенных веществ и нефтепродуктов. Мембранная очистка выполняет функцию окончательной доочистки воды и позволяет довести показатели качества воды до нормативных значений. Комплексное применение всех этапов очистки обеспечивает высокую степень очистки сточных вод и снижает негативное воздействие нефтеперерабатывающего предприятия на окружающую среду.

В целом результаты исследования подтверждают, что многоступенчатая система очистки сточных вод является наиболее эффективным способом удаления загрязняющих веществ различной природы и позволяет обеспечить экологическую безопасность промышленного предприятия.

Заключение

В ходе проведенного исследования была изучена эффективность очистки сточных вод Атырауского нефтеперерабатывающего завода на основе анализа проектных показателей и

результатов лабораторных исследований. В рамках работы были рассмотрены основные источники загрязнения сточных вод нефтеперерабатывающего производства, а также изучены применяемые на предприятии методы очистки воды.

В процессе исследования было установлено, что очистка сточных вод осуществляется в несколько последовательных этапов, включающих механическую, физико-химическую, биологическую и мембранную очистку. Каждый из этих этапов играет важную роль в снижении концентрации загрязняющих веществ и улучшении качества очищенной воды. Механическая очистка обеспечивает удаление крупных взвешенных частиц и нефтяных примесей, физико-химическая очистка способствует удалению растворенных загрязняющих веществ, биологическая очистка направлена на разложение органических соединений микроорганизмами, а мембранная очистка позволяет окончательно удалить мелкодисперсные и растворенные вещества.

Анализ лабораторных данных показал, что в процессе очистки наблюдается значительное снижение концентрации нефтепродуктов, фенолов, взвешенных веществ, а также показателей химической и биологической потребности в кислороде. Наиболее существенное снижение показателей загрязнения наблюдается после прохождения биологической и мембранной стадий очистки, что свидетельствует о высокой эффективности данных технологических процессов. В результате многоступенчатой очистки показатели качества воды приближаются к нормативным значениям, установленным для сброса сточных вод или их повторного использования.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что применяемая на предприятии технология очистки сточных вод является достаточно эффективной и обеспечивает значительное снижение антропогенной нагрузки на водные ресурсы региона. Кроме того, использование современных методов анализа, таких как спектрофотометрия, фотометрия, гравиметрический и кондуктометрический методы, позволяет проводить точный контроль качества воды на различных этапах очистки.

Следует отметить, что повышение эффективности очистки сточных вод имеет не только экологическое, но и экономическое значение, так как позволяет снизить потребление свежей воды за счет повторного использования очищенных сточных вод в технологических процессах предприятия. Это, в свою очередь, способствует рациональному использованию водных ресурсов и снижению негативного воздействия промышленности на окружающую среду.

Таким образом, результаты проведенного исследования подтверждают, что комплексное применение механических, физико-химических, биологических и мембранных методов очистки обеспечивает высокую степень очистки сточных вод нефтеперерабатывающего предприятия. В дальнейшем рекомендуется совершенствование технологий мембранной очистки, модернизация очистных сооружений, а также внедрение замкнутых систем водооборота, что позволит еще больше повысить экологическую безопасность производства и снизить объем сброса загрязненных сточных вод в окружающую среду.

Практическая значимость исследования заключается в том, что полученные результаты и проведенный анализ могут быть использованы при проектировании и модернизации очистных сооружений нефтеперерабатывающих предприятий, а также при разработке природоохранных мероприятий, направленных на снижение загрязнения водных объектов и рациональное использование водных ресурсов.

Список литературы:

1. Мусаев М.М. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий. – Москва: Химия, 2018. – 256 с.
2. Иванов В.В., Кузнецов А.П. Водоотведение и очистка сточных вод. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 320 с.

3. Методы очистки сточных вод: учебное пособие / Под ред. С.В. Яковлева. – Москва: АСВ, 2020. – 288 с.
4. Сейткасимов А.С. Инженерные системы очистки сточных вод. – Алматы: Қазақ университеті, 2021. – 210 с.
5. Трофимов Н.Н., Орлова Е.Г. Экология и охрана водных ресурсов. – Москва: Юрайт, 2022. – 275 с.