

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

Ермен Малика Ержанқызы

«Разработка технологии очистки производственных сточных вод для предприятий
химической промышленности по производству удобрений»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

6B05206 – «Инженерная экология»

Алматы 2025

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

Ермен Малика Ержанқызы

«Разработка технологии очистки производственных сточных вод для предприятий
химической промышленности по производству удобрений»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

6B05206 – «Инженерная экология»

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

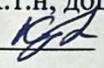
Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
«Химические процессы и
промышленная экология»

К.т.н, доцент

 Кубекова Ш. Н.

«02» 06 2025 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

На тему: «Разработка технологии очистки производственных сточных вод для
предприятий химической промышленности по производству удобрений»

6B05206 – «Инженерная экология»

Выполнил



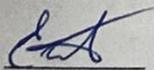
Ермен М. Е.

Рецензент

Доктор PhD, ассистент-
профессор

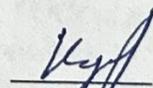
Научный руководитель

К.т.н., ассоц. профессор
«Химические процессы и
промышленная экология»



Егемова Ш. Б.

«05» июля 2025 г.



Нурмакова С. М.

«05» июля 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

6B05206 – «Инженерная экология»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
«Химические процессы и
промышленная экология»
К.т.н., доцент
Ш.Н. Кубекова Кубекова Ш. Н.
«02» 06 2025 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся: Ермен Малике Ержанқызы

Тема: «Разработка технологии очистки производственных сточных вод для
предприятий химической промышленности по производству удобрений»

Утверждена приказом Проекта, по академическим вопросам, №16 от «29» 01 2025
г.

Срок сдачи законченной работы «03» 06 2025 г.

Исходные данные к дипломному проекту: *техническое задание предприятия АО
«КазАзот», данные по существующей системе очистки производственных
сточных вод, санитарные нормы, Экологический кодекс РК, ГОСТы, результаты
анализа загрязненности производственных сточных вод, методики расчетов*

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) Анализ состава и источников образования производственных сточных вод;
- б) Разработка и обоснование технологии очистки, включая подбор оборудования и
расчеты;
- в) Расчет эколого-экономической эффективности проекта

Перечень графического материала: в проекте представлено 7 рисунка,
24 таблиц.

Представлены слайдов презентации проекта 22

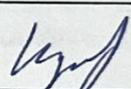
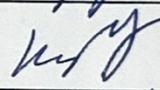
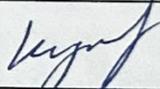
Рекомендуемая основная литература: из 32 наименований.

ГРАФИК
подготовки дипломной проекта

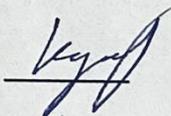
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение, теоретические основы, анализ текущего состояния	12.02.2025	выполнено
Разработка технологической схемы и расчет материального баланса	15.02.2025	выполнено
Подбор оборудования	26.03.2025	выполнено
Расчет эколо-экономической эффективности	04.04.2025	выполнено
Заключение	03.05.2025	выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

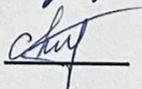
Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Обзор литературы	к.т.н. Нурмакова С.М.	09.02.2025	
Основная часть	к.т.н. Нурмакова С.М.	07.04.2025	
Нормоконтролер	к.т.н. Нурмакова С.М.	03.05.2025	

Научный руководитель



Нурмакова С.М.

Задание принял к исполнению обучающийся



Ермен М.Е.

Дата

«29» января 2025 г

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс «КазАзот» ЖШС-нің жаңа аммиак-карбамид кешенінің өндірістік ағынды суларын тазарту технологиясын әзірлеуге арналған. Тақырыптың өзектілігі – өндірістік ағынды сулар көлемінің ұлғаюы жағдайында Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексінің талаптарын сақтау және қоршаған ортаның қауіпсіздігін қамтамасыз ету қажеттілігіне байланысты.

Зерттеу нысаны ретінде – өндірістік ағынды суларды тазарту процесі, зерттеу пәні ретінде – физика-химиялық және мембраналық тазарту әдістері алынған.

Жұмыстың мақсаты – аммиак, нитраттар және мұнай өнімдері бойынша нормативтік көрсеткіштерге қол жеткізуге мүмкіндік беретін тиімді тазарту схемасын әзірлеу. Флотация, фильтрация, кері осмос және буландыру әдістерін қолдана отырып, принциптік технологиялық схема әзірленді, қажетті жабдық таңдалды, сондай-ақ күрделі және пайдалану шығындары есептелді. Жобаның өзін-өзі ақтау мерзімі 6–7 жыл деп анықталды.

Жобаны іс жүзінде енгізу табиғи су ресурстарына экологиялық жүктемені төмендетуге және кәсіпорынның ресурстық тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена разработке технологии очистки производственных сточных вод нового аммиачно-карбамидного комплекса предприятия ТОО «КазАзот». Актуальность темы обусловлена необходимостью обеспечения экологической безопасности и выполнения требований Экологического кодекса Республики Казахстан в условиях роста объёмов сточных вод.

Объектом исследования является процесс очистки производственных сточных вод, предметом — методы физико-химической и мембранной очистки.

Целью работы является разработка эффективной схемы очистки сточных вод с достижением нормативных показателей по аммиаку, нитратам и нефтепродуктам. Разработана принципиальная технологическая схема очистки с применением флотации, фильтрации, обратного осмоса и выпарки; произведён подбор оборудования и расчёт капитальных и эксплуатационных затрат. Определён срок окупаемости проекта — 6–7 лет.

Практическая реализация проекта позволит снизить нагрузку на природные водные ресурсы и повысить ресурсную эффективность предприятия.

ANNOTATION

This thesis is devoted to the development of wastewater treatment technology for the new ammonia-urea production complex at KazAzot LLP. The relevance of the topic is due to the need to ensure environmental safety and comply with the requirements of the Environmental Code of the Republic of Kazakhstan in the context of increasing wastewater volumes.

The object of the research is the process of industrial wastewater treatment, while the subject is the methods of physico-chemical and membrane treatment.

The aim of the work is to develop an efficient wastewater treatment scheme achieving regulatory standards for ammonia, nitrates, and petroleum products. A process flow diagram has been developed using flotation, filtration, reverse osmosis, and evaporation technologies; the necessary equipment has been selected, and the capital and operating costs have been calculated. The payback period of the project is determined to be 6–7 years.

The practical implementation of the project will reduce the environmental burden on natural water resources and increase the resource efficiency of the enterprise.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Теоретические основы очистки производственных сточных вод предприятий химической промышленности	9
1.1 Характеристика объекта проектирования и существующей системы очистки производственных сточных вод	9
1.2 Классификация сточных вод аммиачно-карбамидного комплекса	10
1.2.1 Основные категории сточных вод	11
1.2.2 Внутренняя классификация производственных сточных вод на КазАзот	14
1.2.3 Структура потоков в проекте WWT Unit 59	17
1.2.4 Требования к качеству сточных вод перед сбросом	18
1.3 Методы очистки производственных сточных вод предприятий химической промышленности	19
2 Существующее положение по предприятию и предполагаемая система очистки сточных вод аммиачно-карбамидного комплекса ТОО «КазАзот»	22
2.1 Характеристика предприятия	22
2.2 Описание предлагаемой системы очистки сточных вод	24
2.3 Усредненные характеристики производственных сточных вод ТОО «КазАзот»	25
2.4 Расчет и обоснование параметров очистки сточных вод на установке Unit 59	27
2.4.1 Анализ состава сточных вод	27
2.4.2 Расчет объема ливневых сточных вод	32
2.4.3 Разработка принципиальной технологической схемы очистки сточных вод	34
2.4.4 Расчёт и построение материального баланса сточных вод на установке Unit 59	39
2.4.5 Расчёт фильтрации сточных вод первой линии	41
2.4.6 Расчет фильтрации сточных вод второй линии	44
2.4.7 Расчет и обоснование параметров очистки по третьей линии	46
2.4.8 Расчет и обоснование параметров очистки по четвертой линии	48
3 Эколого-экономическое обоснование проекта	51
3.1 Обоснование необходимости модернизации очистных сооружений и выбор оборудования	51
3.2 Расчет капитальных и эксплуатационных затрат	52
3.3 Экономический эффект и срок окупаемости проекта	54
3.4 Расчет эколого-экономической эффективности	55

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	58
Приложение А	60
Приложение Б	71

ВВЕДЕНИЕ

Развитие химической промышленности сопровождается увеличением объёмов образования сточных вод, содержащих широкий спектр загрязняющих веществ, включая аммиак, нитраты, нефтепродукты и тяжёлые металлы. Актуальность разработки эффективных технологий очистки сточных вод обусловлена необходимостью соблюдения требований экологического законодательства Республики Казахстан, в частности положений Экологического кодекса РК, а также стремлением промышленных предприятий к устойчивому развитию и минимизации воздействия на окружающую среду.

Объектом исследования в данной дипломной работе является процесс очистки производственных сточных вод нового аммиачно-карбамидного производственного комплекса на предприятии ТОО «КазАзот». Предметом исследования являются методы и технологии физико-химической и мембранной очистки сточных вод, направленные на снижение содержания аммиака, нитратов и нефтепродуктов до нормативных показателей.

Целью дипломной работы является разработка технологии очистки производственных сточных вод для нового аммиачно-карбамидного комплекса, обеспечивающей достижение нормативных требований по качеству сбрасываемых вод и максимальное вовлечение очищенной воды в повторное использование в производственном цикле.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- анализа состава производственных сточных вод нового комплекса и существующих методов их очистки;
- разработка принципиальной технологической схемы очистки сточных вод с использованием методов флотации, фильтрации, обратного осмоса и выпарки;
- подбор основного оборудования для очистных сооружений на основе расчётных характеристик сточных вод;
- расчёт капитальных и эксплуатационных затрат на реализацию проекта;
- оценка экологической эффективности и расчёт срока окупаемости проекта;
- обоснование соответствия проектируемой технологии требованиям экологических норм и стандартов.

Методологической основой дипломной работы являются нормативно-правовые акты Республики Казахстан в области охраны окружающей среды, методические рекомендации НИИ ВОДГЕО по расчёту сточных вод, а также данные инженерных расчётов и материалов проектных организаций.

Разработка технологии очистки сточных вод нового аммиачно-карбамидного комплекса позволит существенно снизить нагрузку на окружающую среду, повысить ресурсную эффективность предприятия и обеспечить соответствие требованиям устойчивого развития.

1 Теоретические основы очистки производственных сточных вод предприятий химической промышленности

1.1 Характеристика объекта проектирования и существующей системы очистки производственных сточных вод

Товарищество с ограниченной ответственностью «КазАзот» является одним из крупнейших производителей аммиака, азотной кислоты и азотных удобрений в Республике Казахстан. В состав предприятия входят аммиачный комплекс, установки карбамида, азотнокислотное производство и сопутствующие технологические объекты. В процессе эксплуатации основных производственных площадок образуются сточные воды, содержащие аммиак, нитраты, нефтепродукты, железо, медь и другие загрязняющие вещества. Сточные воды собираются через дренажную сеть, после чего направляются в накопительные ёмкости и отстойники для предварительного удаления взвешенных веществ. Основная очистка сточных вод осуществляется с использованием модульной установки глубокой биологической очистки типа БиОКС-50У, предназначенной для удаления органических веществ и азотных соединений. Схема существующей очистки производственных сточных вод по комплексу производства аммиачной селитры и азотной кислоты показана на рисунке 1.1.

После очистки часть сточных вод возвращается в производство, а избыточные объёмы сбрасываются в пруд-испаритель для дальнейшего естественного испарения. Контроль качества сбрасываемых сточных вод осуществляется в соответствии с требованиями Экологического кодекса Республики Казахстан и СанПиН №209 от 2021 года.

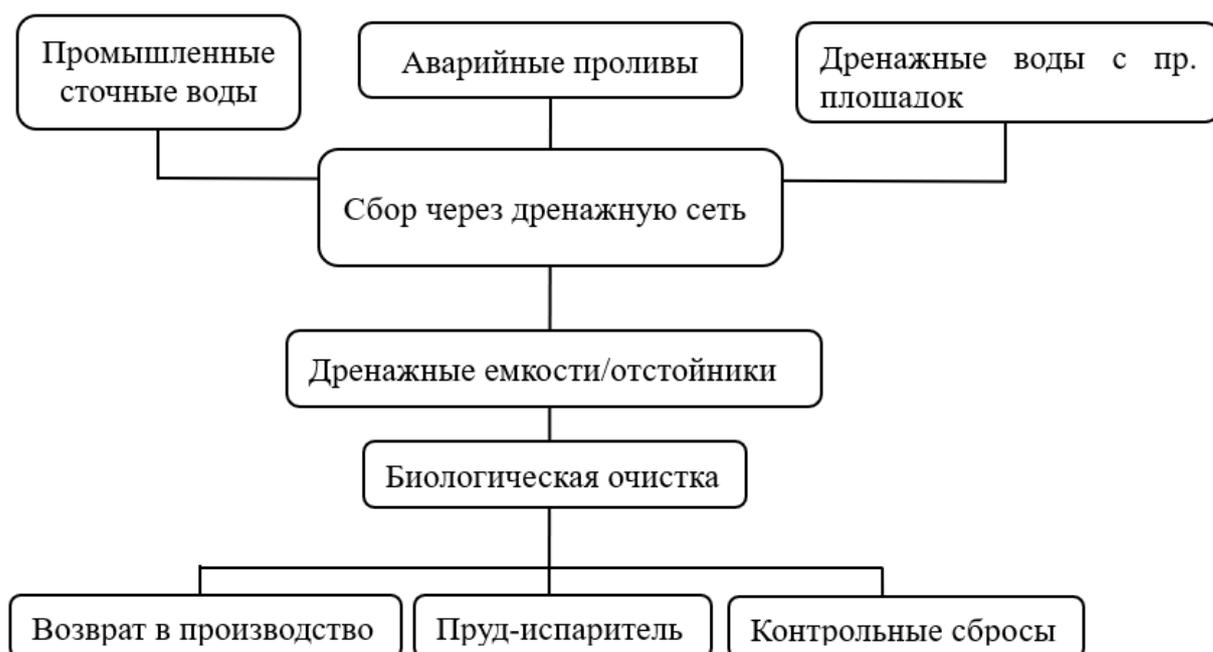


Рисунок 1.1 – Схема очистки производственных сточных вод

Действующая система очистки сточных вод предприятия обеспечивает базовую степень очистки, однако в силу ограниченной производительности установок и уровня глубины очистки, она не обеспечивает полного удаления всех целевых загрязняющих веществ. Особенно это важно с учётом планируемого роста объёмов сточных вод в связи со строительством нового Аммиачно – Карбамидного Комплекса (АКК).

Новый производственный комплекс предусматривает существенное увеличение объёмов сточных вод, отличающихся более высоким содержанием аммиака, нитратов и нефтепродуктов, что требует разработки отдельной специализированной системы очистки. В рамках настоящей дипломной работы обоснована необходимость проектирования новой технологии очистки сточных вод нового АКК с применением современных методов флотации, фильтрации, мембранной технологии и выпарки для достижения нормативных показателей качества очищенных вод.

1.2 Классификация сточных вод аммиачно-карбамидного комплекса

Рациональное проектирование систем очистки сточных вод невозможно без предварительной классификации водных потоков. Классификация позволяет структурировать информацию о составе сточных вод, определить источники образования загрязнений и выбрать оптимальные методы очистки.

В соответствии с пунктом 68 статьи 1 Экологического кодекса Республики Казахстан, сточные воды подразделяются по происхождению на:

- производственные сточные воды;
- хозяйственно-бытовые сточные воды;
- атмосферные (ливневые и талые) сточные воды.

В рамках настоящей работы рассматриваются исключительно производственные сточные воды, формирующиеся в процессе технологических операций на ТОО "КазАзот".

Производственные сточные воды могут дополнительно классифицироваться по следующим признакам:

- По степени загрязнённости: условно чистые, загрязнённые, высококонцентрированные;
- По возможностям рециклинга: пригодные для повторного использования после доочистки и требующие глубокой очистки перед сбросом;
- По физико-химическим характеристикам: высокоминерализованные, содержащие аммиак, содержащие взвеси или эмульгированные нефтепродукты.

Классификация сточных вод, представленная в таблице 1.1, позволяет на ранней стадии проектирования предусмотреть отдельный сбор потоков, применение специализированных линий очистки для различных категорий стоков и оптимизацию технологических схем.

Согласно ГОСТ 17.1.3.07-82 «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля за сточными водами предприятий», обязательным является отдельный

учёт сточных вод различного происхождения для повышения эффективности очистки и соблюдения требований к сбросу.

Таблица 1.1 – Классификация сточных вод рассматриваемых в проекте

Категория сточных вод	Источник	Основные загрязнители
Производственные	Технологические процессы	Аммиак, нитраты, нефтепродукты, соли

В проектной документации КазАзот сточные воды дополнительно классифицируются по химическому составу и источнику поступления, что позволяет осуществлять их эффективное усреднение, предварительную обработку и последующую глубокую очистку на установке WWT Unit 59.

WWT Unit 59 (Waste Water Treatment Unit 59) представляет собой комплекс очистных сооружений на ТОО "КазАзот", предназначенный для приёма, усреднения, многоступенчатой физико-химической и мембранной обработки производственных сточных вод с целью их частичного повторного использования и безопасного сброса остаточных потоков в соответствии с требованиями экологических нормативов Республики Казахстан.

Также важно учитывать возможности рециклинга сточных вод: условно чистые потоки после минимальной доочистки могут направляться на подпитку систем водооборота, что снижает общее водопотребление предприятия.

Правильная классификация сточных вод позволяет не только эффективно организовать процесс очистки, но и обеспечить соответствие экологическим требованиям, повысить ресурсную эффективность производства, минимизировать объёмы сбросов и сократить нагрузку на окружающую среду.

1.2.1 Основные категории сточных вод

Производственные сточные воды предприятий химической промышленности можно подразделить на несколько основных категорий, в зависимости от их происхождения, состава и степени загрязнённости. Такая детализация необходима для выбора адекватных методов очистки и обеспечения эффективной работы очистных сооружений.

Основными категориями производственных сточных вод являются:

а) технологические сточные воды – образуются в результате выполнения основных технологических процессов производства химической продукции. Эти воды содержат высокие концентрации химических реагентов, растворённых солей, аммиака, нитратов, нефтепродуктов и других веществ. Их очистка требует применения многоступенчатых схем с физико-химической и мембранной обработкой. Для удаления аммиака и ионов аммония применяется метод отдувки с последующим ионным обменом на цеолитовых фильтрах. Удаление нефтепродуктов осуществляется с использованием флотации и сорбционных

материалов. При высокой минерализации требуется дополнительная стадия обратного осмоса для удаления остаточных солей;

б) промывочные сточные воды – формируются при промывке оборудования, трубопроводов, резервуаров после выполнения технологических операций. Эти воды могут содержать остатки химических веществ, моющих средств, а также механические примеси. Для их очистки часто применяются процессы флотации, фильтрации и сорбции. Промывочные воды отличаются изменчивым составом, поэтому важным этапом является усреднение их характеристик в специальных буферных резервуарах. Усреднение снижает колебания концентраций загрязнителей и повышает стабильность работы очистных сооружений;

в) конденсационные сточные воды – образуются в результате конденсации паров на различных стадиях технологических процессов. Обычно характеризуются низкой степенью загрязнения, однако могут содержать растворённые газы (например, аммиак) или мелкодисперсные примеси. Для эффективной очистки конденсационных вод применяются дегазационные колонны (стриппинг воздуха) и фильтры тонкой механической очистки;

г) аварийные сточные воды – формируются при нештатных ситуациях (разливах, утечках, прорывах трубопроводов), характеризуются высокой изменчивостью состава и концентрации загрязняющих веществ. Аварийные сточные воды требуют предварительного накопления и усреднения с целью снижения пиковых нагрузок на очистные сооружения. Для устранения высоких концентраций загрязнителей используются аварийные схемы реагентной нейтрализации, осаждения и механического обезвоживания осадков.

В проектной документации установки WWT Unit 59 ТОО "КазАзот" производственные сточные воды дополнительно классифицируются следующим образом:

- непрерывные потоки (конденсаты, охлаждающие воды);
- условно чистые воды (слабозагрязнённые промывочные потоки);
- залповые сбросы (высококонцентрированные аварийные стоки);
- концентраты водоочистки (концентраты от мембранных установок);
- непрерывные потоки представляют собой наиболее стабильную часть сточных вод и, как правило, подвергаются минимальной физико-химической обработке. Условно чистые воды после минимальной доочистки могут быть использованы повторно в системах водооборота предприятия.

Залповые сбросы и концентраты водоочистки требуют применения специализированных технологий, таких как выпарные установки, кристаллизация и утилизация осадков.

Каждая из указанных категорий требует индивидуального подхода к очистке в зависимости от состава загрязнений и их концентрации.

Для корректного выбора оборудования и методов обработки сточных вод важно учитывать требования, установленные ГОСТ 17.1.1.05-86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к защите вод от загрязнения», а также положения Экологического кодекса Республики Казахстан (статья 222) и

санитарные требования СанПиН № КР ДСМ-336/2020 к качеству сточных вод, подлежащих сбросу в водные объекты.

Четкое разграничение производственных сточных вод по их характеристикам позволяет повысить эффективность очистки, сократить эксплуатационные расходы, минимизировать экологические риски, а также обеспечить соответствие экологическим нормативам и принципам устойчивого водопользования.

Категории производственных сточных вод представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Основные категории производственных сточных вод и особенности их очистки

№	Категория сточных вод	Причина образования	Основные загрязнители	Применяемые методы очистки
1	Технологические	Образуются при синтезе аммиака и азотной кислоты. Содержат аммиак, аммонийные ионы, нитриты, нитраты и хлориды	Аммиак, соли, нефтепродукты	Коагуляция, флотация, мембранные технологии, осмос
2	Промывочные	Поступают после мойки оборудования и арматуры. Как правило, имеют переменный состав и высокие концентрации загрязнителей	Остатки реагентов, механические примеси	Усреднение, фильтрация, сорбция
3	Конденсационные	Образуются в процессе охлаждения газов и паров, содержат следовые количества аммиака, а также мелкие механические примеси	Аммиак, растворенные газы	Дегазация, фильтрация

Продолжение таблицы 1.2

№	Категория сточных вод	Причина образования	Основные загрязнители	Применяемые методы очистки
4	Аварийные	Периодически возникают при переполнении резервуаров, разгрузке ёмкостей или нештатной работе оборудования. Отличаются кратковременностью, но высоким загрязнением	Концентрированные химикаты, взвеси	Усреднение, осаждение

1.2.2 Внутренняя классификация производственных сточных вод на КазАзот

На ТОО "КазАзот" осуществляется чёткая внутренняя классификация производственных сточных вод, необходимая для эффективного управления процессами очистки и повторного использования воды. Такая классификация разработана с учётом особенностей технологического процесса предприятия и состава образующихся сточных вод. Классификация представлена в таблице 1.3.

Сточные воды подразделяются на несколько групп в зависимости от источника образования и характеристик загрязнений:

- непрерывные потоки – воды, образующиеся постоянно в процессе функционирования основного технологического оборудования. Примеры включают конденсаты технологических установок, воды охлаждения насосного оборудования. Эти потоки характеризуются стабильным химическим составом и относительно невысокой концентрацией загрязнителей. Основные загрязняющие вещества: растворённые соли, аммиак в низких концентрациях. Методы очистки включают механическую фильтрацию, предварительную физико-химическую обработку, а также, при необходимости, доочистку на мембранных установках.

- условно чистые сточные воды – воды, образующиеся при промывке оборудования и трубопроводов без прямого контакта с агрессивными химическими веществами. Обычно имеют низкое содержание загрязнителей и могут быть использованы повторно после минимальной доочистки. Эти потоки подвергаются фильтрации через песчаные или угольные фильтры для удаления

механических примесей и восстановления качества воды, пригодной для оборотного водоснабжения;

- залповые сбросы – воды, образующиеся при плановых остановках оборудования, промывках аппаратов, а также при аварийных ситуациях. Отличаются высокой концентрацией загрязняющих веществ (аммиак, нефтепродукты, механические примеси). Для их обработки предусматривается система усреднения в буферных резервуарах. Усреднение позволяет нивелировать пиковые концентрации загрязнений и избежать перегрузки установок на этапах флотации, дегазации и мембранной очистки. Процесс усреднения осуществляется в специально оборудованных накопителях с системами перемешивания, обеспечивающими равномерность состава поступающих стоков;

- концентраты водоочистки – остаточные потоки, образующиеся на мембранных установках (обратный осмос, нанофильтрация). Характеризуются высокой минерализацией и содержанием остаточных загрязнителей. Эти потоки направляются на выпарные установки, где происходит концентрирование и кристаллизация солей, либо на специальные участки, где концентраты могут использоваться для технических нужд или подвергаться дальнейшему обезвоживанию.

Таблица 1.3 – Внутренняя классификация сточных вод на предприятии КазАзот

№	Категория потока	Источник образования	Основные загрязнители	Методы очистки, предусмотренные в проекте
1	Непрерывные потоки	Конденсаты, охлаждение оборудования	Аммиак (NH ₃), соли, слабоминерализованные компоненты	Механическая фильтрация, ионный обмен, обратный осмос
2	Условно чистые воды	Промывка без контакта с реагентами	Низкие концентрации солей, аммиака, взвесей	Ионный обмен, мембранная фильтрация
3	Залповые сбросы	Промывка оборудования, аварии	Высокие концентрации NH ₃ , NO ₃ ⁻ , нефтепродукты, взвешенные вещества	Усреднение, дегазация, флотация, фильтрация, нейтрализация
4	Концентраты водоочистки	Мембранные установки	Высокоминерализованные соединения, соли, остатки аммиака и нитратов	Выпаривание, утилизация

Продолжение таблицы 1.3

№	Категория потока	Источник образования	Основные загрязнители	Методы очистки, предусмотренные в проекте
5	Осадки и шламы	Флотация, фильтрация, ионообменные загрузки	Взвешенные вещества, сгустки реагентов	Сгущение, обезвоживание, вывоз/утилизация согласно ГОСТ 30772-2001
6	Пермеат (очищенная вода)	Обратный осмос	Отсутствие загрязнений или концентрации ниже ПДК	Повторное использование в градирнях или сброс в Каспий (при контроле ПДК)
7	Атмосферные воды	Осадки, поверхностный сток с площадки	Нефтепродукты, взвеси, частицы пыли	Локальная очистка, фильтрация, отведение в систему WWT при загрязнении

Очистка сточных вод на WWT Unit 59 строится по принципу отдельного подхода:

- потоки с высоким содержанием азотных соединений (NH_3 , NH_4^+ , NO_3^-) направляются на первую технологическую линию, включающую усреднитель, дегазацию, ионный обмен и мембранную доочистку;

- потоки с преимущественным содержанием нефтепродуктов и взвешенных веществ подаются на вторую технологическую линию, где применяются флотация, фильтрация и доочистка;

- концентраты от водоочистки собираются отдельно и направляются на установку выпаривания для минимизации объёма жидких отходов.

Нормативные требования Республики Казахстан:

В соответствии с Экологическим кодексом Республики Казахстан (статья 222) и санитарными нормами СанПиН № ҚР ДСМ-336/2020, сточные воды перед сбросом в водоёмы должны соответствовать следующим требованиям:

- содержание аммиака не должно превышать 0,5 мг/л для водоёмов рыбохозяйственного значения;

- содержание нефтепродуктов – не более 0,05 мг/л;

- концентрация взвешенных веществ – не более 3 мг/л;

- значение рН должно находиться в пределах 6,5–8,5.

Также сточные воды должны соответствовать требованиям по биохимическому потреблению кислорода (БПК₅) и химическому потреблению кислорода (ХПК), установленным для соответствующего класса водоёмов.

1.2.3 Структура потоков в проекте WWT Unit 59

Проект очистных сооружений WWT Unit 59 на ТОО «КазАзот» предусматривает чёткое разделение производственных сточных вод на две основные линии обработки в зависимости от характера загрязнений и требований к качеству очищенной воды. Структура распределения потоков в WWT Unit 59 представлена в таблице 1.4.

Первая технологическая линия предназначена для очистки сточных вод с высоким содержанием азотистых соединений (аммиак, аммоний-ион, нитраты). Эти потоки включают:

- конденсаты от технологического оборудования;
- продувочные воды из систем теплообмена;
- сточные воды от стадий синтеза аммиака и азотной кислоты;
- сбросы от регенерации ионнообменных смол.

Очистка на первой линии включает последовательные стадии:

- усреднение состава сточных вод в накопительных резервуарах объёмом до нескольких тысяч кубометров, оснащённых системами перемешивания для выравнивания концентраций загрязнителей;

- дегазация с использованием струйных или барботажных аппаратов для удаления газообразного аммиака;

- ионный обмен на цеолитовых или специализированных синтетических смолах для удаления аммоний-ионов и нитратов;

- мембранная очистка методом обратного осмоса, обеспечивающая удаление до 98–99% растворённых веществ.

Очищенная вода частично возвращается в оборотные циклы предприятия, а часть направляется на дополнительную обработку перед возможным сбросом.

Вторая технологическая линия предназначена для обработки сточных вод, содержащих преимущественно механические примеси, нефтепродукты и взвешенные вещества. К этим потокам относятся:

- промывочные воды после мойки оборудования;
- сточные воды с производственных площадок;
- аварийные залповые сбросы, содержащие загрязнения различной природы.

Очистка на второй линии включает:

- усреднение в буферных ёмкостях с перемешиванием;

- флоатацию с применением коагулянтов и флокулянтов для удаления нефтепродуктов и мелкодисперсных частиц;

- многоступенчатую фильтрацию через песчаные, угольные и многофункциональные загрузки;

- ультрафильтрацию для удаления остатков коллоидных примесей.
 После доочистки вода либо возвращается в производственные процессы, либо дополнительно очищается перед сбросом в окружающую среду.

Таблица 1.4 – Структура распределения потоков в WWT Unit 59

№	Тип сточных вод	Направление обработки
1	Азотосодержащие сточные воды	Первая технологическая линия (дегазация, ионный обмен, осмос)
2	Сточные воды с нефтепродуктами и взвесями	Вторая технологическая линия (флотация, фильтрация)
3	Концентраты обратного осмоса	Утилизация через выпарные установки

Нормативные требования Республики Казахстан для сточных вод:

Согласно статье 222 Экологического кодекса РК и санитарным требованиям СанПиН № ҚР ДСМ-336/2020, сточные воды перед сбросом в окружающую среду должны соответствовать:

- аммиак: не более 0,5 мг/л;
- нефтепродукты: не более 0,05 мг/л;
- взвешенные вещества: до 3 мг/л;
- БПК₅: не более 3 мг О₂/л;
- рН в пределах 6,5–8,5.

Контроль качества воды осуществляется на каждой стадии очистки с применением автоматизированных систем мониторинга, измеряющих параметры в реальном времени.

1.2.4 Требования к качеству сточных вод перед сбросом

Для предотвращения загрязнения окружающей среды сточные воды перед сбросом должны соответствовать установленным нормативным требованиям. В Республике Казахстан регламент очистки сточных вод осуществляется в соответствии с положениями Экологического кодекса РК (статья 222) и санитарными требованиями СанПиН № ҚР ДСМ-336/2020.

К основным параметрам качества сточных вод, подлежащим контролю перед сбросом, относятся:

- концентрация аммиака (NH₃);
- концентрация нефтепродуктов;
- содержание взвешенных веществ;
- биохимическое потребление кислорода (БПК₅);
- химическое потребление кислорода (ХПК);
- водородный показатель (рН);
- содержание нитратов, нитритов, хлоридов и других ионов.

Нормативные предельные концентрации представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Основные нормативные предельные концентрации для сброса сточных вод

№	Показатель	Предельно допустимая концентрация
1	Аммиак (NH ₃)	Не более 0,5 мг/л
2	Нефтепродукты	Не более 0,05 мг/л
3	Взвешенные вещества	До 3 мг/л
4	БПК ₅	До 3 мг О ₂ /л
5	pH	В пределах 6,5–8,5
6	Нитраты (NO ₃ ⁻)	Не более 45 мг/л
7	Нитриты (NO ₂ ⁻)	Не более 0,08 мг/л
8	Хлориды (Cl ⁻)	До 300 мг/л

На всех этапах очистки сточных вод на WWT Unit 59 осуществляется регулярный контроль параметров качества воды. Основные методы контроля включают:

- химический анализ проб сточных вод;
- использование автоматизированных систем мониторинга с датчиками pH, концентрации аммиака и нефтепродуктов;
- оперативное регулирование подачи реагентов и режимов работы оборудования в зависимости от текущего состава сточных вод.

Для сточных вод, подлежащих сбросу в Каспийское море, также действуют требования по содержанию тяжёлых металлов, отсутствию токсичности по отношению к гидробионтам и соблюдению норм по биологической и химической безопасности.

В случае выявления отклонений в составе сточных вод предусмотрены мероприятия по:

- усилению стадий предварительной очистки;
- увеличению дозировки реагентов на стадиях коагуляции и флотации;
- повторному пропуску сточных вод через мембранные установки.

1.3 Методы очистки производственных сточных вод предприятий химической промышленности

Очистка сточных вод предприятий химической промышленности представляет собой сложный многоступенчатый процесс, требующий применения различных физических, химических и мембранных методов для достижения нормативных показателей качества воды. Выбор конкретных методов очистки определяется характеристиками сточных вод, их составом, концентрацией загрязняющих веществ и требованиями к качеству очищенной

воды для последующего использования или сброса. В таблице 1.6 представлены основные методы очистки сточных вод.

Таблица 1.6 – Основные методы очистки сточных вод

Метод	Принцип действия	Пример применения
Флотация	Удаление взвешанных веществ и нефтепродуктов пузырьками воздуха	Очистка промывочных вод, удаление легких загрязнителей
Коагуляция и флокуляция	Агрегирование мелких частиц с образованием хлопьев	Предочистка перед фильтрацией и флотацией
Фильтрация	Механическое удаление частиц через фильтры	Удаление взвесей после коагуляции и флотации
Отдувка аммиака	Дегазация аммиака при изменении рН	Очистка азотсодержащих сточных вод
Ионный обмен	Замещение загрязняющих ионов в структуре смол	Удаление аммония, нитратов, хлоридов
Окисление	Разложение загрязнителей химическими реагентами	Обработка остаточного аммиака и органики
Нейтрализация	Корректировка кислотности или щелочности	Выравнивание рН сточных вод перед мембранной очисткой
Обратный осмос	Удаление солей и микрозагрязнителей через мембраны	Глубокая доочистка перед возвратом или сбросом
Нанофильтрация	Частичное удаление растворенных веществ	Подготовка воды перед осмосом
Ультрафильтрация	Удаление коллоидных и высокомолекулярных соединений	Финишная фильтрация перед мембранами

На практике применяется последовательное использование нескольких методов: первичная механическая фильтрация, флотация с коагуляцией, отдувка аммиака, ионный обмен и мембранная доочистка. Такая схема позволяет эффективно очищать даже сложные сточные воды.

Особенности очистки сточных вод на ТОО «КазАзот»-применяются стадии усреднения сточных вод, флотация для удаления нефтепродуктов, отдувка аммиака, ионный обмен и обратный осмос. Это позволяет возвращать часть воды в оборотное водоснабжение и сбрасывать остаточные объёмы в Каспийское море при соблюдении всех нормативных требований.

Выбор и применение методов очистки осуществляется в соответствии с Экологическим кодексом Республики Казахстан (статья 222), ГОСТ 17.1.3.07-82 «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля за сточными водами предприятий», ГОСТ 17.1.1.05-86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к защите вод от загрязнения» и санитарными нормами СанПиН № ҚР ДСМ-336/2020.

2 Существующее положение по предприятию и предполагаема система очистки сточных вод аммиачно-карбамидного комплекса ТОО «КазАзот»

2.1 Характеристика предприятия

Товарищество с ограниченной ответственностью «КазАзот» является ведущим предприятием химической отрасли Республики Казахстан, специализирующимся на производстве азотных удобрений и химической продукции. На рисунке 2.1 изображена территория предприятия ТОО «КазАзот».

Предприятие основано в 1969 году и расположено в городе Актау Мангистауской области, в непосредственной близости к побережью Каспийского моря. Географическое положение предприятия обусловило особые требования к экологической безопасности и водопользованию.

Первоначально завод был построен как азотно-туковый завод в составе Прикаспийского горнометаллургического комплекса. В 2005 году предприятие прошло процесс модернизации и реорганизации, в результате чего было зарегистрировано как ТОО «КазАзот».

С тех пор компания активно развивалась, увеличивая производственные мощности и расширяя ассортимент продукции. Сегодня «КазАзот» является крупнейшим отечественным производителем азотной химии, продукция которого экспортируется в страны СНГ и дальнего зарубежья.



Рисунок 2.1 – Промышленная территория предприятия ТОО «КазАзот»

ТОО «КазАзот» специализируется на выпуске следующих химических продуктов:

- аммиак жидкий технический;
- аммиачная селитра;
- азотная кислота;
- карбамидно-аммиачные смеси.

Эти продукты широко применяются в сельском хозяйстве для производства минеральных удобрений, а также в промышленности для различных технологических процессов.

Особую роль играет аммиак, являясь базовым сырьём для производства многих видов удобрений и химической продукции.

Производственные мощности предприятия составляют:

- до 200 тыс. тонн аммиака в год;
- до 360 тыс. тонн азотной кислоты и аммиачной селитры.

Наличие собственной ресурсной базы – месторождения Шагырлы-Шомышты – позволяет предприятию обеспечивать стабильные поставки природного газа для производственных нужд.

На территории предприятия действуют:

- производственные цеха по выпуску аммиака, азотной кислоты и аммиачной селитры;
- газопоршневая электростанция мощностью 40 МВт, обеспечивающая энергетическую независимость;
- склады хранения химической продукции и сырья;
- железнодорожный узел и собственный парк железнодорожных цистерн для транспортировки готовой продукции.

Мощности складирования позволяют одновременно хранить до 10 000 тонн готовой продукции, обеспечивая устойчивость логистических операций.

Вода на предприятии используется для различных технологических нужд – охлаждение, промывка оборудования, участие в реакциях.

Источниками водоснабжения служат как внешние сети, так и собственные артезианские скважины.

Для очистки сточных вод на «КазАзоте» функционирует установка WWT Unit 59, которая обеспечивает многоступенчатую физико-химическую очистку:

- усреднение сточных вод,
- флотация и коагуляция загрязнений,
- дегазация аммиака,
- ионный обмен и мембранная доочистка.

После очистки сточные воды:

- частично используются повторно (в системах охлаждения – градирнях);
- частично сбрасываются в Каспийское море при соблюдении нормативов СанПиН № ҚР ДСМ-336/2020 и статьи 222 Экологического кодекса Республики Казахстан.

Экологическая политика ТОО «КазАзот» строится на принципах минимизации воздействия на окружающую среду.

Основные направления экологической деятельности:

- постоянная модернизация систем очистки сточных вод;
- реализация проектов утилизации аммиака из технологических выбросов;
- внедрение систем мониторинга качества сточных вод;
- сокращение водопотребления за счет рециркуляции.

Предприятие активно участвует в государственных программах поддержки энергоэффективности и устойчивого развития. В частности, внедрение собственной газопоршневой электростанции позволило не только снизить энергозатраты, но и сократить выбросы углекислого газа в атмосферу.

2.2 Описание предлагаемой системы очистки сточных вод

Производственные сточные воды предприятия ТОО «КазАзот» образуются в процессе производства аммиака, азотной кислоты, аммиачной селитры и карбамида. Сточные воды содержат аммиак, нитраты, хлориды, взвешенные вещества и мелкие механические примеси. Их очистка является обязательным условием соблюдения экологических нормативов, защиты водных ресурсов Каспийского моря и обеспечения устойчивости технологических процессов предприятия.

Для этих целей на ТОО «КазАзот» функционирует современная установка очистки сточных вод – WWT Unit 59, предназначенная для комплексной физико-химической и мембранной обработки производственных стоков. Система построена таким образом, чтобы эффективно очищать как постоянные технологические стоки, так и залповые выбросы.

Процесс очистки сточных вод начинается с этапа усреднения. Сточные воды с разных участков поступают в специальные резервуары, где происходит выравнивание их состава по концентрации загрязняющих веществ. Это необходимо для стабилизации характеристик стоков и равномерной нагрузки на оборудование на последующих стадиях очистки. Усреднение особенно важно при наличии залповых сбросов, которые характерны для химических производств.

После усреднения вода направляется на блок физико-химической очистки, где проводится флотация. При помощи подачи воздуха и реагентов из воды удаляются лёгкие примеси, такие как масла и взвешенные вещества. Отделённая в процессе флотации пена собирается и утилизируется в соответствии с требованиями санитарных правил. Затем вода поступает на стадию механической фильтрации через песчаные или комбинированные загрузки, что позволяет удалить остаточные взвешенные частицы и повысить эффективность последующей химической обработки.

Одной из ключевых стадий очистки на WWT Unit 59 является дегазация аммиака. На этом этапе сточные воды подвергаются обработке с повышением уровня pH до 9–10 единиц, что способствует переходу аммонийных ионов в газообразный аммиак. Газ затем удаляется с помощью противоточной подачи воздуха в дегазационных колоннах. Дегазация снижает токсичность стоков и значительно облегчает дальнейшее удаление азотсодержащих загрязнителей.

Следующим этапом является ионный обмен, при котором вода проходит через слои специальных ионообменных смол. Здесь удаляются остаточные ионы аммония, нитраты, хлориды и другие растворённые вещества. Периодически

смолы регенерируются растворами щелочей или кислот, а образующиеся регенерационные воды направляются на отдельную обработку.

Финальной стадией очистки является мембранная фильтрация методом обратного осмоса. На этой стадии удаляются мельчайшие растворённые примеси, соли и остаточные органические загрязнители. Очищенная вода разделяется на пермеат (очищенная вода) и концентрат. Концентрат либо подвергается дальнейшему выпариванию, либо аккумулируется для утилизации в соответствии с экологическими нормами.

После прохождения всех стадий часть очищенной воды возвращается в оборотные системы предприятия, например, используется для подпитки градирен. Оставшаяся вода, прошедшая дополнительную доочистку и охлаждение, может быть сброшена в Каспийское море. При этом строго контролируется соблюдение санитарных требований СанПиН № ҚР ДСМ-336/2020 и положений статьи 222 Экологического кодекса Республики Казахстан.

Контроль качества сточных вод на WWT Unit 59 осуществляется с помощью автоматизированных систем мониторинга. В режиме реального времени фиксируются параметры воды, включая уровень рН, концентрацию аммиака, содержание взвешенных веществ, биохимическое потребление кислорода (БПК5) и другие показатели. При отклонении параметров от допустимых значений автоматически активируются корректирующие меры, что позволяет своевременно устранять нарушения.

Эксплуатация очистных сооружений организована в соответствии с требованиями национальных стандартов и санитарных норм. Так, предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в очищенной воде контролируются в соответствии с ГОСТ 17.1.1.05-86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к защите вод от загрязнения». Особое внимание уделяется показателям содержания аммиака, нефтепродуктов, нитратов и взвешенных веществ. Регулярный внутренний контроль дополняется отчётами для надзорных органов, что обеспечивает прозрачность и соответствие требованиям экологического законодательства.

2.3 Усредненные характеристики производственных сточных вод ТОО «КазАзот»

Основу загрязнений производственных сточных вод составляют:

- аммиак (NH_3) – в свободной и ионизированной форме (NH_4^+). Основной компонент, поступающий со всех этапов синтеза;
- нитраты (NO_3^-) и нитриты (NO_2^-) – устойчивы к окислению, плохо поддаются традиционной физико-химической очистке;
- минеральные соли – в частности, хлориды, сульфаты, ионы кальция, магния, натрия;
- мелкодисперсные взвешенные вещества – как неорганического, так и технологического происхождения;

- ионы тяжёлых металлов – возможны в следовых концентрациях, преимущественно при технических сбоях.

Для этих сточных вод характерна высокая минерализация, достигающая от 1000 до 5000 мг/л в зависимости от типа потока. Также наблюдаются значительные колебания рН, от слабокислой до резко щелочной среды (рН 6.0–10.5), что затрудняет унификацию методов очистки. Характеристики сточных вод показаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Усредненные характеристики сточных вод

№	Показатель	Ед. изм.	Диапазон значений	Типичная нагрузка
1	Аммиак ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$)	Мг/л	20-250	Высокая
2	Нитраты (NO_3^-)	Мг/л	50-300	Высокая
3	Хлориды	Мг/л	150-800	Средняя
4	Сухой остаток	Мг/л	1000-5000	Очень высокая
5	Взвешенные вещества	Мг/л	30-250	Средняя
6	рН		6.0-10.5	Нестабильная
7	Температура	°С	25-45	Повышенная

Такие характеристики требуют многоступенчатой физико-химической обработки, поскольку классические методы биологической очистки при подобной минерализации и токсичности не работают.

Главная сложность в работе с производственными сточными водами на ТОО «КазАзот» заключается в их нестабильности и пульсационности. Потoki отличаются:

- переменной концентрацией загрязняющих веществ;
- переменным расходом (в зависимости от графика производства);
- периодическими залповыми сбросами с критическим содержанием аммиака.

Дополнительную проблему представляет собой высокая температура сточных вод, которая может превышать 40 °С в выходном потоке, что негативно влияет на эффективность сорбционных и мембранных процессов.

Содержание свободного аммиака в воде даже при концентрации 20 мг/л может приводить к нарушению работы биологических очистных установок и вызывать токсическое воздействие при прямом сбросе в водоёмы.

При отсутствии надлежащей очистки такие стоки способны оказывать разрушительное воздействие на водные экосистемы. Особенно чувствителен к азотистым соединениям Каспийский бассейн, в который при определённых условиях осуществляется сброс сточных вод после доочистки. Даже минимальные превышения по нитратам и аммиаку могут привести к эвтрофикации, снижению кислородного режима и гибели водных организмов.

Поэтому на предприятии принята система строгого мониторинга состава производственных сточных вод. Измерения параметров проводятся в онлайн, а контрольные пробы отбираются по регламенту. Только после подтверждения

соответствия нормам СанПиН № ҚР ДСМ-336/2020 сточные воды могут быть либо направлены на повторное использование, либо выпущены в окружающую среду.

Поскольку производственные сточные воды ТОО «КазАзот» представляют собой сложную, высокоминерализованную смесь загрязняющих веществ, основными из которых являются аммиак, нитраты и соли, а также их состав отличается высокой переменчивостью - требуется применение адаптивных и многоступенчатых методов очистки. Учитывая санитарно-экологические риски, очистка таких стоков должна основываться на точных расчетах, которые будут представлены далее.

2.4 Расчет и обоснование параметров очистки сточных вод на установке Unit 59

2.4.1 Анализ состава сточных вод

Анализ состава сточных вод, поступающих на очистку в установку Unit 59 ТОО «КазАзот», показывает высокую изменчивость как по количественным, так и по качественным характеристикам загрязнителей. Основными источниками стоков являются технологические участки производства аммиака, карбамида, азотной кислоты, аммиачной селитры, а также вспомогательные инженерные сети и системы сдерживания разливов. Основными загрязняющими веществами, присутствующими в сточных водах, являются аммиак (NH_3), нитраты (NO_3^-), железо (Fe), взвешенные и твёрдые вещества, остатки масел и нефтепродуктов, а также химическое потребление кислорода (ХПК), которое отражает совокупную нагрузку органических и неорганических веществ. Концентрации аммиака колеблются от следовых значений до 180 000 мг/дм³, с наибольшими значениями на участках карбамида, азотной кислоты и в стоках из систем сдерживания разливов. Нитрат-ионы достигают предельно высоких концентраций до 600 000 мг/дм³, особенно в потоках, относящихся к производству азотной кислоты и аммиачной селитры, что указывает на необходимость применения специализированных методов очистки. Масла и нефтепродукты также присутствуют во множестве потоков, особенно в ливневых и дренажных водах, где концентрации варьируются от 5 до 200 мг/л. Железо, как правило, присутствует в небольших количествах – 0,01–0,08 мг/дм³ – и, вероятно, связано с коррозией оборудования. Взвешенные вещества достигают 200 мг/дм³ в аварийных сбросах и ливневых стоках, в то время как содержание твёрдых веществ на отдельных участках (вспомогательные инженерные сети) может достигать до 13 350 мг/дм³, что характерно для потоков шламов или обратных промывок фильтров. Значения ХПК сильно варьируются: от 6,9 до более чем 760 000 мг O_2 /дм³, что объясняется как содержанием органических остатков, так и высокими концентрациями растворённых химических веществ. Таким образом,

для условно чистых конденсатов, поступающих с участков 01.2 и 01.5 применимы фильтрационные методы.

В таблице 2.2 будут приведены характеристики сточных вод участка аммиака и в таблице 2.3 для участка карбамида. Для остальных участков характеристики будут приведены в приложении А.

Таблица 2.2 – Характеристика сточных вод, поступающих с участка аммиака на очистку в WWT Unit 59

Юнит	Участок аммиака		
	01.2	01.5	01.6
Номер	01.2	01.5	01.6
Сток	Паровой конденсат	Водяной конденсат	Загрязненная ливневая вода
Масло(мг/л)	-	-	50
НН ₃ (мг/дм ³)	-	20	20
NO ₃ (мг/дм ³)	-	20	40
Fe (мг/дм ³)	0,01	0,01	-
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	-	-	200
Тв. вещества (мг/дм ³)	0,125	0,125	-
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	-	-	325
Q _ч (м ³ /ч)	0,58	2,417	6,38
Q _{сут} (м ³ /день)	13,92	58,008	153,12
Q _{год} (м ³ /год)	5081	508150	55889
Режим	Н/П	Н/П	Прерывистый
Время работы	24	24	24
Резервуар/усред.	Open Drain Sump200-AG	Open Drain Sump 200-AG	Open Drain Sump 200-AG

Таблица 2.3 – Характеристика сточных вод с участка карбамида на очистку в WWT Unit 59

Юнит	Участок карбамида					
	23.3	02.2	02.7	02.1	02.3	02.5
Сток	Технологический конденсат	Паровой конденсат	Раствор аммиачной селитры	Участок обработки технологического конденсата	Чистый конденсат	Возможные загрязненные поверхностные воды
Масло(мг/л)	-	-	-	-	5	-
NH ₃ (мг/дм ³)	1000	5	90000	5	5	100
NO ₃ (мг/дм ³)	1000	-	70000	-	10	10
Fe (мг/дм ³)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	10	-	-	-	-	200
Тв. вещества (мг/дм ³)	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	75
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	4230	21,8	380700	21,8	-	55892
Q _ч (м ³ /ч)	0,33	1,83	0,21	0,83	2,2	1,7
Q _{сут} (м ³ /день)	8	88	10	40	52,8	40
Q _{год} (м ³ /год)	417	178	10	81	19272	81
Режим	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Непрерывный	Прерывистый
Время работы	24	48	48	48	25	24
Резервуар/усред.	-	-	АР-501, объём 100 м	АР-501, объём 100 м	АР-704 20–100 м ³	АР-704 20–100 м ³

Продолжение таблицы 2.3

Юнит	Участок карбамида					
	02.8	02.4а	02.4б	02.1	21.2	22.2
Сток	Ливневая вода	Вода, загрязненная нефтепродуктами	Вода, загрязненная нефтепродуктами	Участок обработки технологического конденсата	Сточная вода	Сточная вода
Масло(мг/л)	50	100	100	-	50	50
NH ₃ (мг/дм ³)	5	10	-	5	-	-
NO ₃ (мг/дм ³)	10	40	-	-	-	-
Fe (мг/дм ³)	-	-	-	0,01	-	-
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	200	-	-	-	200	200
Тв. вещества (мг/дм ³)	-	75	75	0,125	75	75
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	325	250	250	21,8	325	325
Q _ч (м ³ /ч)	0,462	0,21	0,21	0,83	0,325	0,325
Q _{сут} (м ³ /день)	11,09	5	5	40	1,3	1,3
Q _{год} (м ³ /год)	4048	20	20	81	2847	2847
Режим	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый
Время работы	24	24	24	48	24	24
Резервуар/усред.	U-AP705/706	AP-701 20м ³	AP-702 20м ³	AP-501, объём 100 м	AP-707	AP-708

2.4.2 Расчет объема ливневых сточных вод

Ливневые (дождевые) сточные воды формируются в результате атмосферных осадков, стекающих с кровель зданий, производственных площадок и других покрытий. Их объем напрямую зависит от площади водосбора, интенсивности осадков и коэффициента водоотведения, зависящего от характера поверхности. Для корректного расчета объема ливневых вод применяется методика, регламентированная СНиП и отраслевыми рекомендациями НИИ ВОДГЕО. В таблицах 2.4 и 2.5 будут представлены объемы сточных вод.

Расчет производился по формуле:

$$Q = q_{20} \cdot \phi \cdot F \quad (2.1)$$

где Q – расход ливневых вод, л/с;

q_{20} – удельный расход дождевых вод при повторяемости один раз в 20 лет, л/(с·га);

ϕ – коэффициент стока;

F – площадь водосбора, га.

Для каждого участка были приняты соответствующие значения q_{20} , ϕ и площади F . Например, для кровель зданий был принят коэффициент стока $\phi=0,9$ что соответствует плотным водонепроницаемым покрытиям. Для промышленных покрытий и асфальтированных территорий использован коэффициент 0,85–0,87.

Мы рассчитали примерные объемы ливневых сточных вод на основе предоставленных данных. Полученные значения используются для дальнейшего подбора емкостей-усреднителей, насосного оборудования и фильтрационных систем. Особое внимание уделяется локализации наиболее загрязнённых потоков, формируемых на участках хранения химических веществ, где в случае аварий возможно образование ливневых стоков, содержащих нефть, аммиак и нитраты. Итоговые расчеты приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.4 – Расчет объема ливневых сточных вод с кровель

Установка	F водосборная площадь, кровли	q_{20}	$Q(\text{л/с}) = Fq_{20}/10000$	$\text{м}^3/\text{ч}$
Аммиак	2406	47,3	11,38038	40,969368
Карбамид	1620	47,3	7,6626	27,58536
Азотная кислота	1072	47,3	5,07056	18,254016
Аммиачная селитра	4354	47,3	20,59442	74,139912

Таблица 2.5 – Расчет объема ливневых сточных вод с асфальтобетонных покрытий

Установка	F асфальтобетонные покрытия	q20	Y коэф. стока	$Q(\text{л/с}) = FYq20/10000$
Аммиак	2326	47,3	0,9	9,901782
Карбамид	1688	47,3	0,9	7,185816
Азотная кислота	2166	47,3	0,9	9,220662
Аммиачная селитра	5646		0,9	24,035022

Таблица 2.6 – Итоговые расчеты

Установка	Q (м ³ /ч) кров	Q (м ³ /ч) асф.бет.	$(Q (\text{м}^3/\text{ч}) \text{ кров} + Q (\text{м}^3/\text{ч}) \text{ асф. бет.} \cdot 2/24)$
Аммиак	40,969368	35,6464152	6,3846486
Карбамид	27,58536	25,8689376	4,4545248
Азотная кислота	18,254016	33,1943832	4,2873666
Аммиачная селитра	74,139912	86,5260792	13,3888326

Расчёт суммарных объёмов сточных вод, поступающих на установку Unit 59. На основании данных о характеристиках сточных потоков, поступающих от различных производственных участков ТОО «КазАзот», был выполнен расчёт суммарных объёмов сточных вод для проектирования системы очистки на установке Unit 59. Первоначально произведена оценка всех категорий сточных вод — технологических, промывочных, конденсационных и аварийных – с учётом их дебита, концентрации загрязняющих веществ и режима поступления.

Для потоков атмосферных (ливневых) сточных вод расчёты проведены отдельно в соответствии с нормативными методиками, с использованием удельного расхода дождевых вод при обеспеченности один раз в 20 лет и коэффициентов стока для различных типов поверхностей. Эти данные позволили определить проектные расходы дождевых стоков с площадей кровель и асфальтобетонных покрытий, что особенно важно для расчёта необходимого объёма усреднителей и предотвращения переполнения системы очистки в периоды интенсивных осадков.

Расчётные объёмы поступающих производственных сточных вод варьируются в широком диапазоне. Так, например, суточный расход условно чистых конденсатов участка 01.2 составляет 13,92 м³/сут, а высококонцентрированных потоков, таких как раствор аммиачной селитры с участка 02.7 – около 10 м³/сут. Ливневые стоки от промышленных площадок характеризуются расходами порядка 86,5 м³/ч в пиковые периоды.

Сводные данные о расходах сточных вод по каждому потоку были структурированы в таблицу 2.4, которая содержит информацию о концентрациях основных загрязнителей (аммиака, нитратов, нефтепродуктов, взвешенных

веществ, ХПК) и режиме работы потоков. Эта таблица служит основой для определения суммарной гидравлической нагрузки на очистные сооружения и дальнейшего подбора технологического оборудования.

Особое внимание уделено усреднению стоков. Сточные воды с переменным составом и расходом направляются в резервуары-усреднители, что позволяет стабилизировать параметры поступающих потоков перед подачей на блоки флотации, дегазации, фильтрации и мембранной очистки. Для каждого резервуара рассчитан необходимый объём с учётом максимальных залповых поступлений и среднего суточного расхода.

Результаты расчётов позволяют сделать вывод о необходимости гибкой технологической схемы очистки, способной эффективно справляться как с постоянными, так и с переменными потоками сточных вод. Данные расчёты легли в основу разработки принципиальной технологической схемы очистки сточных вод на установке Unit 59, что позволит обеспечить высокую эффективность очистки при оптимальных капитальных и эксплуатационных затратах.

2.4.3 Разработка принципиальной технологической схемы очистки сточных вод

На основании анализа состава сточных вод, их объёмов и режимов поступления, представленных в таблице 2.3 и 2.4, была разработана принципиальная технологическая схема очистки на установке Unit 59. Основная задача построения схемы заключалась в рациональном распределении потоков по линиям очистки в зависимости от характера и степени загрязнения, с обеспечением надёжного удаления аммиака, нитратов, нефтепродуктов, взвешенных веществ и других примесей.

В ходе проектирования все сточные потоки были условно классифицированы на три основные группы:

- условно чистые сточные воды, преимущественно содержащие минимальные концентрации аммиака, солей и взвешенных веществ;
- ливневые и загрязнённые воды, характеризующиеся переменным составом и содержанием нефтепродуктов;
- высококонцентрированные технологические стоки, требующие глубокой ступенчатой очистки с применением ионного обмена, мембранных технологий и выпаривания.

Технологическая схема предусматривает последовательное прохождение сточных вод через следующие стадии:

- усреднение и накопление в резервуарах;
- механическую очистку (флотацию и фильтрацию);
- дегазацию аммиака;
- ионный обмен и обратный осмос для удаления растворённых солей и аммонийных соединений;

- выпарку концентратов для минимизации объёмов остаточных отходов;
- доочистку воды перед повторным использованием или нормативным сбросом в Каспийское море.

Схема технологической очистки учитывает особенности поступления залповых сбросов, необходимость резервирования оборудования и обеспечение экологической безопасности.

Принципиальная технологическая схема очистки сточных вод представлена на рисунке 2.2. Ниже на рисунках:

а) на рисунке 2.3 отображена первая линия принципиальной технологической схемы очистки сточных вод;

б) на рисунке 2.4 отображена вторая линия принципиальной технологической схемы очистки сточных вод;

в) на рисунке 2.5 отображена третья линия принципиальной технологической схемы очистки сточных вод;

г) на рисунке 2.6 отображена четвертая линия принципиальной технологической схемы очистки сточных вод.

Схема разработана на основе проектной документации «P&ID 10500-59-PRS-PF-7001 rev3», адаптирована для целей расчётов в рамках настоящей дипломной работы.

Построенная схема легла в основу последующих расчётов материального баланса, параметров отдельных линий очистки и подбора технологического оборудования.

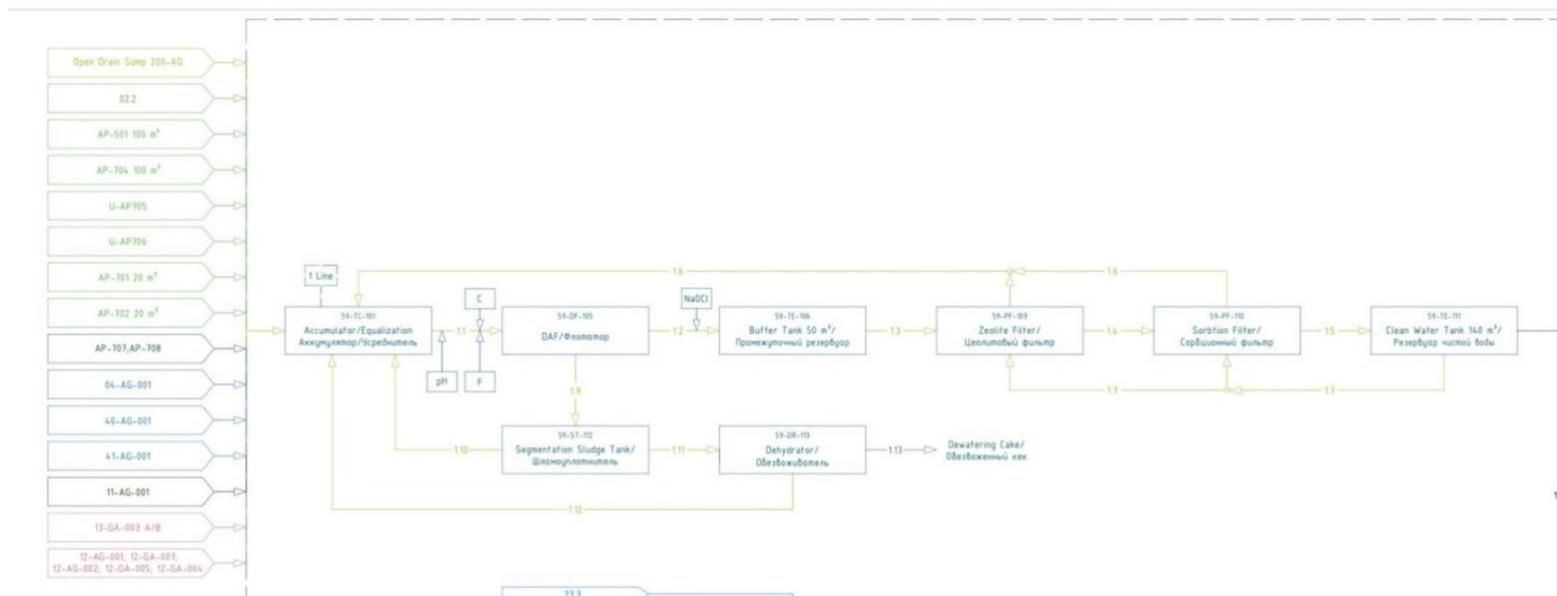


Рисунок 2.3 – Первая линия принципиальной технологической схемы очистки сточных вод на установке Unit 59

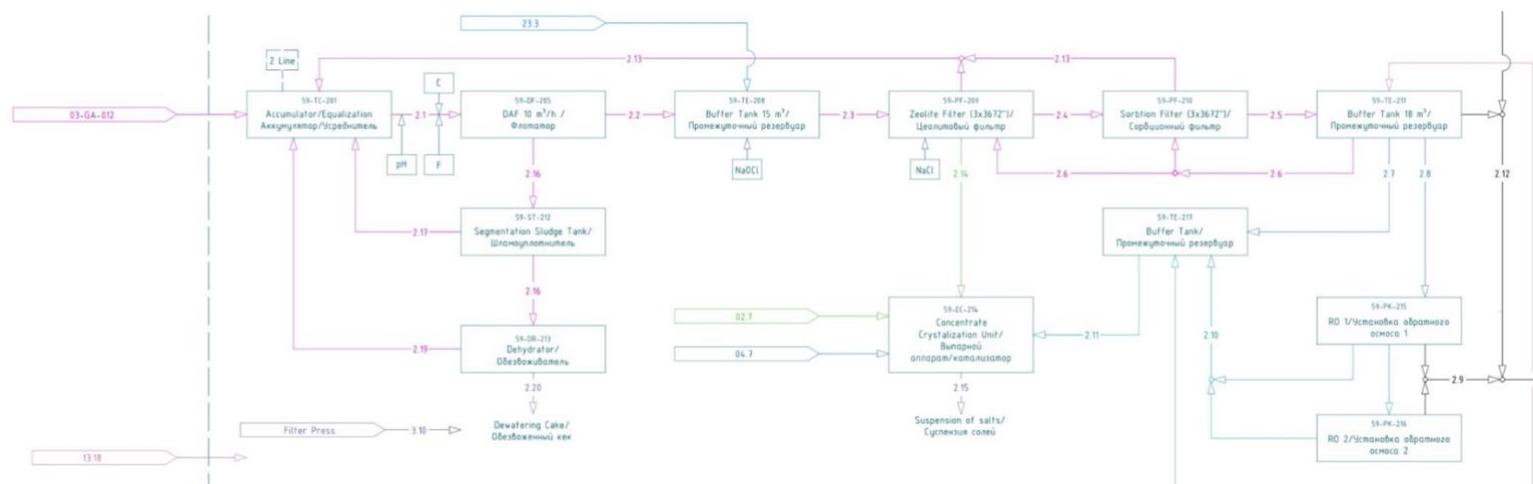


Рисунок 2.4 – Вторая линия принципиальной технологической схемы очистки сточных вод на установке Unit 59

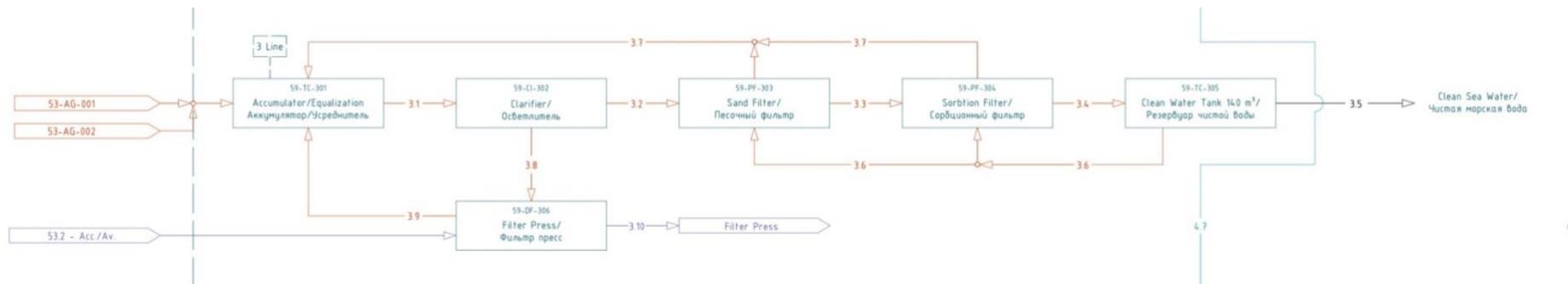


Рисунок 2.5 – Третья линия принципиальной технологической схемы очистки сточных вод на установке Unit 59

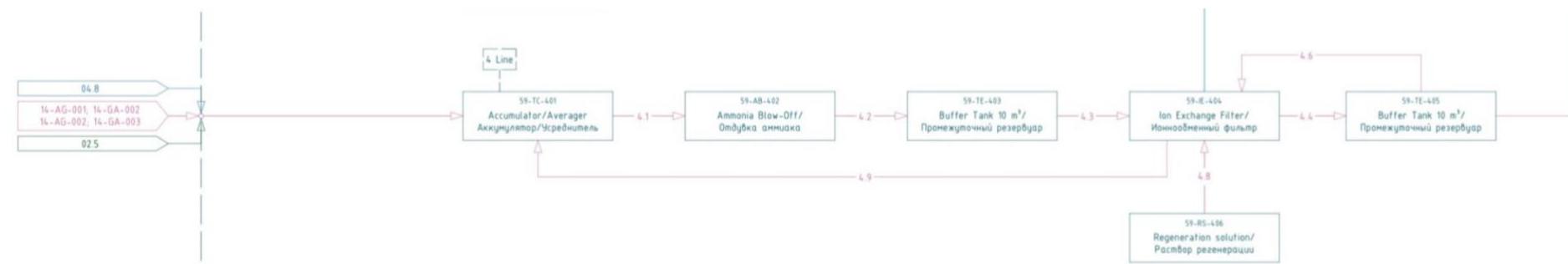


Рисунок 2.6 – Четвертая линия принципиальной технологической схемы очистки сточных вод на установке Unit 59

2.4.4 Расчёт и построение материального баланса сточных вод на установке Unit 59

Расчёт материального баланса сточных вод на установке Unit 59 выполнен на основании данных, приведённых в таблице 2.4, содержащей характеристики всех сточных потоков предприятия ТОО «КазАзот». Материальный баланс необходим для определения гидравлической нагрузки на технологические линии, расчёта концентраций загрязняющих веществ и обоснования параметров оборудования.

В процессе расчёта учитывались все сточные воды, поступающие с различных производственных участков, включая условно чистые конденсаты, загрязнённые ливневые стоки и высококонцентрированные технологические стоки. Для каждого потока были определены суточные расходы, концентрации основных загрязняющих веществ (аммиака, нитратов, масел, взвешенных веществ) и режим поступления. Также были учтены залповые сбросы, перераспределяемые через резервуары-усреднители для стабилизации состава и объёмов.

Расчёт материального баланса позволил определить суммарную нагрузку на установку Unit 59, обосновать выбор технологических стадий очистки и расчётные параметры основных узлов. В частности, были установлены общие расходы воды на механическую, физико-химическую и мембранную стадии очистки, а также рассчитаны потоки концентратов и осадков, требующих дальнейшей утилизации.

Результаты расчетов материального баланса использованы при построении принципиальной технологической схемы и последующих расчетах по отдельным линиям очистки сточных вод.

Также на основании разработанной принципиальной технологической схемы и данных по характеристикам сточных вод выполнен детальный расчёт перераспределения потоков через основные стадии очистки на установке Unit 59.

На аккумулятор-усреднитель поступает сточный поток с расходом 86,8 м³/ч и основными загрязняющими веществами: маслами, аммиаком, аммонием и взвешёнными веществами. Дополнительно учитывается поступление обратной промывочной воды от фильтров в объёме 8 м³/ч. Общий расход на стадии флотации составляет 94,7 м³/ч.

Дозируются реагенты:

- Коагулянт (113,6 кг/сут):

$$M_{\text{коаг}} = 0,05 \cdot Q \cdot 24 \quad (2.2)$$

- Флокулянт (4,5 кг/сут):

$$M_{\text{флок}} = 0,002 \cdot Q \cdot 24 \quad (2.3)$$

После флотации содержание масел снижается на 95%, взвешенных веществ — на 90%. Частичное отведение 3% объёма идёт на осадок:

$$Q_{\text{осадок}} = Q \cdot 0,03 \quad (2.4)$$

Расход на выходе составляет 91,9 м³/ч. Суточный и годовой расходы составляют соответственно 2319 м³/сут и 155401 м³/год.

Для дезинфекции воды перед буферным резервуаром дозируется натрий-гипохлорит (48,5 кг/сут) по расчёту, основанному на объёмах проходящих потоков.

Расчёт фильтров первой линии. Среднесуточный расход составляет 2000 м³/сут при продолжительности работы 23 часа. Принятая скорость фильтрации в нормальном режиме составляет 7 м/ч, в форсированном — 10 м/ч.

Площадь фильтрации определена в 13,4 м². Принято 3 фильтра с диаметром 2,6 м. Фактическая скорость фильтрации в нормальном режиме составляет 5,73 м/ч, в форсированном — 8,23 м/ч.

Таким образом, расчёт и подбор фильтров обеспечивают стабильную работу первой технологической линии очистки сточных вод.

Для наглядного отображения маршрута потоков сточных вод по первой технологической линии составлена сводная таблица. В ней приведены основные характеристики стадий очистки, концентрации загрязняющих веществ, расходы воды и краткие пояснения по каждой операции.

Представленная ниже таблица 2.7 позволяет отследить изменения характеристик воды на каждой стадии очистки — от поступления на аккумулятор-усреднитель до выхода через системы фильтрации, ионообмена и обратного осмоса. Это служит обоснованием выбранных параметров очистки и применяемого технологического оборудования.

Таблица 2.7 – Расчет потоков сточных вод по первой технологической линии установки Unit 59

№ поток а	Наименование стадии	Основные загрязнители	Расход , м ³ /ч	Расход, м ³ /сут	Расход, м ³ /год	Пояснения
1.1	Аккумулятор-усреднитель	Масла, NH ₃ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , Взвешенные вещества	86,8	2083	759195	Поступление потоков с производства
1.2	Флотация	Масла, NH ₃ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , Взвешенные вещества	94,7	2272,8	829572	Добавление коагулянта и флокулянта

Продолжение таблицы 2.7

№ потока	Наименование стадии	Основные загрязнители	Расход, м ³ /ч	Расход, м ³ /сут	Расход, м ³ /год	Пояснения
1.3	Буферный резервуар	Масла (снижено на 95%), NH ₃ , NO ₃ ⁻ , взвешенные вещества (снижены на 90%)	91,9	2205,6	805044	После удаления масел и взвесей на флотации
1.4	Фильтрация	NH ₃ , NO ₃ ⁻ , остаточные масла	91,5	2196	801540	Удаление остатков взвешенных веществ
1.5	Ионообмен	NH ₃ , NO ₃ ⁻	91,0	2184	797160	Удаление аммоний-ионов и нитратов
1.6	Обратный осмос	Соли, остаточные загрязнения	90,0	2160	788400	Финальная стадия глубокой очистки
1.7	Концентрат обратного осмоса	Высокая минерализация	5,0	120	43800	Отвод концентрата на выпарку
1.8	Пермеат обратного осмоса	Чистая вода	85,0	2040	744600	Вода для повторного использования

2.4.5 Расчёт фильтрации сточных вод первой линии

Фильтрация сточных вод первой технологической линии установки Unit 59 осуществляется с целью удаления взвешенных веществ и подготовки воды к последующим стадиям очистки. Процесс фильтрации предусмотрен после буферного резервуара, где сточные воды проходят предварительное осветление.

Среднесуточный расход сточных вод принят равным 2000 м³/сутки на основании технического задания. Продолжительность работы установки составляет 23 часа в сутки. Среднечасовой расход, определяемый как отношение среднесуточного расхода к продолжительности работы, составляет 86,96 м³/ч.

Скорость фильтрации в нормальном режиме принята равной 7 м/ч, а в форсированном режиме — 10 м/ч, что соответствует значениям, рекомендованным в таблице 52 СНиП 2.04.03-85.

Общая площадь фильтрации:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\text{ср.час}}}{V_{\text{н}}}, \text{ м}^2 \quad (2.5)$$

где F_{ϕ} — площадь фильтрации, м²;

$Q_{\text{ср.час}}$ — среднечасовой расход, м³/ч;

$V_{\text{н}}$ — нормальная скорость фильтрации, м/ч.

Подставляя значения, получаем:

$$F_{\phi} = \frac{86,96}{7} = 12,42 \text{ м}^2.$$

Для обеспечения надёжности процесса приняты три фильтра. Площадь одного фильтра составит:

$$F_1 = \frac{F_{\phi}}{N_{\phi}}, \text{ м}^2 \quad (2.6)$$

где N_{ϕ} — количество фильтров.

Таким образом:

$$F_1 = \frac{12,42}{3} = 4,14 \text{ м}^2.$$

Принято использовать фильтры марки ФОВ 2,6–0,6 с фактической площадью одного фильтра 5,31 м².

Фактическая скорость фильтрации в нормальном режиме:

$$V_{\phi} = \frac{Q_{\text{ср.час}}}{F_{\phi} \cdot N_{\phi}}, \text{ м/ч} \quad (2.7)$$

где $F_{\text{факт}}$ — фактическая площадь одного фильтра, м²,

Подставляя значения, получаем:

$$V_{\phi} = \frac{86,96}{5,31 \cdot 3} \approx 5,46 \text{ м/ч.}$$

При выводе одного фильтра в промывку скорость фильтрации увеличивается:

$$V_{\text{форс}} = \frac{Q_{\text{ср.час}}}{F_{\phi} \cdot (N_{\phi} - 1)} \text{ м/ч} \quad (2.8)$$

$$V_{\text{форс}} = \frac{86,96}{5,31 \cdot (3 - 1)} \approx 8,18 \text{ м/ч.}$$

Расход воды на промывку одного фильтра:

$$W_{\text{пр}} = 10 \cdot 3,6 \cdot (10/60) = 6 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \quad (2.9)$$

где 10 л/(с*м²), - стандартное значение для расчета (см. СНиП2.04.03-85, табл 52);

3,6-перевод литров в м³;

10/60-время промывки одного фильтра на минуты, чтобы перевести в часы.

Промывка фильтров производится один раз в сутки, что соответствует требованиям нормативной документации.

Таким образом, принятые параметры фильтрации обеспечивают стабильную работу установки, соответствующую технологическим требованиям очистки сточных вод на предприятии.

В таблице 2.8 представлены потоки сточных вод, движущихся по первой технологической линии очистки, от аккумулятора/усреднителя к флотатору, от флотатора к промежуточному резервуару и так далее. Приведены концентрации загрязняющих веществ и расход в час, по которым мы можем наблюдать постепенное уменьшение загрязняющих веществ.

Таблица 2.8 – Потоки сточных вод движущихся по первой линии

№ потока	Источник	Приемник	Q (м ³ /ч)	Масло (мг/л)	NH ₃ (мг/л)	NO ₃ (мг/л)	Взвеш. в-ва (мг/л)
1.1	Акк.усреднитель	Флотатор	94,7	36	6	11	134
1.2	Флотатор	Промежуточный резервуар	91,9	1,8	6	11	13,1
1.3	Промежуточный резервуар	Цеолитовый фильтр	91,9	1,8	6	11	13,1
1.4	Цеолитовый фильтр	Фильтр тонкой очистки	91,9	1,6	6	11	2,62

Продолжение таблицы 2.8

№ потока	Источник	Приемник	Q (м³/ч)	Масло (мг/л)	NH ₃ (мг/л)	NO ₃ (мг/л)	Взвеш. в-ва (мг/л)
1.5	Фильтр тонкой очистки	УФ-обеззараживание	91,9	0	6	11	2,6
1.6	УФ-обеззараживание	Осмос 1 ступень	91,9	0	6	11	2,6
1.7	Осмос 1 ступень	Пермеат	86,9	0	5,5	10	0
1.8	Осмос 1 ступень	Концентрат	5	0	0,5	1	2,6
1.9	Пермеат	Градирня	86,9	0	5,5	10	0
1.10	Концентрат	Осмос 2 ступень	5	0	0,5	1	2,6
1.11	Осмос 2 ступень	Пермеат	4	0	0,45	1	0
1.12	Осмос 2 ступень	Концентрат	1	0	0,05	0	2,6
1.13	Пермеат	Градирня	4	0	0,45	1	0

2.4.6 Расчет фильтрации сточных вод второй линии

Фильтрация сточных вод второй технологической линии установки Unit 59 необходима для удаления загрязнений, связанных в первую очередь с загрязненными поверхностными стоками и ливневыми водами, содержащими взвешенные вещества, масла и нефтепродукты. После предварительных стадий флотации сточные воды подаются на фильтрацию для достижения требуемых нормативов качества.

Среднесуточный расход сточных вод на второй линии составляет 240 м³/сутки, при продолжительности работы установки 23 часа в сутки.

Среднечасовой расход:

$$Q_{\text{ср.час}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{T_{\text{сут}}}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (2.10)$$

где $T_{\text{сут}} = 23$ часа.

$$Q_{\text{ср.час}} = \frac{240}{23} \approx 10,43 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Скорость фильтрации в нормальном режиме, согласно таблице 52 СНиП 2.04.03-85, принята равной 7 м/ч, а в форсированном режиме — 10 м/ч. Тогда общая необходимая площадь фильтрации вычисляется по формуле 2.5:

$$F_{\phi} = \frac{10,43}{7} \approx 1,49 \text{ м}^2$$

Для обеспечения надёжной работы принято установить два фильтра. Площадь одного фильтра определяется по формуле 2.6:

$$F_1 = \frac{1,49}{2} = 0,745 \text{ м}^2$$

Для практической реализации используется стандартный фильтр с диаметром 1,5 м, что обеспечивает площадь фильтрации около 1,77 м² на фильтр, с запасом, обеспечивающим работу как в нормальном, так и в форсированном режиме. Фактическая скорость фильтрации в нормальном режиме рассчитывается по формуле 2.7:

$$V_{\phi} = \frac{10,43}{1,77 \cdot 2} \approx 2,94 \text{ м/ч}$$

Полученное значение значительно ниже допустимого предела в 7 м/ч.

В случае вывода одного фильтра в промывку фактическая скорость фильтрации вычисляется по формуле 2.8:

$$V_{\text{форс}} = \frac{10,43}{1,77 \cdot (2 - 1)} \approx 5,89 \text{ м/ч.}$$

Фактическая скорость возрастает, что также допустимо для форсированного режима.

Расход воды на промывку фильтра, принимая интенсивность промывки 10 л/(с·м²), по формуле 2.9:

$$W_{\text{пр}} = 10 \cdot 3,6 \cdot (10/60) \approx 6 \text{ м}^3 / \text{м}^2$$

Таким образом, параметры фильтрации для второй технологической линии обеспечивают стабильную работу системы очистки сточных вод и соответствуют установленным нормативным требованиям.

В таблице 2.9 представлены потоки сточных вод, движущихся по второй технологической линии очистки.

Таблица 2.9 – Потoki сточных вод движущихся по второй линии

№ потока	Источник	Приемник	Q (м³/ч)	Масло (мг/л)	NH ₃ (мг/л)	NO ₃ (мг/л)	Взвеш. в-ва (мг/л)
2.1	Акк.усреднитель 2	Флотатор 2	10,43	200	50	0	100
2.2	Флотатор 2	Промежуточный резервуар 2	10,1	5	50	0	10
2.3	Промежуточный резервуар 2	Фильтр механический	10,1	5	50	0	10
2.4	Фильтр механический	Осмос 1 ступени	10,1	2	50	0	2
2.5	Осмос 1 ступени	Пермеат	9,7	0	48	0	0
2.6	Осмос 1 ступени	Концентрат	0,4	0	2	0	2
2.7	Пермеат	Градирия	9,7	0	48	0	0

2.4.7 Расчет и обоснование параметров очистки по третьей линии

Третья линия очистки на установке Unit 59 предназначена для обработки сточных вод с умеренным содержанием масел, аммиака и нитратов. Основные загрязнители: нефтепродукты (масла) – до 50 мг/л, аммиак – до 10 мг/л, нитраты – до 40 мг/л, взвешенные вещества – до 200 мг/л.

Среднесуточный расход сточных вод на третьей линии составляет:

$Q_{сут} = 438 \text{ м}^3/\text{сут}$ (данные приняты на основании материального баланса потока по третьей линии).

Среднечасовой расход рассчитывается по формуле 2.10:

$$Q_{\text{ср.час}} = \frac{438}{24} \approx 18,25 \text{ м}^3/\text{ч}$$

где $T_{\text{сут}} = 24$ часа.

Продолжительность работы системы в сутки принята 23 часа (с учётом периодических остановок на промывку оборудования).

Принятая скорость фильтрации в нормальном режиме составляет:

$V_{\text{норм}} = 7 \text{ м}/\text{ч}$ (значение принято в соответствии с рекомендациями СНиП 2.04.03-85, табл. 52).

Расход воды на промывку фильтров учитывается с использованием удельного расхода промывной воды:

$$q_{\text{пу}} = W_{\text{пр}} \cdot 3,6 \cdot \frac{t_{\text{пр}}}{60} \cdot n, \text{ м}^3/\text{м}^2 \quad (2.11)$$

где $W_{\text{пр}}$ – интенсивность промывки;
 $t_{\text{пр}}$ – время промывки;
 $n_{\text{пр}}$ – количество промывок в сутки.

Рассчитанный удельный расход промывной воды:

$$q_{\text{пу}} = (10 \cdot 3,6) \cdot \frac{10}{60} \cdot 1 = 6 \text{ м}^3/\text{м}^2$$

Полная расчётная площадь фильтрации:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\text{сут}} + q_{\text{пу}}}{(24 - n_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пп}}) \cdot V_{\text{норм}}}, \text{ м}^2 \quad (2.12)$$

где $t_{\text{пп}}$ – время простоя на промывку.

Подставляя значения:

$$F_{\phi} = \frac{438 + 6}{(24 - 0,2) \cdot 7} \approx 2,64 \text{ м}^2$$

Количество фильтров принимается 2 шт. (по расчёту с учётом резерва).
 Площадь одного фильтра вычисляется по формуле 2.6:

$$F_{1\phi} = \frac{2,64}{2} = 1,32 \text{ м}^2$$

Диаметр одного фильтра определяется как:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{1\phi}}{\pi}}, \text{ м} \quad (2.13)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,32}{\pi}} = 1,3 \text{ м}$$

Таким образом, для третьей линии требуется установка двух фильтров диаметром около 1,3 м каждый. Для третьей линии сточные воды проходят стадии флотации, механической фильтрации и осмоса. После очистки пермеат

направляется на повторное использование (в систему охлаждения), а концентрат направляется на дальнейшую переработку.

В таблице 2.10 представлены данные о сточных водах по третьей линии.

Таблица 2.10 – Поток сточных вод движущихся по третьей линии

№ потока	Источник	Приемник	Q (м³/ч)	Масло (мг/л)	NH ₃ (мг/л)	NO ₃ (мг/л)	Взвеш. в-ва (мг/л)
3.1	Акк.усреднитель 3	Флотатор 3	21,3	50	10	40	200
3.2	Флотатор 3	Промежуточный резервуар 3	21,0	5	10	40	10
3.3	Промежуточный резервуар 3	Мех. фильтр	21,0	5	10	40	10
3.4	Мех. фильтр	Осмос 1	21,0	2	10	40	2
3.5	Осмос 1	Пермеат	20,0	0	9	38	0
3.6	Осмос 1	Концентрат	1,0	0	1	2	2
3.7	Пермеат	Градирия	20,0	0	9	38	0

2.4.8 Расчет и обоснование параметров очистки по четвертой линии

Поступление морской воды осуществляется с морского водозабора в объёме 3010 м³/ч. Основная задача – предварительная механическая очистка от взвешенных веществ и последующая частичная обессолка воды путём применения обратного осмоса для нужд производства. Очистка проводится в несколько этапов:

- а) механическая фильтрация – удаление крупных механических примесей;
- б) тонкая фильтрация через песчаные фильтры;
- в) обратный осмос – разделение воды на пермеат и концентрат.

Расчётные параметры:

Средний часовой расход воды $Q_{\text{ср. час}} = 3010 \text{ м}^3/\text{ч}$

Расчёт площади фильтра (F_{ϕ}). Площадь фильтра определяется делением объёма воды на скорость фильтрации. Это обеспечивает эффективную обработку воды без превышения допустимой нагрузки на фильтрующий материал. Формула 5:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\text{ср. час}}}{V_{\phi}}, \text{ м}^2 \quad (2.14)$$

Принимаем $V_{\phi} = 8 \text{ м}/\text{ч}$, тогда:

$$F_{\phi} = \frac{3010}{8} = 376,25 \text{ м}^2$$

Принимаем нормативное значение скорости промывки для песчаных фильтров – 15 м/ч, что обеспечивает качественное удаление загрязнений с фильтрующего слоя.

Фактический объём воды для промывки ($V_{\text{фак}}$) рассчитывается произведением расхода воды на длительность промывки. Это позволяет учесть реальное количество воды, необходимое для одного цикла промывки.

$$V_{\text{фак}} = Q_{\text{пр}} \cdot t, \text{ м}^3 \quad (2.15)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – расход воды на промывку, м³/ч;
 t – длительность промывки, ч.

$$Q_{\text{пр}} = 376,25 \cdot 15 = 5643,75 \text{ м}^3/\text{ч}$$

При $t = 15$ минут = 0,25 ч:

$$V_{\text{фак}} = 5643,75 \cdot 0,25 = 1410,94 \text{ м}^3$$

Расчёт эффективности установки обратного осмоса рассчитывается как отношение объёма полученного пермеата к объёму поданной воды, что позволяет оценить производительность установки и степень использования исходной воды. Тогда мы получаем:

$$\eta = \frac{Q_{\text{пермеат}}}{Q_{\text{подача}}} \cdot 100, \text{ м}^2 \quad (2.16)$$

где:

$$Q_{\text{пермеат}} = \frac{1505 + 1800}{2} = 1652,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

При $Q_{\text{подача}} = 3010 \text{ м}^3/\text{ч}$:

$$\eta = \frac{1652,5}{3010} \cdot 100 \approx 54,9\% \text{ м}^2$$

Отсюда исходит вывод, что эффективность данной установке равна 55%. В таблице 2.11 представлены данные о сточных водах по четвертой линии.

Таблица 2.11 – Потoki сточных вод движущихся по четвертой линии (морская вода)

№ потока	Источник	Приемник	Q (м ³ /ч)	Масло (мг/л)	NH ₃ (мг/л)	NO ₃ (мг/л)	Взвеш. в-ва (мг/л)
4.1	Морская вода	Песчаный фильтр	125,4	50	5	10	200
4.2	Песчаный фильтр	Угольный фильтр	125,4	5	5	10	10
4.3	Угольный фильтр	Осмос 1	125,4	2	5	10	2
4.4	Осмос 1	Пермеат	90,4	0	4	8	0
4.5	Осмос 1	Концентрат	35,0	0	1	2	2
4.6	Пермеат	Градирня	90,4	0	4	8	0
4.7	Концентрат	Осмос 2	35,0	0	1	2	2
4.8	Осмос 2	Пермеат	30,0	0	0,9	1,5	0
4.9	Осмос 2	Концентрат	5,0	0	0,1	0,5	2

3 Эколого-экономическое обоснование проекта

3.1 Обоснование необходимости модернизации очистных сооружений и выбор оборудования

ТОО «КазАзот» осуществляет деятельность, связанную с образованием сточных вод, содержащих аммоний, нитраты, нефтепродукты и взвешенные вещества. Существующие очистные мощности требуют доработки качества очистки сточных вод для нового промышленного объекта, в соответствии с требованиями Экологического кодекса Республики Казахстан и санитарных норм. Недостаточная очистка сточных вод может привести к штрафным санкциям, приостановке деятельности и нанесению экологического ущерба. Модернизация системы очистки сточных вод с внедрением современных технологий является необходимой мерой для соответствия нормативным требованиям и обеспечения устойчивого развития предприятия.

Для очистки сточных вод выбрана комбинированная технологическая схема, включающая механическую очистку, флотацию, фильтрацию, обратный осмос и выпарку концентрата. Подбор оборудования осуществлялся с учётом расчётных расходов сточных вод и требований к качеству очищенной воды. Основное технологическое оборудование приведено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Основное технологическое оборудование установки очистки сточных вод Unit 59.

№	Оборудование	Производитель
1	Флотатор ФЛФ-50 и ФЛФ-10	Eco-Systema
2	Песчаные и сорбционные фильтры ФОВ 2.6-0.6	KazMC
3	Установка обратного осмоса AWT RO-10/8040	AWT Water Technologies
4	Выпарная установка	Проектное решение
5	Станции дозирования реагентов	Eco-Systema
6	Ионообменные фильтры Canature 3672	Canature

Флотаторы ФЛФ-50 и ФЛФ-10 производства Eco-Systema применяются для удаления взвешенных веществ и нефтепродуктов с использованием технологии напорной флотации. Устройства оснащены системой насыщения воды воздухом и автоматическим удалением плавающего шлама.

Песчаные и сорбционные фильтры ФОВ 2.6-0.6 от KazMC обеспечивают дополнительную доочистку после флотации и удаление остаточных механических примесей, коллоидов и нефтепродуктов. Фильтрация осуществляется в гравитационном или напорном режиме.

Установка обратного осмоса AWT RO-10/8040 предназначена для глубокой мембранной очистки от растворённых веществ (аммиака, нитратов, ионов металлов). Установка оснащена модулем предварительной фильтрации и системой контроля давления и производительности.

Выпарная установка сконструирована для концентрирования оставшихся загрязнений и уменьшения объема сброса. Тепловая энергия используется для испарения воды с последующим разделением пара и концентрата.

Станции дозирования реагентов Eco-Systema обеспечивают точное дозирование коагулянтов, флокулянтов и щелочей, необходимых на стадиях флотации и ионного обмена.

Ионообменные фильтры Canature 3672 удаляют остаточные ионы аммония, кальция, магния и других примесей, обеспечивая финальную доочистку перед мембранной стадией.

3.2 Расчет капитальных и эксплуатационных затрат

На основании результатов подбора оборудования сформированы капитальные затраты на реализацию проекта очистных сооружений Unit 59. В таблице 3.2 представлены капитальные затраты на оборудование.

Таблица 3.2 – Структура капитальных затрат на оборудование установки Unit 59

Наименование	Кол-во	Цена, USD	Сумма, USD
Флотаторы ФЛФ-50 и ФЛФ-10	2	45000	90000
Песчаные и сорбционные фильтры ФОВ 2.6-0.6	6	12000	72000
Станции дозирования реагентов	3	8500	25500
Установка обратного осмоса AWT RO-10/8040	2	37000	74000
Ионообменные фильтры Canature 3672	2	11500	23000
Выпарная установка	1	260000	260000
Конденсатор пара	1	40000	40000
Насосное оборудование	4	6000	24000
Ёмкости (пермеат, концентрат)	2	5000	10000
Система управления и автоматика	1	55000	55000
Контрольно-измерительные приборы	1	18000	18000
Щит электропитания	1	18000	18000
Монтажные и пусконаладочные работы	-	-	192000
ИТОГО			902500

В капитальные затраты включены:

- закупка основного технологического оборудования (флотаторы, фильтры, установки обратного осмоса, станции дозирования);
- закупка вспомогательных емкостей и резервуаров;
- комплектующие и трубопроводная арматура.

Ориентировочная стоимость оборудования составляет 902 500 USD. Данная стоимость не включает расходы на строительно-монтажные работы, проектно-сметную документацию, пуско-наладочные работы и доставку оборудования. Таким образом, капитальные затраты на закупку оборудования составляют 100% прямых затрат на технологическую часть проекта.

Основные статьи эксплуатационных расходов установки Unit 59 включают:

- энергетические затраты на работу насосного оборудования, флотаторов и установок обратного осмоса;
- расход химических реагентов для процессов флотации и защиты мембран;
- обслуживание оборудования: замена фильтрующих элементов, обслуживание насосов и мембранных модулей;
- плановые профилактические работы.

Оценка эксплуатационных затрат произведена следующим образом:

Энергетические затраты:

- средняя потребляемая мощность оборудования: около 150–180 кВт;
- средняя продолжительность работы: 20–22 часа в сутки;
- тариф на электроэнергию для промышленности: 0,06–0,08 USD за 1 кВт·ч.

Расчёт:

$$E = P \cdot T_{\text{год}} \cdot C_e, \text{ USD/год} \quad (3.1)$$

$$E = 180 \cdot 22 \cdot 365 \cdot 0,07 = 100800 \text{ USD/год}$$

С учётом коэффициента использования мощности (~35%):

$$E = 100800 \cdot 0,35 = 35280 \text{ USD/год}$$

Расход химических реагентов:

- ориентировочные расходы: 8–10 т/год;
- средняя стоимость реагентов: 1500–1800 USD/т.

Расчёт:

$$C_{\text{реаг}} = q_{\text{реаг}} \cdot c_{\text{реаг}}, \text{ USD/год} \quad (3.2)$$

$$C_{\text{реаг}} = 9 \cdot 1600 = 14400 \text{ USD/год}$$

Также стоит учесть плановые ремонты и замена расходных элементов: 5 000–7 000 USD/год.

Итого эксплуатационные затраты в год:

- электроэнергия: ~35 000 USD;
- химические реагенты: ~14 000 USD;

- обслуживание: ~6 000 USD.
Общая сумма: ~55 000 USD/год.

3.3 Экономический эффект и срок окупаемости проекта

Экономический эффект от внедрения установки очистки сточных вод Unit 59 складывается из возврата очищенной воды для повторного использования и предотвращения штрафных санкций.

Расчёт возврата воды основан на перерабатываемом объёме сточных вод 3000–3500 м³/сутки и эффективности установки обратного осмоса 50–55%. Ожидаемый объём возврата очищенной воды составляет ~1600–1800 м³/сутки. Тариф на воду для промышленности — 1 USD/м³.

Расчёт годовой экономии на возврате воды:

$$C_{\text{воды}} = V_{\text{в.воды}} \cdot c_{\text{воды}} \cdot T_{\text{год}}, \text{ USD/год} \quad (3.3)$$

$$C_{\text{воды}} = 1800 \cdot 1 \cdot 365 = 657000 \text{ USD/год}$$

С учётом технологических потерь (20%):

$$C_{\text{ф.воды}} = 657000 \cdot 0,2 = 131400 \text{ USD/год}$$

Экономия на предотвращении штрафов: минимальная экономия на штрафах за превышение ПДК составляет ~10 000 USD/год. Итоговая расчётная экономия составляет: ≈ 130 000 USD/год.

Инвестиционные затраты на закупку оборудования составляют 902 500 USD.

Оценка годовой экономии включает:

- возврат очищенной воды: ~120 000–130 000 USD/год;
- предотвращение штрафов: ~10 000 USD/год.

Суммарная годовая экономия составляет около 130 000 USD.

Расчёт срока окупаемости проекта:

$$T = \frac{K_{\text{сум}}}{E_{\text{год}}}, \text{ год} \quad (3.4)$$

$$T = \frac{902500}{130000} = 6,9 \text{ лет}$$

Таким образом, проект окупится в течение 6–7 лет эксплуатации.

3.4 Расчет эколого-экономической эффективности

Для оценки экономической эффективности проекта очистки сточных вод использовали методику, предложенную Исаенко С. А. (2008), в которой абсолютная эффективность капитальных вложений рассчитывается:

$$E_p = \frac{\sum_j (\Delta_{uj} - C)}{K_{\text{сум}}}, \text{ год} \quad (3.5)$$

где Δ_{uj} – годовой экономический эффект от мероприятия (например, экономия от возврата воды, предотвращение штрафов);

C – годовые эксплуатационные расходы;

K – капитальные вложения.

Расчет:

Δ_{uj} – 134 100

C – 55 000

K – 902 500

$$E_p = \frac{134100 - 55000}{902500} = \frac{79100}{902500} = 0,0876$$

Согласно методике, нормативный критерий эффективности составляет $E_n = 0,12$. Поскольку $E_p = 0,0876 < 0,12$, проект формально не достигает порогового значения. Однако, как отмечено в статье, при реализации мероприятий с высокой экологической значимостью допускается отклонение от нормативного критерия, если проект обеспечивает существенное снижение негативного воздействия на окружающую среду и соответствует стратегическим экологическим целям. Итоговые показатели будут представлены в таблице 3.3.

Вывод: несмотря на то, что показатель E_p ниже нормативного значения, проект обладает высокой экологической эффективностью, что оправдывает его реализацию с точки зрения устойчивого развития и охраны окружающей среды.

Реализация проектируемой системы очистки обеспечит снижение нагрузки на водные ресурсы, повышение ресурсной эффективности предприятия, а также полное соответствие требованиям Экологического кодекса Республики Казахстан и санитарных норм.

Расчёт срока окупаемости показал, что проект Unit 59 полностью окупает затраты в течение 6–7 лет эксплуатации, что соответствует критериям инвестиционной эффективности согласно требованиям Экологического кодекса Республики Казахстан.

Таблица 3.3 – Итоговая таблица технико-экономических показателей проекта.

№	Показатель	Значение
1	Капитальные затраты на оборудование, USD	902 500
2	Годовая экономия на возврате воды, USD/год	131 400
3	Годовая экономия на предотвращении штрафов, USD/год	10 000
4	Суммарная годовая экономия, USD/год	130 000
5	Годовые эксплуатационные затраты, USD/год	~55 000
6	Расчётный срок окупаемости, лет	6,9
7	Объём возврата очищенной воды, м ³ /сутки	1600–1800
8	Эколого – экономическая эффективность	0,0876

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы был проведён анализ состава и характеристик сточных вод, формируемых в процессе функционирования аммиачно-карбамидного комплекса. Установлено, что данные сточные воды относятся к категории высокоминерализованных и содержат значительные концентрации аммиака, нитратов, нефтепродуктов, а также взвешенных веществ, что исключает возможность их очистки с применением биологических методов.

Разработана принципиальная технологическая схема очистки сточных вод установки Unit 59, включающая следующие этапы: усреднение, флотацию, напорную фильтрацию, дегазацию аммиака, ионный обмен, обратный осмос и выпаривание концентрата. Особенностью предлагаемого решения является комбинирование классических и мембранных методов, позволяющее достичь высокой степени очистки, вплоть до возврата воды в оборот.

В рамках инженерной части выполнены подробные расчёты материального баланса сточных потоков по всем технологическим линиям, а также определены параметры работы каждого этапа системы. Подбор оборудования осуществлён на основании данных по производительности, химическому составу загрязнений и эксплуатационным требованиям, с учётом предложений от ведущих поставщиков (AWT, Eco-Systema, Canature и др.).

Общий объём сточных вод составляет около 3000–3500 м³/сутки. Расчёты показали, что за счёт возврата до 1700 м³/сутки очищенной воды в оборот и предотвращения экологических штрафов, предприятие может достигнуть ежегодной экономии порядка 130 000–134 000 USD. При капитальных затратах на реализацию проекта в размере 902 500 USD и годовых эксплуатационных расходах около 55 000 USD, срок окупаемости составил 6,9 лет, а показатель эффективности по методике Исаенко — 0,0876. Несмотря на незначительное отклонение от нормативного значения (0,12), проект обладает высокой экологической значимостью и стратегическим потенциалом.

Также проект соответствует требованиям Экологического кодекса РК (ст. 222 и 226), санитарным нормам СанПиН № 209 от 2021 года, ГОСТ 17.1.1.01–77 и внутренним регламентам ТОО «КазАзот». Технология очистки может быть внедрена не только на новом производстве, но и в рамках модернизации существующих объектов химической промышленности.

Таким образом, в дипломной работе были достигнуты все поставленные задачи: проанализированы источники загрязнения, предложена и обоснована эффективная схема очистки, выполнены технические и экономические расчёты, подтверждена экологическая и инвестиционная целесообразность проекта. Полученные результаты имеют практическую значимость и могут быть рекомендованы к внедрению на промышленных объектах с аналогичным характером сточных вод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года №400-VI ЗРК.
- 2 Санитарные правила и нормы (СанПиН) №209 «Требования к охране водных ресурсов» от 2021 года.
- 3 Методические рекомендации НИИ ВОДГЕО по расчёту материальных балансов сточных вод.
- 4 ГОСТ 17.1.1.01–77 «Охрана природы. Гидросфера. Основные термины и определения».
- 5 ГОСТ 30333-2007 «Паспорт безопасности химической продукции».
- 6 Иванов В.П. Очистка сточных вод промышленных предприятий: учебное пособие. — М.: Недра, 2018.
- 7 Васильев С.В. Технологии водоподготовки и водоочистки: учебное пособие. — М.: Форум, 2019.
- 8 Коммерческое предложение ТОО «Eco-Systema» на оборудование для флотации и дозирования реагентов.
- 9 Коммерческое предложение компании AWT Water Technologies на установки обратного осмоса.
- 10 Проектное решение ТОО «КазАзот» по разработке технологической схемы установки очистки сточных вод Unit 59.
- 11 Шлемкевич Ю.М. Основы проектирования и эксплуатации водоочистных сооружений. — Алматы: КазНИТУ, 2020.
- 12 Стандарты предприятия ТОО «КазАзот». Внутренние регламенты и паспорта на установки WWT Unit 59. — Актау, 2023.
- 13 Отчёт об устойчивом развитии ТОО «КазАзот» за 2022 год. — Актау, 2023.
- 14 Attachment 1: Basis of Design — KazAzot Internal Design Document for Unit 59. — 2023.
- 15 Мониторинг очистки сточных вод на предприятии ТОО «КазАзот». — Внутренний аналитический отчёт, 2022.
- 16 Общие сведения о предприятии ТОО «КазАзот». — Информационный буклет, 2023.
- 17 Babuna F., et al. Treatment of nitrogen-rich wastewater by membrane bioreactor and reverse osmosis. // Desalination, 2017.
- 18 ГОСТ 9.402–2004. Единая система защиты от коррозии и старения. Методы испытаний антикоррозионной стойкости.
- 19 ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
- 20 Постановление Правительства РК №125 от 2015 года «Об утверждении предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты».
- 21 Смаилов С.К., Тажибаева А.Ж. «Промышленная экология». Учебное пособие. — Алматы: КазНИТУ, 2020.

22 Ecobusiness Group. Отчёты по устойчивому развитию промышленных предприятий Казахстана. — 2023.

23 Сайт АО «АлЭС». Материалы по модернизации и экологии, <https://www.ales.kz/>

24 Сайт Комитета по статистике РК, <https://stat.gov.kz/>.

25 Методика расчёта концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-rascheta-kontsentratsiy>.

26 Расчет максимального суточного слоя дождевых осадков по России и СНГ, Аргель, <https://www.vo-da.ru/tool/layer>.

27 Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. - Ростов в/Д: изд-во «Феникс», 2001. – 576 с.

28 Шилов И.А. Экология. - М.: Высшая школа, 2001.

29 Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. - М.: «ФАИРПРЕСС», 2003.

30 Колумбаева С.Ж., Бильдебаева Р.М. Общая экология. - Алматы: «Қазақ университеті», 2006.

31 6. Охрана окружающей среды. Под ред. С.В.Белова. - М.: Высшая школа, 1991.

32 СТ КазНИТУ-09–2023. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию текстового и графического материала. Алматы: КазНИТУ, 2023.

Приложение А

Таблица А.1 – Характеристика сточных вод, поступающих с участка азотной кислоты на очистку в WWT Unit 59

Юнит	Участок азотной кислоты				
	03.1	03.2	03.3	03.4	03.5
Номер	Кислая сточная вода	Сточная вода	Сточная вода	Сточная вода	Сточная вода
Масло (мг/л)	200	100	10	200	100
NH ₃ (мг/дм ³)	5	5	5	5	5
NO ₃ (мг/дм ³)	60000	5	40	60000	5
Fe (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	200	200	200	200	200
Тв. вещества (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	500	450	25	500	250
Qч (м ³ /ч)	0,1446	0,0167	0,0171	0,1736	0,0347
Qсут (м ³ /день)	3,5	0,40	0,41	4,17	0,8328
Qгод (м ³ /год)	1267	146	150	1522	304,0
Режим	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый
Время работы	24	24	24	24	24
Резервуар/усред.	03-GA-012	03-GA-012	03-GA-012	03-GA-012	03-GA-012

Приложение А

Таблица А.2 – Характеристика сточных вод, поступающих с участка аммиачной селитры на очистку в WWT Unit 59

Юнит	Участок аммиачной селитры					
	04.1	04.7	04.8	40.3	40.4	41.2
Номер	04.1	04.7	04.8	40.3	40.4	41.2
Сток	Сточная вода	Промывочный раствор	Конденсат вакуумного процесса	Ливневая вода	Сточная вода	Сточная вода
Масло (мг/л)	200	-	-	50	200	50
NH ₃ (мг/дм ³)	10	-	4100	2	10	20
NO ₃ (мг/дм ³)	10	300000	600	10	10	40
Fe (мг/дм ³)	-	-	0,01	-	-	-
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	200	200	-	200	-	200
Тв. вещества (мг/дм ³)	75	-	-	-	-	75
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	542,3	-	17343	325	542,3	325
Q _ч (м ³ /ч)	0,42	0,33	3,5	0,4	0,046	0,325
Q _{сут} (м ³ /день)	10	8	167	9,6	1,1	1,3
Q _{год} (м ³ /год)	521	8	167	3504	402	2847
Режим	Прерывистый	Прерывистый 1 год	Прерывистый 1 год	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый
Время работы	24	24	48	24	24	24
Резервуар/усред.	04-AG-001	-	-	40-AG-001	40-AG-001	41-AG- 001

Приложение А

Таблица А.3 – Характеристика сточных вод, поступающих с участка вспомогательных участков на очистку в WWT Unit 59

Юнит	Вспомогательные участки и инженерные сети				
	53.3а	53.3б	53.3с	53.3д	53.3е
Номер	53.3а	53.3б	53.3с	53.3д	53.3е
Сток	Сточная вода	Сточная вода	Сточная вода	Сточная вода	Сточная вода
Масло (мг/л)	-	5	5	5	5
NH ₃ (мг/дм ³)	0,19	0,19	0,19	-	-
NO ₃ (мг/дм ³)	0,6	0,6	0,6	-	-
Fe (мг/дм ³)	0,08	0,08	0,08	-	-
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	37,5	50	50	50	200
Тв. вещества (мг/дм ³)	13350	13350	13350	75	75
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	6,9	33,28	33,38	32,5	200
Q _ч (м ³ /ч)	1,165	74,5	0,3	5,625	0,125
Q _{сут} (м ³ /день)	2,33	1788	2,33	135	3
Q _{год} (м ³ /год)	10205	652620	2551	16425	156
Режим	Непрерывный	Непрерывный	Непрерывный	Непрерывный	Продолжительный
Время работы	24	24	24	24	24
Резервуар/усред.	53-AG-001	53-AG-001	53-AG-001	53-AG-001	53-AG-001

Приложение А

Продолжение таблицы А.3

Юнит	Вспомогательные участки и инженерные сети				
Номер	53.4а	53.4б	53.4с	53.5	11.9
Сток	Сточная вода	Сточная вода	Сточная вода	Система сдерживания разливов	Продувка после очистки
Масло (мг/л)	-	5	20	20	-
NH ₃ (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
NO ₃ (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
Fe (мг/дм ³)	-	0,01	0,01	0,01	0,01
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	-	100	100	100	-
Тв. вещества (мг/дм ³)	-	0,125	0,125	0,125	-
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	-	500	500	500	-
Q _ч (м ³ /ч)	4,74	8,83	0,5	0,125	14,17
Q _{сут} (м ³ /день)	113,76	212	11	3	340
Q _{год} (м ³ /год)	41522	77380	574	156	376
Режим	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый
Время работы	24	24	24	24	24
Резервуар/усред.	53-AG-002	53-AG-002	53-AG-002	53-AG-001	11-AG-001

Приложение А

Продолжение таблицы А.3

Юнит	Вспомогательные участки и инженерные сети				
	11.11	12.12	12.13	12.14	12.15
Сток	Вода из системы сдерживания разливов	Вода из системы сдерживания разливов	Вода из системы сдерживания разливов	Сточная вода	Дренаж
Масло (мг/л)	20	50	50	50	-
NH ₃ (мг/дм ³)	-	10	10	10	10
NO ₃ (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
Fe (мг/дм ³)	0,01	-	-	-	-
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	100	200	200	200	-
Тв. вещества (мг/дм ³)	0,125	-	-	-	75
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	500	325	325	325	-
Q _ч (м ³ /ч)	0,125	0,68	0,83	0,21	0,83
Q _{сут} (м ³ /день)	3	16,4	20	5	20
Q _{год} (м ³ /год)	156	200	1043	60	20
Режим	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый
Время работы	24	24	24	24	24
Резервуар/усред.	11-AG-001	12-AG-001 12-GA-007	12-AG-002 12-GA-005	12-GA-004	12-AG-001 12-GA-007

Приложение А

Продолжение таблицы А.3

Юнит	Вспомогательные участки и инженерные сети				
	13.17	13.18	14.20	14.21	51.28
Сток	Конденсат факельной системы	Дренаж	Вода из системы сдерживания разливов	Вода из системы сдерживания разливов	Продувка после очистки
Масло (мг/л)	100	-	-	-	-
NH ₃ (мг/дм ³)	-	-	180000	180000	-
NO ₃ (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
Fe (мг/дм ³)	-	-	-	-	0,01
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
Тв. вещества (мг/дм ³)	-	-	75	75	-
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	250	-	761400	761400	-
Q _ч (м ³ /ч)	1,78	0	0,075	0,083	0,42
Q _{сут} (м ³ /день)	76	0	1,8	2	10
Q _{год} (м ³ /год)	154	0	22	24	10
Режим	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	прерывистый	Прерывистый
Время работы	48	0	24	24	24
Резервуар/усред.	13-GA-003 А/В	13-ПК-003	14-AG-001	14-AG-002	11-AG-001

Приложение А

Продолжение таблицы А.3

Юнит	Вспомогательные участки и инженерные сети				
	55.29	55.30	55.32	55.33	55.34
Сток	Водяной конденсат	Водяной конденсат	Водяной конденсат	Дренаж	Дренаж
Масло (мг/л)	-	-	-	-	-
NH ₃ (мг/дм ³)	-	-	--	--	-
NO ₃ (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
Fe (мг/дм ³)	0,01	0,01	0,01	-	-
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	-	-	-	--	-
Тв. вещества (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	-	-	-	-	-
Q _ч (м ³ /ч)	0,24	0	0,021	-	-
Q _{сут} (м ³ /день)	5,76	0	0,504	0	0
Q _{год} (м ³ /год)	2102	0	184,0	-	-
Режим	Непрерывный	Нормальный (постоянный) режим работы	Нормальный (постоянный) режим работы	Прерывистый	Прерывистый
Время работы	24	0	24	0	0
Резервуар/усред.	11-AG-001	11-AG-001	11-AG-001	11-AG-001	11-AG-001

Приложение А

Продолжение таблицы А.3

Юнит	Вспомогательные участки и инженерные сети				
	55.35	55.36	55.37	56.38	56.39
Номер	55.35	55.36	55.37	56.38	56.39
Сток	Дренаж	Дренаж	Дренаж	Дренаж	Дренаж
Масло (мг/л)	-	-	-	-	-
NH ₃ (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
NO ₃ (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
Fe (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
Тв. вещества (мг/дм ³)	-	-	-	-	-
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	-	-	-	-	-
Q _ч (м ³ /ч)	-	0	0	0	0
Q _{сут} (м ³ /день)	0	0	-	-	-
Q _{год} (м ³ /год)	-	-	-	-	-
Режим	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый
Время работы	0	0	0	0	0
Резервуар/усред.	11-AG-001	11-AG-001	11-AG-001	53-AG-001	53-AG-001

Приложение А

Продолжение таблицы А.3

Юнит	Вспомогательные участки и инженерные сети				
	56.40	56.41	54.42	54.43	54.44
Номер	56.40	56.41	54.42	54.43	54.44
Сток	Дренаж	Дренаж	Обратная промывка (фильтров)	Обратная промывка (фильтров)	Обратная промывка (фильтров)
Масло (мг/л)	-	-	-	-	-
NH ₃ (мг/дм ³)	-	-	0,19	-	0,19
NO ₃ (мг/дм ³)	-	-	0,6	-	0,6
Fe (мг/дм ³)	-	-	0,08	0,01	0,08
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	-	-	86	16,3	7,8
Тв. вещества (мг/дм ³)	-	-	13350	0,125	13350
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	-	-	86	16,3	7,8
Q _ч (м ³ /ч)	-	0	6,3	0,41	21
Q _{сут} (м ³ /день)	-	0	13,58	3,31	503
Q _{год} (м ³ /год)	-	0	55100	3624	183960
Режим	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый	Прерывистый
Время работы	0	0	24	24	24
Резервуар/усред.	53-AG-001	53-AG-001	53-AG-001	53-AG-001	53-AG-001

Приложение А

Продолжение таблицы А.3

Юнит	Вспомогательные участки и инженерные сети			
Номер	54.47	54.51	54.52	05.58
Сток	Система сдерживания разливов	Открытый лоток и самосбросный перелив	Самосбросный перелив	Ливневая вода
Масло (мг/л)	20	-	-	50
NH ₃ (мг/дм ³)	-	0,19	0,19	5
NO ₃ (мг/дм ³)	-	0,6	0,6	10
Fe (мг/дм ³)	0,01	0,08	0,08	-
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	100	37,5	37,5	200
Тв. вещества (мг/дм ³)	0,125	13350	13350	-
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	500	6,9	6,9	325
Q _ч (м ³ /ч)	0,3	32,4	11,643056	7,3
Q _{сут} (м ³ /день)	7	776,8	838,3	348
Q _{год} (м ³ /год)	365	859	927	4234
Режим	Прерывистый	Прерывистый 1 год	Прерывистый 1 год	Аварийный / прерывистый сброс
Время работы	24	24	72	48
Резервуар/усред.	53-AG-001	53-AG-001	53-AG-001	11-AG-001

Приложение А

Продолжение таблицы А.3

Юнит	Вспомогательные участки и инженерные сети	
Номер	05.59	53.2
Сток	Ливневая вода	Шлам
Масло (мг/л)	50	1000
NH ₃ (мг/дм ³)	5	-
NO ₃ (мг/дм ³)	10	-
Fe (мг/дм ³)	-	-
Взвеш. в-ва (мг/дм ³)	200	200
Тв. вещества (мг/дм ³)	-	-
ХПК (мгО ₂ /дм ³)	325	-
Q _ч (м ³ /ч)	7,3	0,27
Q _{сут} (м ³ /день)	348	6,4704
Q _{год} (м ³ /год)	4234	2362
Режим	Аварийный / прерывистый сброс	Нормальный (постоянный) режим работы
Время работы	48	24
Резервуар/усред.	12-AG-001, 12-GA-007; 12-AG-002, 12-GA-005; 12-GA-004	53-ПК-001

Приложение Б

Таблица Б.1 – Основное технологическое оборудование установки Unit 59

№	Оборудование	Модель/Марка	Производитель	Кол-во	Основные характеристики	Цена за 1 шт (USD)	Итого (USD)
1	Станция дозирования щелочи	РДД2PP-500	Eco-Systema	1	500 л	2800	2800
2	Станция дозирования коагулянта	РДА2PP-1000/1000	Eco-Systema	1	1000 л	4200	4200
3	Станция дозирования флокулянта	УПФ-1000	Eco-Systema	1	1000 л/ч	6500	6500
4	Флотатор	ФЛФ-50	Eco-Systema	2	50 м ³ /ч	28000	56000
5	Буферный резервуар	Индивидуальный	Местный завод	1	50 м ³	8000	8000
6	Станция дозирования NaOCl	РДД1PP-920	Eco-Systema	1	920 л	2700	2700
7	Пеногаситель	OG-2000	Маркет РФ	2	1 л	1800	3600
8	Цеолитовый фильтр	ФОВ 2.6-0.6	KazMC	3	2.6 м	9500	28500
9	Сорбционный фильтр	ФОВ 2.6-0.6	KazMC	3	2.6 м	9500	28500
10	Шламовый резервуар	SB15_ЗБ1ФК2М	Anion-МСК	2	11,5 м ³	6200	12400
11	Обезвоживатель осадка	Amcon ES-353	Amcon (Япония)	1	4455×2100×2270 мм	34000	34000
12	Станция дозирования щелочи	РДА2Н-200Р/200Р	Eco-Systema	1	200 л	1800	1800
13	Станция дозирования коагулянта	РДА2Н-200Р/200Р	Eco-Systema	1	200 л	1800	1800
14	Станция дозирования флокулянта	УПФ-300	Eco-Systema	1	300 л/ч	4800	4800

Приложение Б

Продолжение таблицы Б.1

№	Оборудование	Модель/Марка	Производитель	Кол-во	Основные характеристики	Цена за 1 шт (USD)	Итого (USD)
15	Флотатор	ФЛФ-10	Eco-Systema	1	10 м ³ /ч	13000	13000
16	Пеногаситель	F-500	Polimer Group	1	500 л	1200	1200
17	Станция дозирования NaOCl	РДД1РР-190	Eco-Systema	1	500 л	1700	1700
18	Буферный резервуар	Индивидуальный	Местный завод	1	15 м ³	7000	7000
19	Цеолитовый фильтр	Canature 3672	Canature	3	930×930×2150 мм	1800	5400
20	Сорбционный фильтр	Canature 3672	Canature	3	930×930×2150 мм	1800	5400
21	Резервуар чистой воды	Индивидуальный	Местный завод	1	140 м ³	6500	6500
22	Шламовый резервуар	ФМ-3000	Экопром	2	3000 л	4500	9000
23	Обезвоживатель осадка	Amcon ES-201	Amcon (Япония)	1	2490×870×1160 мм	22000	22000
24	Выпарная установка	3000×12000×4000	Проектное решение	1	-	180000	180000
25	Установка обратного осмоса	AWT RO-10/8040	AWT Water Technologies	1	10 м ³ /ч	17000	17000
26	Установка обратного осмоса	AWT RO-10/8040	AWT Water Technologies	1	10 м ³ /ч	17000	17000
27	Песчаный фильтр	ФОВ 2.6-0.6	KazMC	4	2.6 м	8700	34800
28	Сорбционный фильтр	ФОВ 2.6-0.6	KazMC	4	2.6 м	8700	34800
29	Отдувка аммиака	Индивидуальный	Проектное решение	2	2000×2000×4000	30000	60000
30	Буферный резервуар	Индивидуальный	Местный завод	1	10 м ³	6500	6500
31	Ионообменный фильтр	Canature 3672	Canature	3	930×930×2150 мм	1800	5400
32	Буферный резервуар	Индивидуальный	Местный завод	1	10 м ³	7000	7000

Приложение Б

Продолжение таблицы Б.1

№	Оборудование	Модель/Марка	Производитель	Кол-во	Основные характеристики	Цена за 1 шт (USD)	Итого (USD)
33	Резервуар чистой воды	Индивидуальный	Местный завод	1	20 м ³	8000	8000
34	Фильтр-пресс	Проектное решение	Индивидуальный проект	1	2000×5000 мм	25000	25000

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу

Ермен Малики Ержанқызы

6B05206 – «Инженерная экология»

Тема: «Разработка технологии очистки производственных сточных вод для предприятий
химической промышленности по производству удобрений»

Цель проекта: Разработка эффективной и экономически обоснованной технологии очистки производственных сточных вод аммиачно-карбамидного комплекса АО «КазАзот» с достижением нормативных показателей по аммиаку, нитратам и нефтепродуктам.

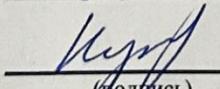
Перед дипломником были поставлены следующие задачи:

- 1) Проанализировать состав производственных сточных вод аммиачно-карбамидного комплекса и существующих методов их очистки;
- 2) Разработать принципиальную технологическую схему очистки сточных вод с использованием методов флотации, фильтрации, обратного осмоса и выпарки;
- 3) Подобрать основное оборудование для очистных сооружений на основе расчётных характеристик сточных вод;
- 4) Рассчитать эколого-экономическое обоснование технологии и обосновать соответствие проектируемой технологии требованиям экологических норм и стандартов.

Ермен Малика выполнила все поставленные задачи, используя актуальные данные предприятия, самостоятельно по каждой технологической стадии ею сделаны расчеты, предложена схема очистки для АО «КазАзот», соответствующую требованиям Экологического кодекса РК и санитарным нормам. В процессе выполнения работы проявила исключительную самостоятельность, аналитическое мышление, уверенно оперировала нормативной и технической базой, показала знание экологических стандартов и инженерных расчетов в рамках ОП 6B05206 - Инженерная экология.

В целом работа выполнена в соответствии со стандартами, и заслуживает оценки «отлично» (95 баллов, А).

Научный руководитель
асс. профессор, к.т.н.


Нурмакова С. М.

(подпись)
«05» июня 2025 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на Дипломную работу

Ермен Малика Ержанқызы

6B05206 – Инженерная экология

На тему: «Разработка технологии очистки производственных сточных вод для предприятий химической промышленности по производству удобрений»

Выполнено:

- а) графическая часть на 3 листах
- б) пояснительная записка на 65 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа посвящена актуальной задаче — разработке эффективной технологии очистки производственных сточных вод на примере нового аммиачно-карбамидного комплекса АО «КазАзот». В работе представлено технико-экономическое обоснование проектируемой схемы, включая подбор оборудования, расчет материального баланса, фильтрации, выпарки и обратного осмоса. Анализ существующей системы очистки позволил обосновать необходимость внедрения усовершенствованных методов с целью повышения эффективности и повторного использования воды.

Расчеты выполнены с учетом нормативных документов: Экологического кодекса РК, СанПиН-ов, методических расчетов НИИ ВОДГЕО.

Замечание: не рассмотрены риски аварийных сбросов, не предусмотрены мероприятия по их минимизации.

Оценка работы

Сделанные замечания не снижают качества выполненной работы. Студентка 4 года обучения Ермен М. Е. по образовательной программе 6B05206 «Инженерная экология» заслуживает оценки 95%.

Доктор Р.Б. ассистент профессор
Тегемова Ш.Б.

« 05 » _____ 2025 г.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ермен Малика Ержанқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка технологии очистки производственных сточных вод для предприятий химической промышленности по производству удобрений

Научный руководитель: Сауле Нурмакова

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 345

Знаки из других алфавитов: 55

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование: Совпадение и заимствование не изменяет суть работы и не нарушает самостоятельный характер работы.

Дата 02.06.25

Жау Карсенбаев С.О. проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ермен Малика Ержанқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Разработка технологии очистки производственных сточных вод для предприятий химической промышленности по производству удобрений

Научный руководитель: Сауле Нурмакова

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 345

Знаки из здругих алфавитов: 55

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 02.06.2025

Заведующий кафедрой ХПсПЗ
Куд Кубекова Ш.Н.