

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический
университет имени К. И. Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова

Кафедра «Химической и биохимической инженерии»

Муминов Данийал

Очистка природной воды полиоксихлоридом алюминия
на основе активированных сплавов алюминия

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 6В05101- Химическая и биохимическая
инженерия

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический
университет имени К. И. Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова

Кафедра «Химической и биохимической инженерии»

биохимической

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

«Химической

и

инженерии», PhD

_____ Амитова А.А

«__» _____ 2022г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Очистка природной воды полиоксихлоридом
алюминия на основе активированных сплавов алюминия»

по специальности: 6В05101 Химическая и биохимическая
инженерия

Выполнил

Муминов Д.А.

Рецензент

Научный руководитель

"__" _____ 20__ г.

"__" _____ 20__ г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический
университет имени К. И. Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова

Кафедра «Химической и биохимической инженерии»

6B05101 Химическая и биохимическая инженерия

биохимической

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
«Химической

и

инженерии», PhD

_____ Амитова А.А

«__» _____ 2022г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Муминов Данийал

Тема: Очистка природной воды полиоксихлоридом алюминия на основе
активированных сплавов алюминия

Утверждена приказом Ректора Университета № _____ от «__» _____ 20

Срок сдачи законченной работы «__» _____ 2023

Исходные данные к дипломной работе:

Краткое содержание дипломной работы:

- а) литературный обзор*
- б) экспериментальная часть*
- в) результаты и выводы*

Перечень графического материала

Рекомендуемая основная литература: 22 наименований

ГРАФИК

Подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Литературный обзор	17.03.2023	
Экспериментальная часть	21.04.2023	
Результаты и выводы	21.04.2023	

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
Разделы 1-3 дипломной работы			
Нормоконтролер			

Научный руководитель _____

Бойко Г. И.

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Муминов Д.А.

Дата «__» _____ 2023 г.

АННОТАЦИЯ

Объектом исследования в данной дипломной работе являются новые коагулянты полиоксихлориды алюминия, на основе активированных сплавов алюминия: Rau-97, Rau-98 и Rau-98,5.

Выявлено, что полиоксихлориды алюминия являются эффективными коагулянтами для очистки природной воды и урочища «Медеу». Эффективность снижения мутности достигает 95,0- 99,1%, уровень микробной обсемененности и разнообразия бактерий в пробах воды с урочища «Медеу» после обработки снижается до 97,7%

Дипломная работа состоит из:

- 1) 33 страниц;
- 2) 5 рисунков;
- 3) 2 таблиц;
- 4) 22 источников.

АҢДАТПА

Диссертациялық жұмыстың зерттеу объектісі ретінде активтендірілген алюминий қорытпалары (Rau-97, Rau-98 және Rau-98,5) негізіндегі жаңа алюминий полиоксихлоридті коагулянттар болып табылады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты өзеннен алынған суды тазарту сынамаларының тиімділігін бағалау болып табылады. Жайық және Медеу тракттары лайлану параметрлерін және эпидемиологиялық сипаттамасы және әртүрлілігін алюминий полиоксохлоридтерімен өңдеуге дейін және кейін өлшеуге негізделген.

Алюминий полиоксихлоридтері табиғи суды және Медеу трактін тазарту үшін тиімді коагулянттар екені анықталды. Лайлануды төмендету тиімділігі 95,0-99,1%-ға жетеді, тазартудан кейін Медеу трактінен алынған су үлгілеріндегі микробтық ластану деңгейі мен бактериялардың әртүрлілігі 97,7%-ға дейін төмендейді.

Дипломдық жұмыс мыналардан тұрады:

- 1) 33 бет;
- 2) 5 сызба;
- 3) 2 кесте;
- 4) 22 дереккөз

ABSTRACT

The object of research in this thesis work are new aluminum polyoxochloride coagulants based on activated aluminum alloys: Rau-97, Rau-98 and Rau-98.5.

The purpose of the thesis is to evaluate the effectiveness of water purification samples taken from the river Zhaiyk and Medeu tracts based on the measurement of turbidity parameters and epidemiological characteristics before and after treatment with aluminum polyoxochlorides.

It was revealed that aluminum polyoxochlorides are effective coagulants for the purification of natural water and the Medeu tract. The efficiency of turbidity reduction reaches 95.0-99.1%, the level of microbial contamination and diversity of bacteria in water samples from the Medeu tract after treatment decreases to 97.7%

The thesis consists of:

- 1) 33 pages;
- 2) 5 drawings;
- 3) 2 tables;
- 4) 22 sources

СОДЕРЖАНИЕ

- Введение
- Литературный обзор
- 1.1 Теоретические основы процесса коагуляции
- 1.2 Общие сведения о современных коагулянтах на основе алюминия
 - 1.2.1 Композитные коагулянты на основе алюминия
 - 1.2.2 Полиоксихлорид алюминия – универсальный коагулянт
- 1.3 Обзор способов получения гидроксихлорида алюминия
- Экспериментальная часть
- 2.1 Реактивы и материалы
- 2.2 Приборы и посуда
- 2.3 Методики выполненных работ
- 3 Результаты исследований
 - 2.3.1 Методика определения массового содержания хлорид ионов в пробе воды из реки Жайык
 - 2.3.2 Методика определения массового содержания гидрокарбонат ионов в пробе воды из реки Жайык
 - 2.3.3 Методика определения массового содержания сульфат ионов в пробе воды из реки Жайык
 - 2.3.4 Методика определения количества микроорганизмов в пробе воды с урочища «Медеу»
 - 2.3.5 Методика обработки проб воды из реки Жайык и урочища «Медеу» полиоксихлоридами алюминия на основе активированных сплавов алюминия (коагулянты К20, К25, К31) и Аква-аурата 30
- 3 Основные результаты
 - 3.1 Физико-химические свойства пробы воды из реки Жайык, до обработки исследуемыми коагулянтами.
 - 3.2 Оценка эффективности очистки воды из реки Жайык полиоксихлоридами алюминия на основе активированных сплавов алюминия Rau-98 , Rau-98,5 и Аква-Аурата 30
 - 3.3 Бактериологический анализ пробы воды с урочища «Медеу», до и после обработки полиоксихлоридом алюминия на основе активированного сплава алюминия коагулянт Rau-97
- Заключение
- Перечень сокращений
- Список использованной литературы

ВВЕДЕНИЕ

Обоснование актуальности темы дипломной работы. В современном мире проблема водообеспечения стоит на одном из первых мест среди мировых проблем. Природные источники пресных вод с каждым годом все сильнее подвергаются техногенному влиянию, загрязняются, качество воды ухудшается.

В последние годы ужесточаются требования к качеству воды от потребителей, и возникает необходимость ее очистки.

Несмотря на то, что на данный момент существуют множество методов очистки воды, в промышленных масштабах наиболее широко применяются методы, в основе которых лежит использование коагулянтов неорганического или органического состава. Роль процесса коагуляции в очистке питьевых и промышленных вод неопределима. Коагуляция применяется для предварительной очистки воды перед ее умягчением или обессоливанием. Назначение коагуляции - удаление веществ, которые вредно влияют на состояние ионитов, мембран установок обратного осмоса и электродиализа.

При коагуляции появляется возможность удаления взвешенных коллоидных частиц, которые ухудшают органолептические качества воды, такие как вкус, цвет, мутность или запах. Также, стоит отметить, что коллоидные частицы невозможно удалить с помощью процессов отстаивания или фильтрации, что делает процесс коагуляции уникальной в этом аспекте. Коагулянты за счет положительных зарядов, образующихся при гидролизе, позволяют частицам дисперсной фазы сблизиться и объединиться в крупные агрегаты, которые затем можно удалить с помощью процессов осаждения и фильтрации.

Оценка современного состояния решаемой научно-технической проблемы. Наиболее распространенным методом очистки больших объемов воды от грубодисперсных и коллоидных примесей является использование различных типов коагулянтов, включая полиоксихлорид алюминия, коагулянт нового поколения.

Цель и задачи. Оценка эффективности очистки проб воды отобранных с р. Жайык и урочища «Медеу» на основе измерения параметров мутности и бактериологических показателей до и после обработки полиоксихлоридами алюминия

Анализ и оценка эффективности очистки природной воды р.Жайык полиоксихлоридами алюминия на основе активированных сплавов алюминия нового поколения Rau-98 и Rau-98,5.

Анализ воды с урочища «Медеу» на содержание микроорганизмов и оценка эффективности очистки полиоксихлоридом алюминия на основе Rau-97

Объект дипломной работы. Коагулянт на основе активированного сплава алюминия Rau-98, содержащий металлы-активаторы: галлий,

индий по 1,0 массовому проценту, коагулянт, на основе из активированного сплава алюминия Раи-98,5, содержащий металлы-активаторы: галлий, индий, олово (по 0,5 массовых процентов, промышленный коагулянт Аква-Аурат30, пробы воды с реки Жайык, и с урочища Медеу.

Литературный обзор

1.1 Теоретические основы процесса коагуляции

Под коагуляцией рекомендуется понимать сумму мероприятий, направленных на очистку воды от грубой и тонкой взвеси, коллоидно-дисперсных веществ, а также обесцвечивание воды путем введения в обрабатываемую воду специального реагента - коагулянта. При введении коагулянта в обрабатываемой воде образуется осадок - коагулят, который содержит как продукты взаимодействия коагулянта с водой, так и примеси исходной воды. Осадок отделяется от воды, как правило, в осветлителях с последующим до осветлением воды в механических фильтрах или, реже, при прямоточной коагуляции - в механических фильтрах. Коагуляция применяется для предварительной очистки воды перед ее умягчением или обессоливанием. Нормируемыми показателями добавочной воды для всех типов парогенераторов, ядерных реакторов, испарителей и тепловых сетей являются прозрачность и содержание соединений железа; цветность - для тепловых сетей открытого типа. [1,2,3]

Согласно литературным источникам [1,2,3] коагуляция – это процесс, при котором мелкие дисперсные частицы в дисперсной фазе соединяются с образованием более крупных агрегатов, в результате чего дисперсная система автоматически переходит в состояние с более низкой свободной энергией. Как показано в работе[1], большая часть взвешенного материала, присутствующего в водах и сточных водах, являются частицами микроскопических и субмикроскопических размеров. Автор считает[4], что частицы размером менее 10^{-5} мм называются коллоидными. Коллоидные частицы включают минеральные вещества, мелкие агрегаты осажденного и хлопьевидного вещества, ил, бактерии, планктон, вирусы, биополимеры и макромолекулы. Частицы коллоидов и частицы меньших размеров способны сохранять дисперсное состояние. из-за определенных врожденных характеристик, которые способствуют их стабильности. Термин стабильность относится к способности таких частиц оставаться независимыми образованиями в пределах изучаемой системы.

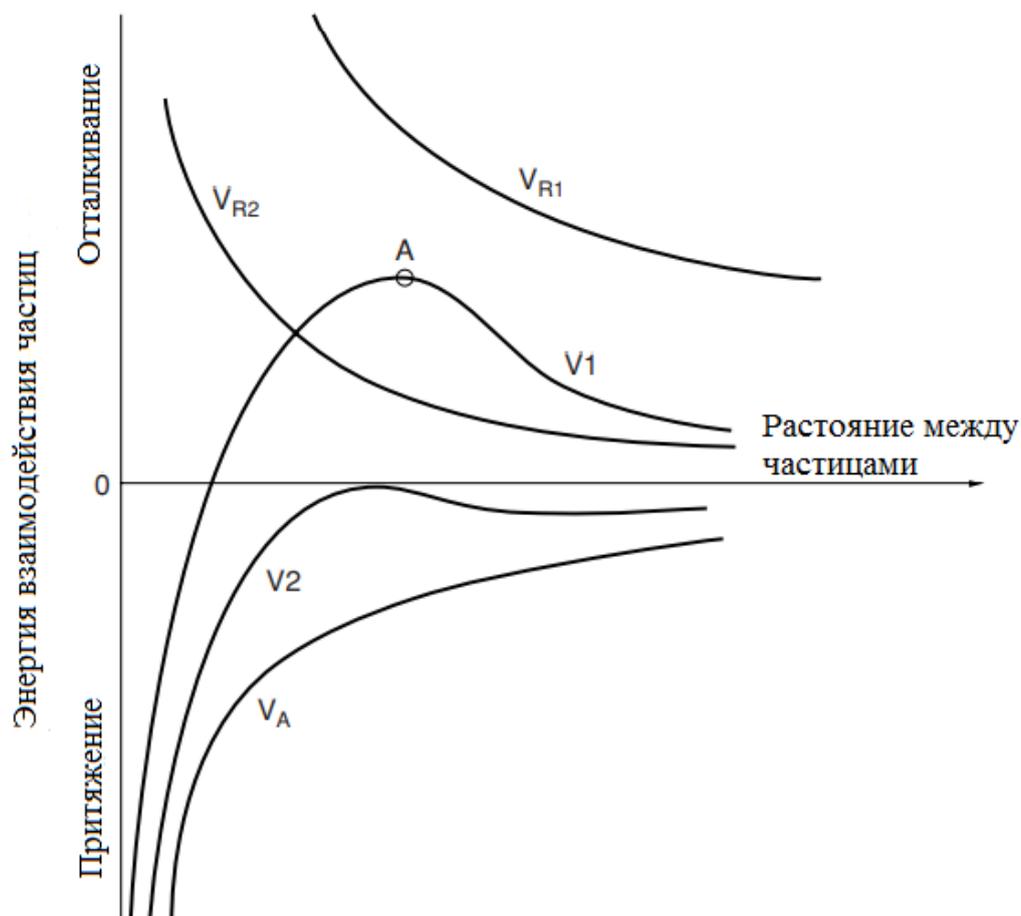
Автор отмечает[1], что стабильность водных коллоидных систем обусловлена наличием заряда на поверхности частиц вследствие диссоциации поверхностных молекул. Поскольку коллоидные вещества являются амфотерными, тип и степень диссоциации зависит от значения рН раствора. Однако при определенных значениях рН эти вещества не диссоциируют, не имеют заряда и могут затвердевать. Такие коллоидные вещества называются изоэлектрическими.

Показано [4], что частицы в коллоидной системе обладают либо положительными или же отрицательными зарядами. Что в свою очередь создает в системе электростатические силы отталкивания (кулоновское

взаимодействие). В купе с силами межмолекулярного притяжения (ван-дер Ваальсовы силы) электростатические силы определяют стабильность коллоидной системы.

Потенциальные кривые взаимодействия между коллоидными частицами и характер изменения энергии отталкивания и энергии притяжения, полученные в работе [1] приведены на рисунке 1. График показывает зависимость расстояния между двумя частицами от сил взаимодействия между ними.

Авторы [1,4] отмечают, что для различных расстояний "х" между частицами существуют два энергетических минимума в области притяжения, где преобладают силы притяжения между частицами, и один энергетический максимум (потенциальный барьер), когда преобладают отталкивающие силы между частицами. По мнению авторов, потенциальный барьер отвечает за агрегатную стабильность коллоидных систем, не позволяя частицам слипаться. Поскольку в природной воде нет сил, способных преодолеть потенциальный барьер, коагуляцию воды проводят путем введения в гетерогенную дисперсную систему специального агента(коагулянта), который при определенных уровнях рН гидролизуются с образованием нерастворимых соединений.



V_A - энергия притяжения; V_{R1} - энергия отталкивания частицы 1; V_{R2} - энергия отталкивания частицы 2, V_1 , V_2 - результирующие кривые для частиц 1 и 2 соответственно, А - точка максимальной потенциальной энергии взаимодействия между частицами.

Рисунок 1 - зависимость расстояния между частицами от результирующих на них сил [1]

Авторами [5] в работе «Коагуляция в технологии очистки природных вод» было установлено, что на процесс коагуляции влияет ряд факторов, включая анионный состав воды, концентрацию водородных ионов (рН) в воде, щелочность воды, соответствующий выбор коагулянта, интенсивность перемешивания, температуру, скорость смешивания коагулянта и воды и содержание природных взвешенных частиц в воде. Установлено, что скорость коагуляции зависит от концентрации смеси электролита, присутствующего в воде, и электролита, введенного в воду вместе с коагулянтом. Установлено, что при низких концентрациях, когда эффективность столкновения частиц близка к нулю, скорость коагуляции увеличивается с ростом концентрации, но не все столкновения эффективны, и такая коагуляция называется медленной. С другой стороны,

при высоких концентрациях электролита все столкновения частиц образуют флокуляцию, и происходит быстрая коагуляция.

При очистке природных вод количество используемого коагулянта зависит от цвета и мутности исходной воды и составляет от 8 до 20 мг/л. При очистке сточных вод соответствующая дозировка коагулянта определяется на основе пробной коагуляции.

1.2 Общие сведения о современных коагулянтах на основе алюминия

В работе [6] авторы проводят краткий обзор современных алюминий содержащих коагулянтов. К их числу относят сульфат алюминия, оксихлорид алюминия, Floram и Praestol 650.

Исследования проводились на пробах воды из рек Иртыш, Тобол и Долгая. Исследования велись в летнее, зимнее и весенние времена с использованием вышеперечисленных коагулянтов и с дополнительной добавкой полиакриламида в некоторых случаях.

В первом случае коагулянт на основе сульфата алюминия эффективнее всего проявил себя в очистке воды зимой, при использовании в смеси с оксихлоридом алюминия в дозировках 12 мг/дм³ и 6 мг/ дм³ соответственно.

В то время как в весенних условиях наиболее эффективным была смесь коагулянтов сульфата алюминия, оксихлорида алюминия и добавлением полиакриламида. Дозировки были 12 мг/дм³, 6 мг/дм³ и 1,5 мг/дм³ соответственно.

Летом же лучшие результаты показали коагулянты Praesol 650, с дозировкой 0,4 мг/дм³ и Floram с дозировкой 0,4 мг/дм³.

Автором [6], отмечается, что коагулянты на основе алюминия, в основном представляют собой соли, образованные слабым основанием (гидроксид алюминия) и сильной кислотой, что облегчает контроль концентрации водородных ионов в воде, так как при гидролизе таких солей из-за амфотерности алюминия рН обрабатываемой воды будет колебаться в районе 6,5–7,5. По мнению авторов[1,2,3,6], этот факт значительно облегчает процесс достижения изоэлектрической точки коагулянта, когда молекулы вышеупомянутых коагулянтов в результате взаимодействия двух противоположно заряженных групп молекул, склеиваются в сферические формы, заодно схватывая коллоидные примеси.

В аналитическом обзоре[7], обсуждаются различные представители алюминийсодержащих коагулянтов, в том числе алюмосиликатные растворы, коагулянты из красного шлама, активированный алюминат кальция и гидроксохлорид алюминия.

По мнению автора[7], алюмосиликатные коагулянты широко используются для очистки сточных вод в химической промышленности. В этом методе очистки промышленная вода и растворы алюмосиликатов непрерывно смешиваются с раствором 12% серной кислоты плюс

концентрат нефелина в качестве реагента. Этот коагулянт широко используется в очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов кобальта, никеля, магния, хрома, марганца, меди, железа и радиоактивных элементов, шлама, красителей, взвешенных частиц и олеагиновых эмульсий.

Коагулянт, синтезированный из красного шлама, описанный в [7], получают путем обработки глинозема 3-5%-ным раствором соляной кислоты. В результате получается твердый остаток, который обрабатывают 50-55%-ным раствором серной кислоты, образуя пульпу, фильтруют и в полученный раствор добавляют концентрированную серную кислоту до общего количества 25-50%.

В течение 10-20 часов приготовленный раствор выдерживают и отделяют от образовавшегося осадка в виде неорганического флокулянта $Al_2(SO_4)_3 \cdot H_2SO_4 \cdot 12H_2O$: массовое соотношение компонентов, Al_2O_3 2-10%, H_2SO_4 всего 40-60%, (в том числе H_2SO_4 свободный 20-40%), остальное H_2O . Отмечается, что коагулянтом очищают в основном щелочные сточные воды.

Музыченко и соавторы [7] подробно описывают активированный коагулянт на основе алюмината кальция, который был впервые получен в начале 2000-х годов путем обработки промежуточных продуктов производства глиноземного шлама 2%-ным раствором, содержащим бикарбонат натрия и сульфат натрия в соотношении 1:1. Коагулянт содержит соединения алюминия, железа, кремния, магния, кальция, натрия и диоксид серы. Синтезированные активированные алюминаты кальция представляют собой водные суспензии с адсорбционными свойствами, по отношению к ионам тяжелых металлов, их солям, растворенным в воде и гидроксидам. Частицы дисперсной фазы способствуют хлопьеобразованию. Авторы обращают внимание, что преимущество коагулянта заключается в том, что ионы алюминия входят в состав нерастворимых соединений, что приводит к снижению содержания алюминия в очищенной воде до нуля. Активированный алюминат кальция эффективен для водоподготовки высококачественной питьевой воды.

1.2.1 Композитные коагулянты на основе алюминия

В работе [2] отмечается, что коагулянты, используемые для очистки как питьевой воды, так и сточных вод, преимущественно являются неорганическими солями железа и алюминия. При добавлении в воду ионы железа или алюминия гидролизуются, формируя ряд продуктов гидролиза металлов. Значительное внимание было уделено приготовлению, смешанного полимерного коагулянта (например, полисульфат-железа-алюминия). Было показано, что они справляются лучше в некоторых случаях по сравнению с обычными коагулянтами, такие как сульфат алюминия или сульфат железа (III).

Отмечается [2] композитные коагулянты могут улавливать

микроорганизмы, такие как *Cryptosporidi-um*, *Giardia*, *Legionella* и вирусы.

Композитные коагулянты в основном получают следующим методом[2]: смесь измельченных металлов разогревают и перемешивают, далее после получения однородной смеси к полученной смеси добавляют реагент в зависимости от синтезируемого коагулянта. Авторы исследовали множество видов композитных коагулянтов, включая коагулянты на основе алюминия и глины, магнетически активированные коагулянты, полученные из пепла горячего сланца и коагулянты на основе титана. Каждый из этих коагулянтов имеет свои преимущества и недостатки, но среди них полиоксихлорид алюминия выделяется больше всех.

1.2.2 Полиоксихлорид алюминия – универсальный коагулянт

Полиоксихлорид алюминия (оксихлорид алюминия, гидроксолорид алюминия) – композитный коагулянт нового поколения, имеющий многочисленные функции в очистке природных, промышленных и сточных вод[8]. Отмечается, что полиоксихлорид алюминия является наиболее распространённых коагулянтов среди алюминийсодержащих коагулянтов.

Полиоксихлориды алюминия эффективны для снижения мутности, содержания нефтепродуктов и различных микроорганизмов. Эффективность синтезированного коагулянта при очистке воды во многом зависит от метода его синтеза и основности.

Оксихлорид алюминия характеризуется тем, что алюминий находится в форме аквагидроксикомплекса, а не иона, как в обычных коагулянтах (сульфат алюминия). Аквагидроксикомплекс имеет высокий заряд, молекулярный вес и удельную площадь поверхности, так как продукты гидролиза способны захватывать, адсорбировать и удалять взвешенные коллоидные примеси в очищенной воде. Оксихлорид алюминия является малоопасным соединением 3-го класса опасности и санитарно-токсикологическим показателем вредности [9].

Общая формула полиоксихлорида алюминия выражена следующим способом: $Al_m(OH)_{(3m-n)}Cl_n$. Наиболее часто используемым является высокоосновной димер с формулой $Al_2(OH)_5Cl$.

Преимуществами применения полиоксихлорида алюминия в сравнении с обычными коагулянтами алюминия (сульфат алюминия) являются [2,8,10]:

- возможность очистки вод при низких температурах;
- более эффективное уменьшение цветности и мутности воды,
- более низкое содержания тяжелых металлов и органических веществ;
- сравнительно низкие дозы коагулянтов;
- более низкое содержание вредных микроорганизмов;
- низкое остаточное содержание алюминия в воде;

- практическое отсутствие изменений со стороны показателя рН;
- сокращение объема образующегося осадка в 2–3 раза;
- избежание первичного хлорирования воды и последующее использование флокулянтов;
- снижение коррозионных процессов водопроводных труб;
- отсутствие образования пены в процессе смешения и коагулирования воды.

Полиоксихлорид алюминия выпускается в двух видах: марка А (водный раствор) и марка Б (гранулированный порошок).

В работе [9] описаны физико-химические свойства раствора полиоксихлорида алюминия марки А, который представляет собой густую, вязкую, бесцветную жидкость без запаха, нелетучую и невоспламеняющуюся. Раствор хорошо растворим в воде. Плотность раствора колеблется между 1080-1500 кг/м³. Температура замерзания зависит от концентрации соли и колеблется между -10 °С и -15 °С.

Авторы отмечают [9], что в твердом виде полиоксихлорид алюминия можно получать в виде порошка, гранул или в виде пластин, которые хорошо растворимы в воде. ПОХА является аморфным и не проявляет гигроскопических свойств. В твердом виде полиоксихлорид алюминия должен храниться в изоляционной упаковке, в закрытых складских помещениях, для избежания от воздействия от солнечных лучей и атмосферных осадков. Температура хранения не более 35 °С.

1.3 Способы получения полиоксихлорида алюминия

В работах [11,12,13], показаны методы получения полиоксихлорида алюминия различными методами.

В работе [11] сообщается метод получения основного полиоксилорида алюминия при помощи взаимодействия металлического алюминия с водным раствором соляной кислоты с массовой концентрацией HCl равной 11%. Для синтеза используется реактор с циркуляцией рабочего раствора. Температура синтеза 95 °С.

Недостатками способа являются:

- Необходимость коррозионной защиты для аппаратуры;
- Сложность конструкции реактора;
- Низкое содержание Al₂O₃ в продукте;
- Сложность подготовки сырья (для синтеза используется слитки алюминия с определенной плотностью);
- Низкая основность конечного продукта.

В работе [12] описан метод получения основного хлорида алюминия путем обработки сплава алюминия раствором соляной кислоты с концентрацией HCl 5-15% в течении от 2 до 24 часов при температуре 25 °С. Время синтеза зависит от температуры процесса и концентрации соляной кислоты.

Недостатки способа:

- Низкое содержание Al_2O_3 в конечном продукте;
- Коррозия оборудования;
- Высокое содержание токсичных элементов в сырье.

Автором [13] работы, предложен метод получения полиоксихлорида алюминия с содержанием Al_2O_3 до 13%, путем взаимодействия порошка алюминия с раствором хлорида алюминия при температуре 85-95 °С.

Недостатки метода:

- Дороговизна сырья;
- Опасность взрыва при неточности в дозировках;
- Дополнительная стадия концентрирования, для приведения продукта в товарный вид;
- Невысокое содержание высокоосновного оксихлорида алюминия.

2 Экспериментальная часть

2.1 Реактивы и материалы

Коагулянт, шифр К31, на основе активированного сплава Rau-98, состав АСА - 98% Al, 1% In, 1% Ga. Массовая доля на Al_2O_3 , -40,9%, основность 66,5 %

Коагулянт, шифр К25, на основе активированного сплава Rau-98,5, состав АСА- 98,5% Al, 0,5% In, 0,5% Ga, 0,5% Sn. Массовая доля на Al_2O_3 -37,9%, основность 55,1%

Коагулянт, шифр К20, на основе активированного сплава Rau-97, состав АСА- 97% Al, 1% In, 1% Ga, 1% Sn. Массовая доля на Al_2O_3 - 33,2 %, основность-55,6%

Коагулянты синтезированы в лаборатории «Нефти и газа» Вуза «УНАТ»

Коагулянты использовали в виде 0,1%-ных растворов в пересчете на мольную долю Al_2O_3

Промышленный коагулянт торговой марки Аква-аурат30 использовали без дополнительной очистки.

0,1 н. раствор соляной кислоты [14].

0,1% раствор метилового-оранжевого [14].

10% раствор азотнокислого серебра [15].

5% раствор хромовокислого калия [15].

0,000824% раствор хлористого натрия [15].

раствор хлористого бария молярной концентрации 25 ммоль/дм³ [16].

раствор ионов магния молярной концентрации 25 ммоль/дм³ [16].

аммиачный буферный раствор с рН (10 ± 0,1) [16].

раствор аммиака молярной концентрации 10 моль/дм³ [16].

индикатор эритрохром черный Т [16].

раствор трилона Б молярной концентрации 25 ммоль/дм³ [16].

раствор азотнокислого серебра 2% [16].

Природная вода с р. Жайык. Проба отобрана 04.11.2022г.

2.2 Приборы и посуда

Сушильный шкаф SNOL 350

НАСН 2100Qis Portable Turbidimeter

Весы лабораторные высокого или специального класса точности с ценой деления 0,1 мг, с наибольшим пределом взвешивания 200 г, или 210 г, или 220 г по ГОСТ 24104. [16].

рН-метр любого типа с допускаемой погрешностью ± 0,1 ед. рН. [16].

Колбы мерные 2-го класса точности по ГОСТ 1770. [16].
Цилиндры мерные 2-го класса точности по ГОСТ 1770. [16].
Пипетки с одной отметкой 2-го класса точности по ГОСТ 29169. [16].
Бюретки по ГОСТ 29251 или титратор любого типа. [16].
Воронки лабораторные по ГОСТ 25336. [16].
Колбы конические плоскодонные по ГОСТ 25336. [16].
Стаканы химические термостойкие по ГОСТ 25336. [16].
Стакан фарфоровый по ГОСТ 9147. [16].
Пробирки диаметром 15 мм по ГОСТ 25336. [16].
Баня водяная любого типа.
Электроплитка с закрытой спиралью по ГОСТ 14919. [16]
Универсальная индикаторная бумага.
Фильтры обеззоленные «синяя лента».
Фильтры обеззоленные «красная лента».

2.3 Методики выполненных работ

2.3.1 Методика определения массового содержания хлорид ионов в пробе воды из реки Жайык

Определение содержания хлорид-ионов проводилось в соответствии с ГОСТ 4245–72. Метод основан на осаждении хлорид-ионов в слабощелочной или нейтральной среде ионами серебра в присутствии индикатора хромовокислого калия [15].

2.3.2 Методика определения массового содержания гидрокарбонат ионов в пробе воды из реки Жайык

Предоставленный объем воды на содержание гидрокарбонат ионов проводили в соответствии с ГОСТ 23268.0-78 - ГОСТ 23268.18-78. Метод основан на нейтрализации гидрокарбонат-ионов соляной кислотой в присутствии индикатора метилового оранжевого [14].

2.3.3 Методика определения массового содержания сульфат ионов в пробе воды из реки Жайык

Исследование образца воды на сульфат ионы проводились в соответствии с ГОСТ 31940-2012. Определение содержания сульфат-ионов с использованием титриметрии с трилоном Б [16].

Метод определения содержания сульфат-ионов основан на количественном осаждении сульфат-ионов и образовании слаборастворимого сульфата бария, с последующим растворением осадка в растворе трилона Б в аммиачной среде и титровании избытка трилона Б раствором, содержащим ионы магния, с эритрохромом черным Т в качестве индикатора до перехода синей окраски в лиловую [16].

2.3.4 Методика определения количества микроорганизмов в пробе

воды с урочища «Медеу»

Количество микроорганизмов, энтеробактерий определяли на дифференциально-диагностической среде эндо, использующих минеральный и органический азот, учитывали на TSA (Tryptone soya agar) и MIA (Meat infusion agar), все виды группы Pseudomonas на PIA (Pseudomonas isolation agar). Количество грибов и дрожжей учитывали на селективной среде SDA (Sabouraud dextrose agar). Засеянные чашки инкубировали при 30°C и 37°C. [19]. Морфологию клеток культур микроорганизмов изучали методом световой микроскопии при помощи стереоскопическо-тринокулярного микроскопа MicroOptix MX-1150 (T) (увеличении 1250), описанным в работе [19]. Колонии бактерий учитывали на 2-3 сутки, дрожжей и грибов – 5-7 сутки. При посевах использовали разведения 1:102 и 1:104. [17-22]

2.3.5 Методика обработки проб воды из реки Жайык и урочища «Медеу» полиоксихлоридами алюминия на основе активированных сплавов алюминия (коагулянты К20, К25, К31) и Аква-аурата 30

Для обработки проб воды была взята аликвота исследуемой воды в объеме 450 мл.

Далее разделив аликвоту на три равные части по 150 мл, к каждому образцу исследуемой воды были добавлены коагулянт с дозировками 1,0 мл/л, 0,5 мл/л и 0,1 мл/л соответственно к каждому образцу. Далее поместив магнитный якорь для мешалки в каждый стакан с образцами воды, поставив стаканы на магнитные мешалки начали интенсивное перемешивание и оставили образцы с такой скоростью перемешивания на 3 минуты. После 3 минут интенсивного перемешивания уменьшили скорость перемешивания до медленной скорости и оставили образец на магнитной мешалке на 15 минут. По истечении 15 минут медленной скорости перемешивания отключили мешалку и оставили образцы отстаиваться на 30 минут. С отстаившихся образцов, не тревожа воду отобрали пипеткой 10 мл каждого образца и измерили их мутность. Остатки образцов отфильтровали с помощью фильтра «Красная лента», и с отфильтрованных образцов взяв аликвоты по 10 мл измерили их мутность. Таким образом был определен эффект коагулянта на мутности воды. Опыт проводится для каждого исследуемого коагулянта при изначальном рН воды и при рН выше и ниже изначальной, которые достигаются с помощью добавления растворов кислот и щелочей.

3 Основные результаты

В проведенной работе в качестве исследуемых объектов были взяты 4 коагулянта и пробы воды из реки Жайык

Отбор проб воды проводился в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05-85 04.11.2022, пробы воды с урочища «Медеу» отобраны 03.04 2023года.

Для пробы воды из реки Жайык, были проведены исследования по его физико-химическим характеристикам до обработки исследуемыми коагулянтами и мутности до и после обработки исследуемыми коагулянтами. Для определения мутности использовался прибор «НАСН 2100Qis Portable Turbidimeter».

Для пробы воды с урочища «Медеу», были проведены исследования по содержанию микроорганизмов до и после обработки коагулянтом К20.

3.1 Физико-химические свойства пробы воды из реки Жайык, до обработки исследуемыми коагулянтами.

Для оценки коагуляционной эффективности реагентов, созданных на основе активированных сплавов алюминия, были осуществлены их испытания на различных типах природных вод, отобранных с р.Жайык и урочища «Медеу». Оценка качества исследуемых вод заключалась в ее анализе и в сравнении с санитарно-эпидемиологическими нормами, установленными для питьевого водоснабжения Приказом министра здравоохранения РК от 20 февраля 2023года.

Физико-химические свойства воды определялись экспериментальным путем. Для измерения плотности исследуемой воды использовались пикнометры и аналитические весы. Общее содержание солей определяли методом выпаривания воды до постоянной массы в сушильном шкафу. Методики определения содержания хлорид, сульфат и гидрокарбонат-ионов были описаны в разделе «Методики выполненных работ».

Физико-химические свойства пробы воды из реки Жайык приведены в таблице 1.

Таблица 1. Физико-химические свойства пробы воды из реки Жайык, до обработки полиоксихлоридом алюминия

Показатель	Значение
Плотность, г/см ³	1,032
Мутность, ЕМФ	36,1
рН	8,22
Общее содержание солей, мг/дм ³	1195
Общее содержание хлорид ионов, мг/дм ³	220
Общее содержание гидрокарбонат ионов, мг/дм ³	256,2
Общее содержание сульфат ионов, мг/дм ³	81,78
* приведены средние значения трех измерений. Дата отбора проб 04.11.2022	

3.2 Оценка эффективности очистки воды из реки Жайык полиоксихлоридами алюминия на основе активированных сплавов алюминия Rau-98, Rau-98,5 и Аква-Аурата 30

Эффективность очистки оценивали по изменению мутности пробы воды до и после ее обработки коагулянтами в дозировках 0,1мл/л, 0,5 мл/л и 1,0мл/л.

На рисунке 2 приведена кривая изменения мутности пробы воды из реки Жайык при обработке коагулянтом К25

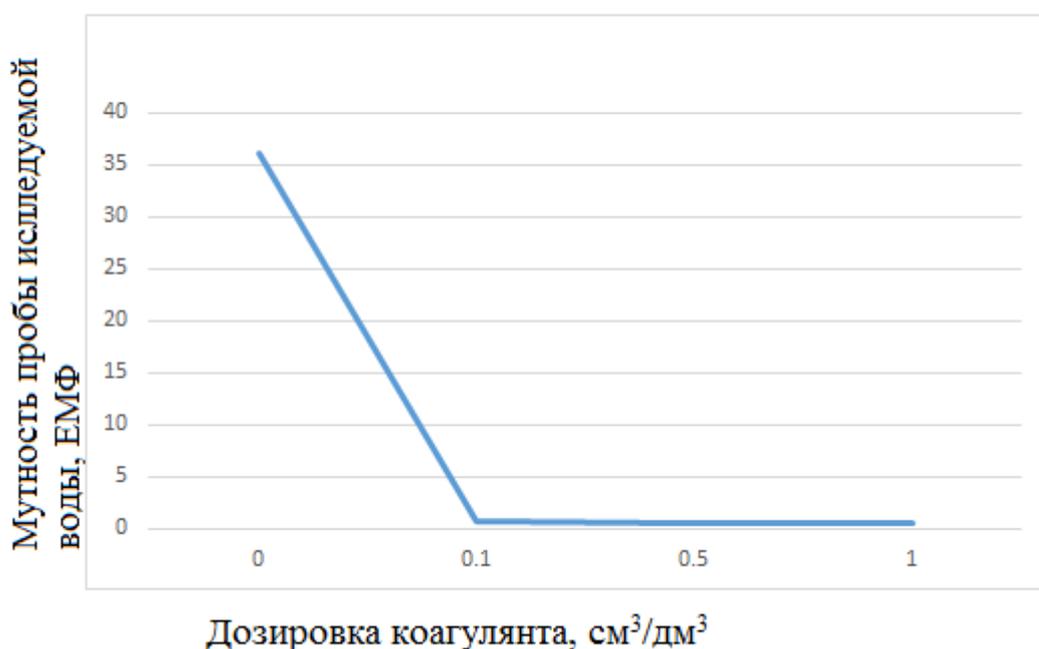


Рисунок 2. Изменение мутности пробы воды из реки Жайык при обработке коагулянтом К25.

На основании данных рисунка можно сделать вывод, что при обработке воды коагулянтом в количестве 0,1мл/л мутность снижается с 36,1 ЕМФ до 0,69 ЕМФ, что соответствует санитарным нормам в соответствии с требованиями Приказа министра здравоохранения РК от 20 февраля 2023года. Эффективность снижения мутности достигает 98,1%. Результаты оценки эффективности показали, что коагулянт К25 на основе активированного сплава алюминия Rau-98,5 является эффективным коагулянтом для очистки природной воды при дозировке 1,3мг/л.

На рисунке 3 приведены результаты по очистке пробы воды из реки Жайык коагулянтом К31 в дозировках 0,1мл/л, 0,5 мл/л и 1,0мл/л.

Выявлено, что в воде после обработки коагулянтами содержание алюминия составляет 0,03мг/л, что находится в соответствии с требованиями Приказа министра здравоохранения РК от 20 февраля 2023года.

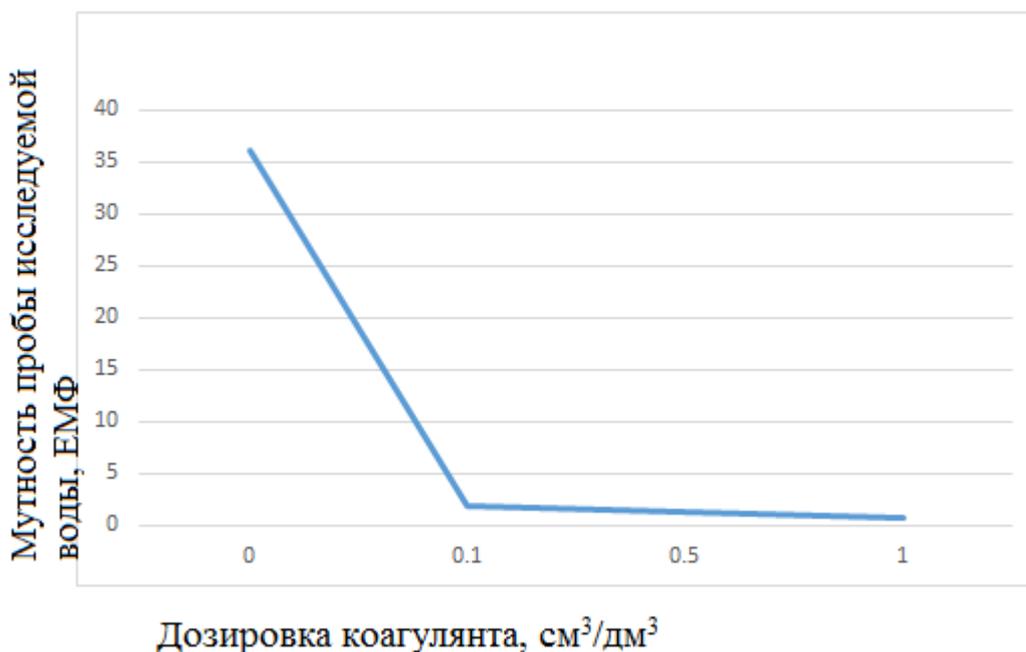


Рисунок 3- Изменение мутности пробы воды при обработке коагулянтом на основе активированного сплава алюминия $Ka_{10}Al_{14}(OH)_2(SO_4)_2 \cdot 24H_2O$ (коагулянт К31).

При обработке воды коагулянтом К31 в количестве 0,1мл/л 0,1%-ного раствора мутность снижается с 36,1 ЕМФ до 1,8 ЕМФ. Эффективность снижения мутности 95%.

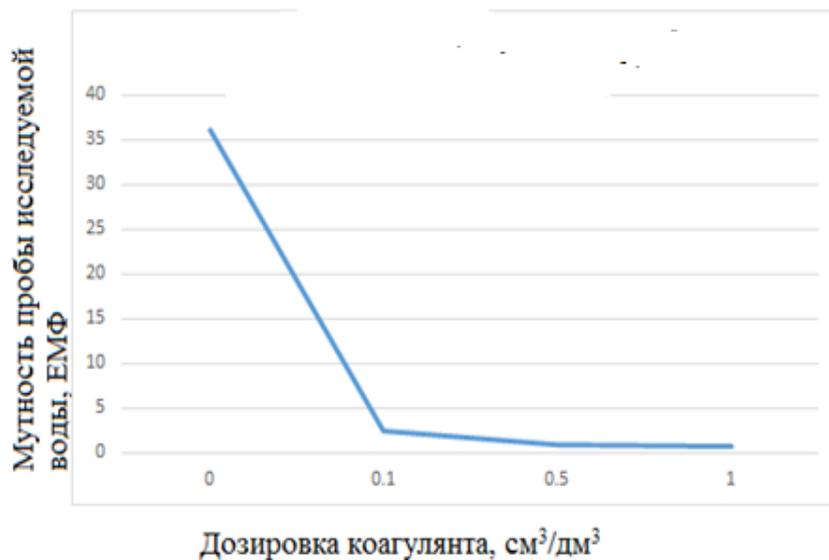


Рисунок 4. Изменение мутности пробы воды из р.Жайык при обработке коагулянтом Аква-аурат 30.

При обработке воды промышленным коагулянтом в количестве 0,1мл/л мутность снижается с 36,1 ЕМФ до 2,46 ЕМФ. Эффективность снижения мутности составляет 93%.

Таким образом, результаты оценки эффективности полиоксихлоридов алюминия на основе активированных сплавов алюминия являются более эффективными коагулянтами для очистки природной воды в сравнении с промышленным коагулянтом Аква-Ауратом.

3.3 Бактериологический анализ пробы воды с урочища «Медеу», до и после обработки полиоксихлоридом алюминия на основе активированного сплава алюминия коагулянт Rau-97

Бактериологический анализ осуществляли на пробах воды, отобранной с урочища «Медеу». до и после обработки полиоксилоридом алюминия под названием коагулянт №20. Данные по таксономическим группам микроорганизмов в пробе воды с урочища «Медеу» до обработки коагулянтом К20 приведены в таблице 2.

Уровень микробной обсемененности достигал $12,8 \times 10^2$ КОЕ/мл. Выявлено присутствие: в воде аэробных грамотрицательных, факультативно-анаэробных микроорганизмов, грамположительные кокки; грамположительные палочки и кокки, образующие эндоспоры (роды *Bacillus*; *Clostridium*), а также присутствие бактерий группы кишечной палочки, бактерий рода *Proteus* и сапрофитных бактерий родов *Aeromonas* и *Pseudomonas* [17-22]. Присутствие в воде

сапрофитных бактерий указывают на загрязнение водоема органическими веществами. Выявлено, что численность сапрофитных бактерий в пробах изменяется от 1×10^1 до 13×10^2 КОЕ/мл. Дополнительно были проведены сравнительные исследования численности представителей рода *Pseudomonas*. Показано, что общая численность бактерий в 1 мл, по данным метода серийных разведений, составила $2,4 \times 10^2$

Численность грамотрицательных бактерий (*Enterobacter, Proteus, Aeromonas, Chromobacterium, Flavobacterium, Alcaligenes*) для пробы до обработки ~ 57%.

Численность грамположительных бактерий (палочки, кокки и эндоспоры как *Bacillus, Clostridium, Micrococcus, Enterococcus*) составила ~ 33–36 % в пробах до обработки. На долю остальных групп микроорганизмов приходится около ~ 7-10%, так же до обработки.

Таблица 2. Таксономические группы микроорганизмов в пробе воды с урочища «Медеу» до обработки коагулянтom №20.

Таксономические группы микроорганизмов	КОЕ/мл
Уровень микробной обсемененности	$12,8 \times 10^2$
Сапрофитные бактерии (<i>Pseudomonas</i>)	$2,4 \times 10^2$
Микробная численность микрофлоры - грибы и дрожжи (<i>Mucor, Fusarium</i>)	8×10^2
Численность грамотрицательных бактерий (<i>Enterobacter, Proteus, Aeromonas, Flavobacterium, Alcaligenes</i>)	$7,3 \times 10^2$
Численность грамположительных бактерий (палочки, кокки и эндоспоры как <i>Bacillus, Clostridium, Micrococcus, Enterococcus</i>)	$4,2 \times 10^2$
Остальные группы микроорганизмов	$1,3 \times 10^2$

Оценен уровень микробной обсемененности и разнообразия бактерий в пробах воды с урочища после обработки воды «Медеу» в двух концентрациях. Микробное разнообразие в природной воде урочища «Медеу» после обработки 0,1%-ным раствором коагулянта K20 в пересчете на Al_2O_3 приведено на рисунке 1.

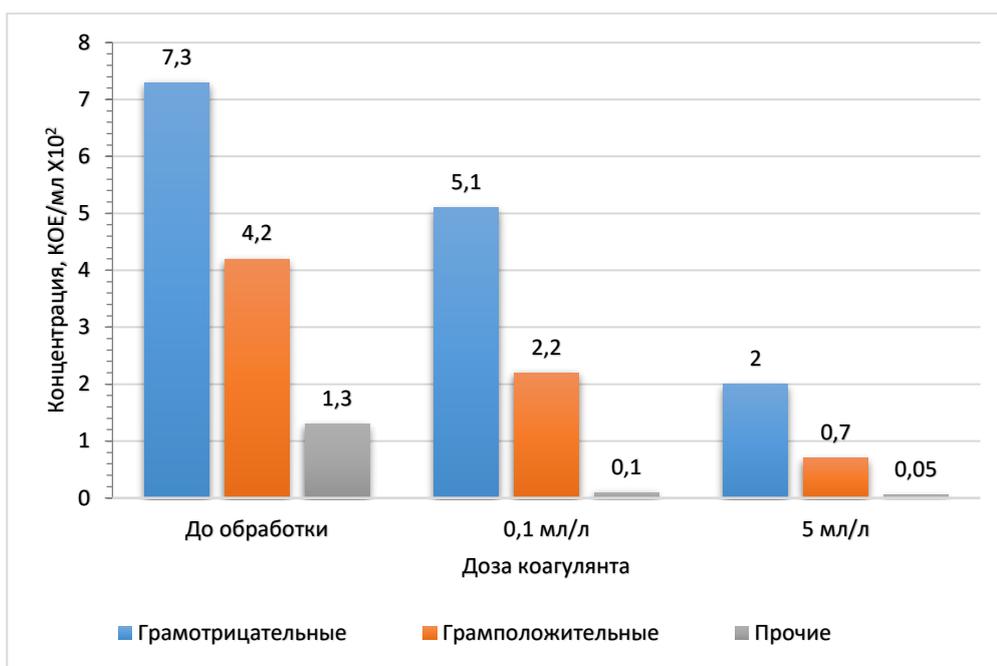


Рисунок 5. Микробное разнообразие в природной воде урочища «Медеу» до и после обработки 0,1%-ным раствором коагулянта K20 в пересчете на Al_2O_3

После отработки в концентрации 0,1мл/л: грамотрицательные снизились на ~ 30%, грамположительные бактерий снизились на ~ 48%, а остальные группы микроорганизмов снизились на ~ 92%.

После отработки в концентрации 5мл/л: грамотрицательные бактерий (*Enterobacter*, *Proteus*, *Aeromonas*, *Chromobacterium*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*) снизились на ~ 73%, грамположительные бактерий снизились на ~ 84%, а остальные группы микроорганизмов снизились на ~ 96%.

При исследовании микробной численности микрофлоры образцов до обработки были обнаружены грибы и дрожжи (*Mucor*, *Fusarium*), их численность составила 8×10^2 КОЕ/мл. После обработки представителей данного рода не обнаружено в обеих концентрациях.

В концентрации 5мл/л общее количество сапрофитных микроорганизмов не превышало $0,1 \times 10^2$ КОЕ/мл. После отработки в концентрации 0,1мл/л: грамотрицательные снизились на ~ 30%, грамположительные бактерий снизились на ~ 48%, а остальные группы микроорганизмов снизились на ~ 92%.

После отработки в концентрации 5мл/л: грамотрицательные бактерий (*Enterobacter*, *Proteus*, *Aeromonas*, *Chromobacterium*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*) снизились на ~ 73%, грамположительные бактерий снизились на ~ 84%, а остальные группы микроорганизмов снизились на ~ 96%.

При исследовании микробной численности микрофлоры образцов до обработки были обнаружены грибы и дрожжи (*Mucor*, *Fusarium*), их численность составила 8×10^2 КОЕ/мл. После обработки представителей данного рода не обнаружено в обеих концентрациях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе был осуществлен анализ научно-технической, зарубежной и отечественной литературы, а также проведен патентный поиск, и представлен в виде аналитического обзора к работе. В обзоре рассмотрены существующие способы получения коагулянтов-полиоксихлоридов алюминия, отмечены все достоинства и недостатки каждого способа, рассмотрены механизмы действия коагулянтов при очистке вод различных типов.

Осуществлен анализ природной воды, отобранной с р.Жайык, изучены ее физико-химические свойства до и после обработки полиоксихлоридами алюминия.

Оценен уровень микробной обсемененности и разнообразия бактерий в пробах воды с урочища «Медеу» до и после обработки.

Определены оптимальные дозы исследуемых полиоксихлоридов алюминия для вод разного состава и минерализации, обеспечивающих наилучший эффект осветления и эпидемиологические характеристики. В пробах воды «Медеу» до обработки общее число микроорганизмов достигало $12,8 \times 10^2$ КОЕ/мл, тогда как после обработки реагентом коагулянтом №20 (0,1% раствор в пересчете на Al_2O_3) дозой 0,1мл/л этот показатель составлял $0,3 \times 10^2$ КОЕ/мл

Результаты оценки эффективности полиоксихлоридов алюминия для очистки природных вод показали, что полиоксихлориды алюминия на основе активированных сплавов алюминия являются эффективными коагулянтами для очистки природной воды с реки Жайык и урочища «Медеу». Эффективность снижения мутности достигает 95,0–99,1%. Очищенные воды соответствуют нормативным требованиям по водородному показателю, мутности.

Выявлено также, что в воде после обработки коагулянтами содержание алюминия составляет 0,03мг/л, что находится в соответствии с требованиями Приказа министра здравоохранения РК от 20 февраля 2023года.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

1. Активированный сплав алюминия (АСА)
2. Колониеобразующая единица (КОЕ)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment, Second Edition/ 2006 John Bratby
2. РД 153-34.1-37.502-2000 Методические указания по очистке исходной воды коагулянтами на ТЭ. Разработано ОАО "Всероссийским дважды ордена Трудового Красного Знамени научно-техническим институтом»
3. The role of coagulation in water treatment/ Jia-Qian Jiang/ 2015.
4. Waste Water Treatment by Coagulation and Flocculation/ N.V.Prakash , Vimala Sockan , P.Jayakaran/ 2014.
5. Properties and Uses of Colloids: A Review, Iwuozor Kingsley Ogemdi 2019
6. Драгинский, В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод. / В. Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, С.В. Гетманцев / Москва 2005 - 571 с.
7. Modern coagulants and flocculants in the cleaning of washing waters of water treatment plants/ G S Kachalova/ 2018.
8. Музыченко О. В., Мандрик Т. С. Современные коагулянты // Вологодские чтения. 2009. №76.
9. SYNTHESIS AND SPECIATION OF POLYALUMINUM CHLORIDE FOR WATER TREATMENT/ Yun-Hwei Shen, Brian A. Dempsey/ 1998
10. Токарева, А. В., Масакбаева, С. Р. Оксихлорид алюминия - коагулянт для подготовки воды питьевого водоснабжения // Наука и техника Казахстана. – 2020. – № 2. – С. 58–65
11. Synthesis and coagulation performance of composite poly-aluminum-ferric-silicate-chloride coagulants in water and wastewater treatment and their potentially use to alleviate the membrane fouling in MBRs// A.K. Tolkou, A.I. Zouboulis, P.E. Samaras. 2014.
12. Способ получения высокоосновного полигидроксохлорида алюминия [Текст]: пат. 2131845 Рос.Федерация: С01F 7/56 опубл.20.06.1997
13. Способ получения оксихлорида алюминия [Текст]: пат. 618343 СССР: С01F 7/56. Б.И. №29, 1978.
14. Method for preparation of high-basic aluminium polyhydroxochloride [Текст]: pat. 4944933 US: C01F 7/56, 1990
15. ГОСТ 23268.0-78 - ГОСТ 23268.18-78 Воды минеральные питьевые =

- лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Правила приемки и методы анализа.
- 16.ГОСТ 4245–72. Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов
 - 17.ГОСТ 31940–2012 Вода питьева. Методы определения содержания сульфатов.
 - 18.Перетрухина А.Т. Богданова О.Ю. Макаревич Е.В. Мищенко Е.С. Новикова А.Н. Блинова Е.И. Выбор микробиологических параметров в качестве индикаторов сбалансированного состояния водных биосистем кольского залива// Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 1. – С. 94–95;
 - 19.Система интегральной токсикологической оценки природных и сточных вод // А . Н . К р а й н ю к о в а, 2019
 - 20.Тастамбек К.Т., Акимбеков Н.Ш.,Ерназарова А.К.,Кайырманова Г.К.,Абдиева Г.Ж., Уалиева П.С.,Жубанова А.А. Изучение микробного разнообразия в пробах воды и почвы Атырауской и Мангистауской областей ISSN 1563-034X KazNU Bulletin. Ecology series. No3 (48). 2016.
 - 21.Bierkens J., Klein G., Corbisier P., Van Den Heuvel R., Verschaeve L., Weltens R., Schoeters G. Comparative sensitivity of 20 bioassays for soilquality // Chemosphere, 1998. – Dec. – V. 37. – No14-15. – P. 2935-47.
 - 22.Smetana N.G., Mazur A.E., Krasova O.A. Fi to diagnostika tipologicheskikh edinic pochvennogo pokrova i fito indikacija pochvennyh processov // Voprosy bioindikacii i ohrany prirody: Sb. nauch. tr. – Zaporozh’e: Izd-vo ZGU, 1997.
 - Shigaeva M.H. Jekologija mikroorganizmov. – Almaty: Қазак universiteti,2002

