

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Сәтбаев университеті

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра «Металлургические процессы, теплотехника и технологии
специальных материалов»

УДК 669.295 (043)
рукописи

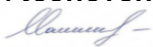
На правах

Каримгазинов Олжас Каримгазинович

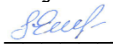
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание степени магистра техники и технологии

Название диссертации	«Исследование процесса осаждения взвешенных частиц промышленных стоков титано-магниевого производства»
Направление подготовки	6M070900 – Металлургия

Научный руководитель
Ассистент-профессор, Ph. D
 Мамырбаева К.К.
«15» декабря 2020 г.

Репензент, доктор Ph.D
 Суримбаев Б.
«15» декабря 2020 г.

Нормоконтроль канд. техн.
наук
 Қоңыратбекова С.С.
«15» декабря 2020 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующая кафедрой МПТиТСМ
доктор PhD, д.т.н., ассоц. профессор
 Чепуштанова Т.А.
«20» —12— 2020 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Сәтбаев университеті

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра «Металлургические процессы, теплотехника и технология

специальных материалов»

6M070900 – Металлургия

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой

МПТиТСМ доктор PhD, д.т.н.,

ассоц. профессор

 Чепуштанова Т.А.

«28» февраля 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту *Каримгазину Олжасу Каримгазинувичу*

Тема: Исследование процесса осаждения взвешенных частиц промышленных стоков титано-магниевого производства.

Утверждена приказом ректора университета от № 1784–М «28» 02 2019 г.

Срок сдачи законченной диссертации: «15» декабря 2020 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: патенты, литература по очистке сточных вод, промышленные стоки титаномагниевого производства, твердые взвеси, методы центрифугирования; выпаривание промстоков в вакууме.

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

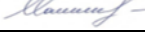
а) современное состояние рассматриваемой проблемы, литературный обзор и патентный анализ по очистке сточных вод, в том числе по осаждению взвешенных частиц промышленных стоков титано-магниевого производства для снижения отрицательного воздействия промстоков титаномагниевого производства на почвы, грунтовые и поверхностные воды территории близлежащих районов предприятия;

б) физико-химический анализ исходных, промежуточных и конечных материалов и описание объектов исследований;

Рекомендуемая основная литература:

Воскобойников В.Г. Общая металлургия: учеб. для вузов /В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 2000. - 768 с.

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение	29.11.2019 г.	
Аналитический обзор литературы	20.06.2019 г.	
Экспериментальная часть	27.11.2020 г.	
Заключение	02.12.2020 г.	

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую
диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименование раздела	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Нормоконтроль канд. техн. Наук С.С Коныратбекова	15.12.2020 г.	

Научный руководитель  Мамырбаева К.К.

Задание принял к исполнению
обучающийся  Каримгазинов О.К.

Дата «28» февраля 2019 г.

АҢДАТПА

Бұл диссертациялық жұмыс тапсырмадан, кіріспеден, әдебиеттерді талдаудан, эксперименттік бөлімнен, қорытындыдан, әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертациялық жұмыс 56 парақта ұсынылған, 8 суреттен және 19 кестеден тұрады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты - титан-магний өндірісінің өнеркәсіптік ағындарының ілулі бөлшектерінің шөгу процесін зерттеу. Зерттеу нысаны: титан-магний өндірісіндегі бейтараптандырылған өнеркәсіптік сарқынды сулар.

Мақалада титан-магний өндірісінің сарқынды суларын тазарту, бастапқы және тазартылған сарқынды суларды, қатты тұндырылған бөлшектерді физикалық-химиялық талдаудың нәтижелері, дистилденген су алу үшін қатты бөлшектердің шөгінділерін зерттеудің нәтижелері туралы әдеби шолу ұсынылған, оларды технологиялық процесте айналымдағы су ретінде пайдалану жоспарланған, вакуумды буландырғышты пайдаланып ағынды суларды тазартудың экономикалық тиімділігі.

АННОТАЦИЯ

Настоящая диссертационная работа состоит из задания, введения, аналитического обзора литературы, экспериментальной части, заключения, списка литературы. Диссертационная работа изложена на 56 страницах, содержит 8 рисунков и 19 таблиц.

Целью диссертационной работы исследование процесса осаждение взвешенных частиц промышленных стоков титано-магниевого производства. Объект исследования: нейтрализованные промышленные стоки титано-магниевого производства.

В работе приведен литературный обзор по очистке сточных вод титано-магниевого производства, результаты исследований физико-химического анализа исходных и очищенных сточных вод, твердых осажденных частиц, результаты исследований осаждения твердых частиц с получением дистиллированной воды, которую планируется использовать в качестве оборотной воды в технологическом процессе, экономическая целесообразность очистки сточных вод с использованием вакуумного выпаривателя.

ANNOTATION

This dissertation work consists of a task, an introduction, an analytical review of the literature, an experimental part, a conclusion, a list of literature. The dissertation work is presented on 56 pages, contains 8 figures and 19 tables.

The purpose of the thesis is to study the process of sedimentation of suspended particles of industrial effluents of titanium-magnesium production. Object of research: neutralized industrial effluents of titanium-magnesium production.

The paper presents a literary review on wastewater treatment of titanium-magnesium production, the results of studies of the physicochemical analysis of the initial and treated wastewater, solid precipitated particles, the results of studies of the sedimentation of solid particles to obtain distilled water, which is planned to be used as circulating water in the technological process, the economic feasibility of wastewater treatment using a vacuum evaporator.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	9
1	Анализ технологии получения магния и титана	12
1.1	Краткая характеристика технологии получения титановой губки	12
1.1.1	Краткая характеристика технологии получения магния и его сплавов	15
1.1.2	Краткая характеристика технологии нейтрализации промышленных стоков	19
1.2	Анализ условий формирования сточных вод. Характеристика их химического состава	20
1.3	Анализ процессов осаждения взвешенных частиц промышленных стоков титано-магниевого производства с целью очистки	23
1.3.1	Методы обезвреживания сточных вод титано-магниевого производства с использованием местного ресурсного потенциала их компонентов	23
1.3.2	Реагентные методы обезвреживания промышленных стоков титаномагниевого производства	25
1.3.3	Методы деминерализации сточных вод	27
2	Экспериментальная часть	31
2.1	Исходные пробы и методика исследований, аппаратура	31
2.2	Исследование химического состава осветленных стоков АО «УКТМК»	34
2.2.1	Результаты исследований по осаждению взвешенных частиц промышленных стоков титано-магниевого производства с целью очистки	34
2.2.2	Исследования реагентной обработки сточных вод титаномагниевого производства	41
2.3	Исследование возможности прямой подачи осветленных стоков из шламонакопителя в вакуумный выпариватель	45
2.3.1	Результаты исследования возможности прямой подачи осветленных стоков из шламонакопителя в вакуумный выпариватель	47
2.4.	Экономический расчет при исключении декантерной центрифуги	49
2.5	Заключение	51
	Список использованных источников	53
	Общие требования безопасности и охраны труда	52
	Приложения	

ВВЕДЕНИЕ

Усть-Каменогорский титано-магнийевый комбинат является единственным производителем титановой губки, титановых слитков и слэбов в Казахстане.

В качестве сырья для получения титана используются титановые концентраты, подвергаемые рудно-термической плавке и последующему хлорированию в расплаве хлоридов щелочных металлов (натрия, калия, магния) с получением тетрахлорида титана. В дальнейшем тетрахлорид титана восстанавливают магнием с получением титановой губки. Магний получают из карналлита $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ электролитическим методом. Полученный в процессе электролиза хлор передается на производство титана. Магний-сырец подается на рафинирование и производство слитков магния, используется для восстановления тетрахлорида титана.

Анализ негативного воздействия титано-магниевого производства на окружающую среду, показал, что основным источником экологической нагрузки предприятия являются образующиеся промышленные сточные воды, характеризующиеся сложным химическим составом.

В настоящее время происходит переполнение существующих шламонакопителей АО «УК ТМК» промышленными отходами, что требует принятия мер по минимизации этих отходов. Однако выполнение этого требует увеличения затрат на компенсационную деятельность по предотвращению ущерба окружающей среды от использования токсичных веществ.

Экологические затраты могут оказаться настолько велики, что возникает угроза расширению производства. Вполне ясно, что наиболее оптимальным компромиссным решением является внедрение безотходных производств или модернизация старых производств под безотходные технологии. Очистка воды решает частную задачу – это лишь перенос грязи из одного места в другое. Мало того, сам процесс очистки связан с внесением вторичных загрязнений - химических реагентов.

Возникает противоречие между принципом экономичности производства и дополнительных издержек для решения экологических задач. Конечно, природоохранные законы необходимо соблюдать, однако в настоящий момент существует экономическая реальность, которая вносит существенные коррективы в принятие решения по внедрению природоохранных мероприятий на предприятии. Нужен компромисс при выполнении требований экономичности и экологичности на предприятии.

В связи с изложенным, а также учитывая, что существующие объемы производства на АО «УК ТМК» в ближайшей перспективе не будут сокращаться, разработка экологически безопасных, проверенных методов утилизации промышленных стоков с целью минимизации отрицательного воздействия данных производств на окружающую среду является актуальной задачей.

Цель магистерской диссертации - исследование процесса осаждения взвешенных частиц промышленных стоков титано-магниевого производства для снижения отрицательного воздействия промышленных стоков титаномагниевого производства на почвы, грунтовые и поверхностные воды территории, прилегающей к АО «УКТМК» путем утилизации жидкой части.

Для решения поставленной цели были выполнены следующие основные задачи:

- термодинамический анализ поведения примесей тяжелых металлов в сточных водах;
- физико-химический анализ исходных, промежуточных и конечных материалов и описание объектов исследований;
- получение минеральных загрязнений в твердом виде, что удобно при их утилизации, транспортировке, а также при захоронении;
- исследования по выпариванию промышленных стоков в вакууме при низких температурах;
- экономическая аналитика применения новых методов очистки сточных вод.

Объекты исследования: сточные воды, твердые осадки сточных вод АО «УКТМК».

Научная новизна работы.

Разработана новая технология выпаривания промышленных стоков в вакуумном выпаривателе напрямую из шламонакопителя без применения декантерной центрифуги.

Теоретическая основа – в работе при аналитическом обзоре использованы базы данных, проведенных в АО «Усть-Каменогорский титано-магниевый комбинат».

Методологическая основа. При проведении исследований были использованы следующие виды анализа –электронно-микроскопический, рентгенофазовый, масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, а также титриметрические, рН-метрия, титриметрия.

В работе использовался программный комплекс HSC Chemistry компании Outokumpu Research Oy.

Практическая база. Исследовательские работы были выполнены в лабораториях АО «Усть-Каменогорский титано-магниевый комбинат», пилотная установка компании ООО «Шелл Евразия», использовалась учебная лабораторная база кафедры МПТиТСМ, Satpayev University.

Результаты исследований были опубликованы в статье - О.К. Каримгаинов, К.К. Мамырбаева Характеристика основных технологических материалов и промышленных стоков, поступающих на очистку // Технические науки: проблемы и решения: сб. ст. по материалам XLII Международной научно-практической конференции «Технические науки: проблемы и решения». – № 11(39). – М., Изд. «Интернаука», 2020.- 64-69 с. укоротить

1 Анализ технологии получения магния и титана

1.1 Краткая характеристика технологии получения титановой губки

Процесс получения губчатого титана основан на восстановлении тетрахлорида титана магнием по реакции:



Так как процесс протекает с выделением тепла, зону реакции аппарата восстановления охлаждают воздухом. Процесс осуществляется циклами в установленном в электропечи аппарате в атмосфере аргона при избыточном давлении и заданной температуре при непрерывной подаче тетрахлорида титана. Расплавленный магниевый восстановитель в необходимом для всего процесса количестве (с учетом обратного) под протоком аргона заливают в подготовленный аппарат восстановления. В ходе реакции в аппарате образуется губчатый титан, поры которого заполнены магнием и хлоридом магния. Хлорид магния, образующийся в процессе восстановления, периодически сливают из аппарата в тигельный ковш, установленный на электрокар типа ЭТ.

Процесс восстановления состоит из следующих операций:

- монтаж аппарата восстановления;
- восстановление тетрахлорида титана магнием;
- подготовка аппарата к передаче на участок дистилляции.

Монтаж аппарата восстановления. Подаваемые на сборку детали аппаратов должны быть чистыми и просушенными. Реторту с конденсатом устанавливают в монтажный стенд. Производят демонтаж крышки под протоком аргона, извлекают экран-вставку. Поверхность конденсата, прилегающую к экрану-вставке, очищают от пленок, пылевидных осадков щетками. Очищают также фланец реторты и паз под прокладку. На подготовленную реторту с конденсатом укладывают резиновую прокладку, устанавливают чистую крышку и монтируют на ней узел подачи тетрахлорида титана (материальный патрубок). С малого фланца реторты снимают стальную заглушку. Производят приварку предварительно проверенного сливного устройства. К сливному устройству присоединяют вакуумный колпак на прокладке. После приварки сливного устройства, фланцы реторты и крышки соединяют болтами. Собранный аппарат опрессовывают аргоном или осушенным воздухом при избыточном давлении до 0,3 кгс/см², с обмыливанием сварных швов (отсутствие мыльных пузырей свидетельствует о герметичности аппарата). Аппарат вакуумируют до остаточного давления не более 0,3 мм.рт.ст., изменение остаточного давления не должно превышать 0,002 мм.рт.ст./мин в течение пяти минут.

Восстановление тетрахлорида титана магнием. Смонтированный и проверенный на герметичность аппарат восстановления, сопровождаемый режимной картой ведения процесса, передается на участок восстановления.

Перед установкой аппарата восстановления в подготовленную печь, печевой производит сверку идентификационных признаков аппарата с режимной картой процесса. После установки аппарата восстановления в печь аппарат заземляют, подсоединяют к вакуумной системе и системе водяного охлаждения фланцев аппарата. Включают печь и при непрерывной откачке влаги и газов, выделяющихся из конденсата при нагревании, производят разогрев аппарата с конденсатом до температуры $(400-550) ^\circ\text{C}$, затем выдерживают аппарат с вакуумированием не менее часа, отсоединяют вакуумную систему и заполняют аппарат восстановления аргонem до избыточного давления не менее $0,05 \text{ кгс/см}^2$. С хвостовика сливного устройства снимают вакуумный колпак и присоединяют шток к рычагу управления пневмоцилиндра. Под печью проверяют наличие аварийной емкости на случай непредвиденного аварийного пролива расплава через сливное устройство. Проверяют надежность работы сливного устройства путем трех-пятиразового открытия и закрытия, затем производят дальнейший разогрев аппарата до заданной температуры и при избыточном давлении аргона. Затем производят выдержку расплава с целью полного расплавления конденсата, делают пробный слив хлорида магния из конденсата $(50-100) \text{ кг}$ для проверки надежности работы сливного устройства, после чего из аппарата полностью сливают конденсатный хлорид магния до следов магния. Магний-восстановитель транспортируется из цеха № 1 в вакуумном двухлеточном тигельном ковше в атмосфере аргона. Из ковша, через нижнюю заборную летку, в специальный короб сливают отстоявшийся электролит до струи чистого магния. Пробоотбор магния производится с верхней летки. После чистки леток специальным инструментом, вакуумный ковш транспортируют мостовым краном к аппарату восстановления. Из аппарата, через штуцер, стравливают избыточное давление аргона и вскрывают центральную горловину крышки. Затем в горловину устанавливаются, подготовленные соответствующим образом, пружина, газовый уровнемер и воронка. Расплав магния сливают через верхнюю сливную летку тигля вакуумного ковша при постоянной задаче аргона в аппарат и вакуум-ковш. Газовым уровнемером определяют фактическое количество магния в аппарате.

На центральную горловину крышки аппарата на новые паронитовые прокладки устанавливают чистый отревисированный материальный патрубок. Затем осуществляют процесс восстановления путем подачи в аппарат тетрахлорида титана. После пропуска тетрахлорида титана в количестве $(100-500) \text{ кг}$ производят выдержку не менее одного часа для рафинирования магния от примесей. Допускается двухстадийное рафинирование. Отстоявшийся хлорид магния сливают в тигельный ковш и возобновляют процесс восстановления. Подача тетрахлорида титана в аппарат восстановления производится самотеком через дегазационную установку. Процесс восстановления ведется в автоматическом режиме регулирования расхода тетрахлорида титана. Плавное повышение и понижение скорости подачи тетрахлорида титана в аппарат восстановления регулируют в пределах $(100-420) \text{ кг/ч}$, в соответствии со стадией процесса. Температура стенки

аппарата по ходу процесса должна быть в пределах (670-910) °С. Окончанием процесса является достижение заданного коэффициента использования магния в пределах (56-61) %, либо резкое устойчивое повышение избыточного давления в аппарате более 0,5 кгс/см². Образующийся во время процесса восстановления хлорид магния периодически сливают в предварительно разогретый тигельный ковш вместимостью до 5,0 т, установленный на электрокаре типа ЭТ. Сливы производят после пропуска каждые (200-1000) кг тетраоксида титана. Режим слива для процессов с коэффициентом использования магния более 50 % подбирается мастером ОПУ ООВиД индивидуально. В течение всего времени подачи тетраоксида титана в аппарате поддерживается избыточное давление не менее 0,05 кгс/см². За два часа до окончания процесса восстановления производят высокотемпературный прогрев по всей длине аппарата при температуре (800-970) °С. По окончании высокотемпературного прогрева подачу тетраоксида титана прекращают, температуру по всей длине аппарата понижают. В ходе снижения температуры, с целью довосстановления низших хлоридов титана, производится выдержка не менее 0,5 часа. После выдержки сливают максимально возможное количество хлорида магния до появления следов магния. Через 5 минут производят проверку полноты слива, после чего печь отключают.

Переработка губчатого титана в товарную продукцию. Процесс переработки заключается в измельчении блока губчатого титана с последующим рассевом на заданные фракции.

Процесс переработки состоит из следующих операций:

- выпрессовка блока губчатого титана из реторты;
- разделение блока губчатого титана на составные части (крица, гарниссаж), определение категории качества;
- очистка крицы от поверхностных загрязнений с выделением составных частей (низового обруба, бокового обруба и сметок) производится в соответствии с требованиями;
- дробление губчатого титана на прессах и дробилках;
- рассев дробленного губчатого титана с выделением товарных фракций; - сортировка товарных фракций губчатого титана с удалением кусков с дефектами;

Выпрессовка блока губчатого титана из реторты. Реактор с блоком губчатого титана, сопровождаемый технологической картой на блок, доставляют на электротележке к прессу, где осуществляется выпрессовка крицы и гарниссажа. Гарниссажная часть блока предварительно подрезается пневмоинструментом. При выпрессовке блока выбивщик следит за отсутствием возгорания крицы и гарниссажа. После выхода блока ТГ из реторты в траверсу пресса реторту поднимают, производят извлечение сетки и упора методом кантования, транспортируют и устанавливают на стенд.

Разделение блока губчатого титана на составные части. После извлечения из реторты блоку губчатого титана комиссионно присваивают категорию качества, в соответствии с требованиями. Блок губчатого титана

разделяют на крицу и гарниссаж. Крицу направляют на очистку донной и боковой поверхностей, а гарниссаж подвергают предварительной сортировке для дальнейшей переработки.

Очистка крицы от поверхностных загрязнений. Пневмоинструментом с донной части крицы удаляют слой не менее 10 мм, находившийся в контакте с решеткой, до чистого металла. Полученный низовой обруб направляют на комплектацию товарных партий. С боковой поверхности крицы пневмоинструментом удаляют поверхностное загрязнение (ферротитановые пленки). Боковой обруб направляют на сортировку от кусков с дефектами. Внутреннюю поверхность реактора и концентрические кольца очищают от наростов губчатого титана, толщиной более 15 мм, ферротитановых пленок толщиной более 5 мм и направляют на сборку реторты-конденсатора. Счистки губчатого титана, образующиеся в процессе обработки крицы и реактора, направляют на комплектацию товарных партий губчатого титана марки ТГ-ТВ. После очистки крицы от поверхностных загрязнений комиссионно присваивается окончательная категория качества с регистрацией в технологической карте на блок губчатого титана.

1.1.1 Краткая характеристика технологии получения магния и его сплавов

Производство магния осуществляется методом электролиза хлористого магния в расплаве хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов с последующим его рафинированием двумя способами: с применением карналлитовой и хлормagneйевой схем питания электролизеров.

Основными технологическими агрегатами производства магния являются бездиафрагменные электролизеры с верхним вводом анодов. Электролизер состоит из стального кожуха, футеровки, имеет отделение электролитических ячеек и продольную сборную ячейку для магния, разделенные между собой арочной перегородкой с преточными U-образными каналами.

Стальной катод устанавливается с выводом контактных хвостовиков через заднюю стенку электролизера. Токоподвод к катоду осуществляется по алюминиевым пакетам от магистрального шинпровода. Аноды устанавливаются сверху, через анодное перекрытие. Рабочие поверхности расположены перпендикулярно продольной оси сборной ячейки. Электролизер снабжен фронтальным сантехническим отсосом, расположенным на передней стенке или в перекрытии электролизера. В перекрытие встроены патрубки анодного отсоса хлора. Патрубки соединяются коллектором, а коллектор с хлоропроводами.

В процессе электролиза, магний получают в жидком виде. Поскольку температура плавления магния ниже температуры электролита, он выделяется на катоде в жидком состоянии. По мере накопления жидкий магний формируется в крупные капли, которые отрываются от катода и всплывают.

Хорошее смачивание поверхности катода магнием является важнейшим условием для благоприятного течения процесса электролиза. Газообразный хлор, выделяющийся на аноде, мало растворяется в электролите и в виде пузырьков удаляется из ванны. Примеси, содержащиеся в электролите, оказывают существенное влияние на выход по току.

В процессе электролиза магния помимо электродных в расплаве протекают побочные процессы, приводящие к образованию шлама, который осаждается на дне электролизера. Пропитанный солями электролита шлам представляет собой вязкую массу черного или темно-бурого цвета, состоящую, в основном, из оксидов Mg, Al, Si, Fe (с преобладанием 70-90 % MgO).

Питание электролизеров осуществляется двумя видами сырья: безводным карналлитом, полученным на переделе обезвоживания карналлита, и магнием хлористым титанового производства.

Соответственно имеются две схемы питания электролизеров:

- карналлитовая;
- хлормagneзиевая.

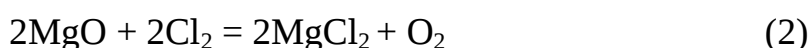
Карналлитовая схема питания. Под действием постоянного тока, подаваемого на электроды электролизера, входящий в состав поступающего из безводного карналлита магний хлористый разлагается на металлический магний и газообразный хлор.

Для качественного слияния в компактную массу выделяющегося на катодах магния и лучшего его отделения от электролита, в последний вводится фтористый кальций в виде порошка плавленого-шпатового концентрата. Расплавленный магний собирается на поверхности электролита, откуда выбирается вакуум-ковшами и поставляется в ПНР.

Образующийся хлор по системе хлоропроводов откачивается хлорными компрессорами и поставляется по хлоропроводам потребителям. По мере протекания процесса электролиза концентрация магния хлористого в электролите постепенно понижается, одновременно снижается уровень электролита, вследствие удаления продуктов электролиза (хлора, магния). Поддержание необходимой концентрации магния хлористого и сохранение рабочего уровня электролита в электролизере обеспечивается периодической заливкой безводного карналлита.

В состав безводного карналлита, поступающего из карналлитового хлоратора, кроме магния хлористого, входят хлористый калий, хлористый натрий, хлористый кальций, оксид магния и другие примеси. Изменяющиеся в процессе электролиза содержащиеся в составе безводного карналлита хлористый калий, хлористый натрий и хлористый кальций (п. 8.1.3) являются балластными солями, которые по мере накопления в электролизере необходимо удалять.

Оксид магния, поступающий с безводным карналлитом в электролизер, частично вступает в реакцию с выделяющимся на аноде газообразным хлором:



Образующийся кислород частично вступает в реакцию с углеродом анодов с образованием оксида и двуокиси углерода. Частично происходит окисление магния хлористого и металлического магния с образованием оксида магния. Основная часть оксида магния накапливается на подине электролизера, образуя ШЭС, периодически выводимую из электролизера.

С целью повышения электропроводности электролита после выборки ШЭС в электролизер загружается поваренная соль в кристаллическом или расплавленном состоянии.

Периодической заливкой безводного карналлита достигается поддержание концентрации магния хлористого и сохранение рабочего уровня электролита в электролизере. Безводный карналлит заливается в сборную ячейку из ковша. Для поддержания заданного соотношения компонентов электролита перед основной заливкой сырья из электролизеров с помощью вакуум-ковша удаляется отработанный электролит.

Выборку металла из электролизеров осуществляют с помощью вакуум-ковша. Вместе с магнием в вакуум-ковш захватывается электролит, который, имея более высокую плотность, чем магний, отделяется от магния отстаиванием и собирается в нижней части ковша. Отделившийся от магния электролит сливается обратно в электролизер. Уровень металла в ковше определяется с помощью контактного уровнемера.

Герметичность рабочего отделения электролизера при откачке отработанного электролита и выборке шлама обеспечивается за счет U-образных каналов.

Хлормagneвая схема питания. В зависимости от объема производства губчатого титана и, соответственно, полученного в титановом производстве магния хлористого, рассчитывают количество электролизеров, питаемых магнием хлористым титанового производства.

Извлечение магния, загрузка фтористого кальция и хлористого натрия для электролизеров хлормagneвой схемы питания, осуществляется аналогично пункту.

Поддержание заданных концентраций магния хлористого и уровня электролита в электролизере обеспечивается периодической загрузкой магния хлористого.

Выборка магния-сырца. Выборка магния-сырца осуществляется ежесменно из каждого электролизера. Для выборки магния-сырца из электролизеров, используют подвесные двухлеточные вакуум-ковши емкостью 2,0 м³ и 3,3 м³ (3,0 т и 5,0 т соответственно). Ковши после наполнения транспортируются электрокарами на участок производства магния-восстановителя, где металл сливается в кольцевую печь непрерывного рафинирования (ПНР) или в электролитейное отделение, для слива магния-сырца в рафинировочные печи СМТ-1 или ПНР электролитейного отделения на производство товарного магния.

Поставка хлора потребителям. Выделяющийся на аноде электролизера хлор отсасывается хлорными компрессорами и поступает через анодные патрубки в анодный коллектор. Из коллектора по стояку анодный хлор-газ

поступает в сборный хлоропровод (в него собирают газ с девяти электролизеров). Между анодным коллектором и сборным хлоропроводом на стояке установлен отсечной клапан, который служит запорной арматурой при пуске, остановке и опрессовке электролизеров. По сборному хлоропроводу хлор подается в магистральный хлоропровод через пересыпное устройство, из магистрального хлоропровода хлор по трубопроводу поступает в хлорный рукавный фильтр (Температура хлоргаза, при входе в магистральный хлоропровод должна быть не выше 150 °С обеспечивается своевременной чисткой хлоропроводов и работой приточно-вытяжной вентиляции).

В коллекторе, а также в патрубках, соединяющих анодное пространство электролизера, осаждаются возгоны солей, которые увлекаются газами из электролизеров. Основная масса возгонов солей скапливается в сборном и магистральном хлоропроводах. Из сборного хлоропровода образовавшиеся возгоны удаляются скребком. Запускается механический скребок и пересыпает возгон через нижний лючок сборного хлоропровода в верхний лючок магистрального хлоропровода, соединенных трубопроводом с диэлектрической вставкой в магистральный хлоропровод. Через систему транспортеров поступает в бак для растворения возгона водой. Полученный таким образом раствор хлористых солей откачивается насосом в кислую канализацию, или вывозятся на станцию нейтрализации.

Анодный хлор-газ перед входом в компрессоры подвергается очистке от возгонов в пяти параллельно включенных рукавных фильтрах:

Хлорная компрессорная оснащена четырьмя компрессорами.

Каждый компрессорный агрегат оснащен кислотоотделителем и холодильником со змеевиком. В качестве рабочей жидкости хлорных компрессоров используется серная кислота, которая также поступает на всас компрессора. Во время нагнетания часть серной кислоты увлекается вместе с хлор-газом. В кислотоотделителе она отделяется, а затем проходит через змеевик холодильника, где охлаждается водой и снова поступает на всас компрессора.

На каждом сборном напорном коллекторе хлора установлена каплеуловитель (ловушка), для улавливания капель серной кислоты, увлекаемых хлор-газом с кислотоотделителей. После тонкой очистки в каплеуловителе, хлор-газ поступает в напорные хлоропроводы, откуда подается потребителям. Уловленная из каплеуловителя серная кислота попадает в кислотонакопитель (небольшая цилиндрическая емкость со смотровым окном, расположенная под каплеуловителем и соединенная с ним вертикальной трубой), откуда периодически сливается в бак для растворов отработанной серной кислоты.

Серная кислота поступает в железнодорожных цистернах и перекачивается в цистерны пункта перекачки серной кислоты. Из цистерны, по мере необходимости, перекачивается по кислотопроводам в цистерны хлорных компрессорных, а затем в кислотоотделитель компрессорной установки. Ответственность за прием серной кислоты на пункт перекачки

кислоты, хранение её в технологических ёмкостях несет мастер ОПУ (хлорная служба) электролизного отделения.

Удаление отработанного электролита. В связи с накоплением балластных солей хлористого калия в электролизерах карналлитовой схемы питания перед основной заливкой сырья производится удаление отработанного электролита с помощью вакуум-ковша. Отработанный электролит транспортируется на переработку в электролитейное отделение, где сливается в миксер.

Удаление шламо-электролитной смеси. Извлечение производится с помощью шламового вакуум-ковша со специальным шламосборным инструментом.

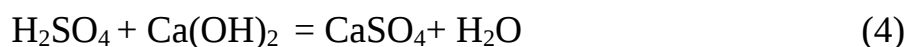
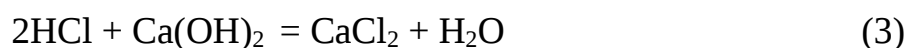
ШЭС карналлитовых электролизеров направляется на грануляцию для получения отработанного электролита, или откачивается на участок хлорирования титанового производства.

ШЭС хлормagneйных электролизеров подвергается осветлению в миксере для осветленного электролита. Полученный осветленный электролит возвращается в электролизеры. Осевшая часть удаляется из миксера грейфером в виде шлама и вывозится на полигон складирования твердых промышленных отходов.

После выборки ШЭС в электролизер загружают хлористый натрий.

1.1.2 Краткая характеристика технологии нейтрализации промышленных стоков

Нейтрализация промышленных стоков производится в баках нейтрализации, находящихся в помещении фильтрации по реакции:



Промышленные стоки по кислой напорной канализации от основных цехов поступают напрямую в секционные баки нейтрализации. После приема промстоков в приемном резервуаре открывается вентиль, пневмоклапан и вентиль. Для обработки промстоков известковым молоком из резервных баков в приемном резервуаре открывают вентили пневмоклапаны. Для обработки промстоков в баках нейтрализации открывают вентили и пневмоцилиндры.

Известковое молоко необходимое для нейтрализации промышленных стоков, поступает в баки нейтрализации с участка гашения по кольцевому трубопроводу. Подача известкового молока осуществляется через клапана. В баках рН-среды доводится до (9,5÷10,5).

При этом образуются малорастворимые и нерастворимые гидрооксиды металлов, а также различные комплексные соединения, которые в виде хлопьев выпадают в осадок.

Подготовка биокоагулянта. Биокоагулянт на основе железа получают ферментационным способом в два этапа:

- приготовление питательной среды 9;
- бактериальная наработка продукта.

Для приготовления питательной среды 9 «К» к заданному объему воды поэтапно прибавляют магний сульфат, калий дигидрофосфат и аммоний сульфат, не нарушая данной последовательности. Смесь подвергают периодическому перемешиванию воздухом до получения однородного раствора, затем в нее вводят серную кислоту, снова перемешивают, а затем прибавляют железа сульфат 7-водный и снова подвергают смесь перемешиванию до однородного состояния с образованием раствора зеленоватого цвета.

Для наработки биокоагулянта на основе железа питательную среду 9 «К» подают в ферментатор, где находится «затравка» готового биокоагулянта на основе железа. Объемные соотношения среды 9 «К» и «затравки» составляют 1:1, полученную смесь подвергают непрерывному перемешиванию посредством аэрации воздухом.

Приготовление питательной среды 9 «К». В бак для питательной среды 9 «К» набирают 1 м³ воды, открыв кран и последовательно загружают реагенты согласно технологическим нормам. Для аэрации открывают вентиль подачи воздуха.

Наработка биомассы на основе железа. Затравку биомассы загружают в ферментатор и открыв кран из бака питательной среды 9 «К» подают в ферментатор готовый раствор в пропорции 1:1. Открывают кран подачи воздуха для аэрации раствора в ферментаторе. Открывают кран для заполнения рубашки ферментатора водой. Включают в работу электроды сопротивления для поддержания заданной температуры раствора в ферментаторе. Открывают задвижку и сливают готовую биомассу в расходный бак, после чего закрывают задвижку, оставив в ферментаторе «затравку». Открывают кран для дозирования необходимого количества биомассы в баки нейтрализации.

1.2 Анализ условий формирования сточных вод. Характеристика их химического состава

В настоящее время, процессам водоочистки и водоподготовки уделяется большое внимание. Рост промышленных стоков существенно влияет на окружающую среду. Наиболее уязвимой частью является гидросфера. Нехватка опресненной воды, увеличение сброса неочищенных промышленных стоков, истощение пресной воды – наиболее важные проблемы. Система хозяйствования в Казахстане не способствовала развитию

работ в области очистки промышленных стоков, поэтому водоемы постепенно увеличивались разными видами загрязнений.

В результате роста промышленных стоков загрязняются не только поверхностные, но и подземные воды.

Усть-Каменогорский титано-магнийский комбинат является единственным производителем титановой губки, титановых слитков и слэбов в Казахстане.

В качестве сырья для получения титана используются титановые концентраты, подвергаемые рудно-термической плавке и последующему хлорированию в расплаве хлоридов щелочных металлов (натрия, калия, магния) с получением тетрахлорида титана. В дальнейшем тетрахлорид титана восстанавливают магнием с получением титановой губки [1-4].

Магний получают из карналлита $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ электролитическим методом. Полученный в процессе электролиза хлор передается на производство титана. Магний-сырец подается на рафинирование и производство слитков магния, используется для восстановления тетрахлорида титана [4,5].

Производство титановых слитков и сплавов включает участки шихтоприготовления, прессования брикетов и сборки электродов, плазменной сварки, печей ВДП, чистки кристаллизаторов, механической обработки слитков.

В результате производства титана и магния образуются отходящие газы, промышленные стоки и твердые отходы, при котором имеется вероятность оказывать негативное влияние на окружающую среду и человека.

При производстве титана и магния требуется значительное количество воды, которая поступает из естественных водоемов.

Также был проведен анализ негативного влияния титано-магниевого производства на окружающую среду. Анализ показал, что основным источником экологической нагрузки предприятия являются промышленные стоки, состоящий из кислых и щелочных стоков [6]:

– кислые стоки - образуются в последствии получения губчатого титана и магния при очистке технологических газов от хлороводорода при помощи абсорберных систем. В производстве магния образование кислых стоков связано с гидроразрывом возгонов хлоропроводов и осушкой анодного хлоргаза. Загрязненные стоки содержат хлориды магния, калия, натрия, кальция, сульфиды, сульфат-ионы, взвешенные вещества. В производстве титана кислые стоки формируются в результате гидроразрыва расплава титановых хлораторов и содержат хлорид-ионы, ионы кальция, магния, калия, натрия, железа, титана и др. [7-12]. Образование кислых стоков на октябрь 2020 год составляет $78 \text{ м}^3/\text{сут}$.

– щелочные стоки – образуются в результате очистки технологических газов от хлора при помощи известкового молока в скрубберных системах. Объем щелочных стоков составляет за этот же период $102 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Количество промышленных стоков, образующихся в процессе титано-магниевого производства представлено в таблице ниже:

Таблица 1 - Количество промышленных стоков, образующихся в процессе титано-магниевого производства.

№ п/п	Наименование	Кислые стоки м ³ /сут	Щелочные стоки м ³ /сут
1	Производство очищенного тетрахлорида титана	30	-
2	Электролиз магния	2	-
3	Производство титановой губки	4	-
4	Газоочистка	62	102
5	Производство титановых слитков и слябов	4	-

На основании анализа установлено, что промышленные стоки АО «УКТМК» представляют собой непрозрачную жидкость, плотностью 1,0-1,2 г/см, рН которых изменяется в широких пределах (0,1-13,5).

Формирование промышленных стоков титано-магниевого производства во многом зависит от периодичности смены абсорбентов в газоочистных сооружениях, размыва возгонов и обмыва технологического оборудования. Промышленные стоки характеризуются высокой минерализацией и содержат широкий перечень ионов металлов, существенно различающиеся по химическим свойствам. В состав промышленных стоков входят ионы щелочных, щелочноземельных, амфотерных, тяжелых металлов, что необходимо учитывать при разработке технологии их обезвреживания.

Основной принцип нейтрализации промышленных стоков в АО «УКТМК» основан на смешении кислых и щелочных стоков и в доведении до нейтрального рН с 6,5 до 8,5.

Традиционной технологией обезвреживания осадка является его сгущение в специальных шламонакопителях.

Шламонакопитель – это гидротехническое сооружение для укладки хвостов производства. Предназначением шламонакопителя является прием нейтрализованных стоков титано-магниевого производства и их отстаивание, а также хранение.

В настоящее время количество промышленных стоков, направляемых в шламонакопитель ориентировочно составляет 65 700 м³ /год (до 2890,8 т/год твердого осадка) в зависимости от выхода основной продукции.

Усредненный состав образующихся промышленных стоков (по литературным источникам и по данным химического анализа) титано-магниевого производства представлена в таблице ниже:

Таблица 2 - Усредненный состав образующихся промышленных стоков титано-магниевого производства.

№ п/п	Наименование	Химический анализ на август 2020 мг/дм ³	Химический анализ на сентябрь 2020 мг/дм ³	Химический анализ на октябрь 2020 мг/дм ³
1	K	335	369	301
2	Li	0,23	0,60	0,96
3	Na	165	156	901
4	Mg	14	15	22
5	Ca	3652	4585	5248
6	Zn		<0,005	
7	Ti	0,079	0,025	0,069
8	Cu	0,001	0,001	0,01
9	Fe	<0,050	<0,050	<0,050
10	V	0,049	0,12	<0,001
11	Pb	<0,01	0,011	<0,01
12	Mn	0,073	0,0024	3,3
13	Cd	<0,001	<0,001	0,0013
14	Cr ⁺⁶	0,55	-	0,44
15	Cl ⁻	8596	2548	1568
16	pH	8,0	7,0	7,5

1.3 Анализ процессов осаждения взвешенных частиц промышленных стоков титано-магниевого производства с целью очистки

1.3.1 Методы обезвреживания сточных вод титано-магниевого производства с использованием местного ресурсного потенциала их компонентов

В настоящее время существует множество разработок по нейтрализации кислых и щелочных стоков, до стадии их смешения в общем потоке с получением товарных продуктов.

Авторами [16] разработан способ получения искусственного карналлита при помощи утилизации шламов титановых хлораторов. Шлам из титанового хлоратора растворяют в воде, далее обрабатывают MgO (каустическим магнезитом) для осаждения гидроксидов железа, алюминия, марганца, кремния. Затем, осветленную жидкую фазу, содержащую хлориды магния и калия обрабатывают гипохлоритом кальция или хлорной известью с получением концентрированного раствора хлоридов магния и калия, который в дальнейшем смешивают с отработанным электролитом магниевого производства и кристаллизуют искусственный карналлит. Данный метод обеспечивает извлечение магния и калия, но при этом происходит потеря ценных компонентов.

В авторском свидетельстве [17] предложен иной способ получения искусственного карналлита в результате которых технологические отходы магниевого и титанового производства утилизируются отдельно. Технологические отходы титанового производства выщелачивают водой, технологические отходы магниевого - соляной кислотой, полученные

фильтраты смешивают и нейтрализуют магнезитом с образованием гидроксидов металлов. После отделения малорастворимых гидроксидов, раствор, содержащий хлориды магния, калия, натрия, кальция смешивают с отработанным электролитом до соотношения $MgCl_2:KCl=1:1,6$ и выпаривают искусственный карналлит. Осадок гидроксидов металлов обрабатывают серной кислотой с получением сульфатов металлов.

В работе [18] предлагается рабочая жидкость, образующийся в результате гидроразмыва отработанного расплава титановых хлораторов, направлять на осветление в гидроотстойники, после чего использовать его повторно для размыва вместо свежей воды. Образующийся концентрированный раствор предлагается использовать в качестве сырья для получения пигментов, извлечения цветных металлов, в качестве коагулянта для очистки бытовых стоков.

Авторами [19] решалась проблема переработки концентрированных растворов шламов титановых хлораторов с получением черных термостойких неорганических пигментов. Способ предусматривает обработку раствора от гидроразмыва шлама титановых хлораторов щелочным реагентом до pH 2,5-4,5 осаждением гидроксидов металлов, затем раствор фильтруют и смешивают с раствором, образующимся при выщелачивании медьсодержащего плава процесса очистки тетрахлорида титана от соединений ванадия в соотношении 1: (0,5-2) соответственно. После чего раствор обрабатывают щелочным реагентом до pH 9-11, суспензию фильтруют, а осадок промывают, сушат и дополнительно прокаливают при 400-700 °С. В результате получают пигмент глубоко черного цвета с коэффициентом отражения $3,5 \pm 0,5$ %, укрывистостью $4,5 \pm 0,5$ г/м², pH водной суспензии $7,0 \pm 0,5$.

Рядом авторов [20-23] разработаны технологии циркуляции, полученной в результате гидроразмыва пульпы, что позволяет сократить забор свежей воды на технологические нужды, а также снизить количество образующихся сточных вод.

В работе [20] предложен способ циркуляции пульпы от гидроразмыва шламов титановых хлораторов до получения насыщенных хлоридами растворов. Полученный раствор обрабатывается известковым молоком и флокулянтom с образованием гидроксидов металлов в виде осадка, который затем фильтруется и промывается. Недостатком данного способа является нерешенность проблемы переработки высокоминерализованных сточных вод, образующихся при многократной циркуляции пульпы.

В отличие от [20] в работе [23] предусмотрена технология циркуляции пульпы с последующим получением товарных продуктов. Согласно патенту [23] осаждение гидроксидов металлов ведут щелочным реагентом в три стадии при различных значениях pH растворов, в результате чего обеспечиваются условия селективного осаждения железа и марганца, получения скандий содержащего черного хромового концентрата, железо-окисных пигментов, оксида марганца. Несмотря на то, что данный способ обеспечивает получение товарных продуктов, он является труднореализуемым, поскольку сопряжен с

образованием осадков с высоким содержанием тория, скандия, что приводит к необходимости принятия специальных мер по радиоактивной безопасности и дальнейшей утилизации радиоактивных отходов.

Авторами [24] была предпринята попытка усовершенствования технологии [23] с целью создания малоотходной радиационно-безопасной технологии. Отличием способа является ввод в пульпу во время ее циркуляции сульфита натрия, а после циркуляции - обработка ее хлоридом бария для осаждения ионов тория и радия. Осадок фильтруют, промывают раствором, содержащим хлорид магния, высушивают, термообработывают, прессуют и формуют. Хотя способ предусматривает осаждение радиоактивных металлов в начале процесса, он является так же труднореализуемым и дорогостоящим, поэтому его внедрение на практике маловероятно.

На основании проведенного анализа установлено, что методы локального обезвреживания труднореализуемы, экономически затратные и не обеспечивают комплексную утилизацию всех образующихся отходов, поэтому были проанализированы разработанные технологические схемы обезвреживания всего потока сточных вод титаномагниевого производства.

1.3.2 Реагентные методы обезвреживания промышленных стоков титаномагниевого производства

С учетом проведенного анализа научно-технической информации [25-33] установлено, что традиционным способом обезвреживания сточных вод титаномагниевого производства является реагентная обработка стока с последующим его осветлением. Различие технологий заключается в использовании реагентов для обезвреживания тяжелых металлов и флокулянтов для увеличения скорости осаждения образующихся осадков.

Авторами [34] предложен способ очистки сточных вод титаномагниевого производства путем их смешения, обработки известковым молоком, коагуляции с использованием биокоагулянтов и флокуляции в одном контактном аппарате, после чего происходит осаждение взвесей, которые откачивают и обезвреживают на вакуум-фильтрах. Осветленная жидкая фаза поступает на сброс. Недостатком данной технологической схемы является одновременная подача реагентов в одну емкость, что снижает эффективность осаждения взвешенных веществ и приводит к их высокому содержанию в очищенных сточных водах.

Казахстанскими специалистами [35] была разработана и внедрена в промышленное производство новая биотехнология по крупнотоннажному выпуску биомассы коагулянта на основе трехвалентного железа и очистки ею сточных вод Усть-Каменогорского титано-магниевого комбината, защищенная тремя патентами [36 - 38]. Производство продукта основано на непрерывной аэрации воздухом с удельным расходом $65,3-74,7 \text{ м}^3/(\text{сут} \cdot \text{м}^3)$ инокулята штамма ацидофильных бактерий *Thiobacillus ferrooxidans* и

минерализованной питательной среды, состава, кг/м³: сульфат магния 7-водный - 0,192-0,208; дигидроортофосфат калия – 0,012-0,013; серная кислота - 0,192-0,216; сульфат двухвалентного железа 7-водный – 139,0-158,8; вода – до 1 м³, взятых в объемном соотношении 1:1, при температуре от +28 до +30 °С до получения содержания трехвалентного железа в количестве 28,0-32 г/дм³. Биокоагулянт на основе трехвалентного железа обладает высокими коагуляционными свойствами. При обработке им сточных вод осаждаются металлы, как в катионной, так и в анионной формах. При этом процесс протекает в щелочной среде.

В работе [39] предложен метод, предусматривающий отделение взвешенных веществ отдельно из щелочного и кислого стоков, смешение потоков, дополнительную обработку известковым молоком, отстаивание в горизонтальном отстойнике, обработку осветленной части биокоагулянтom и флокулянтom, вторичное отстаивание. При этом осветленная жидкая фаза поступает на сброс, а осадок обезвоживается на вакуум-фильтрах. Недостатками разработанной технологии является низкая эффективность очистки от взвешенных веществ, высокая стоимость и сложность приготовления реагентов, многостадийность процессов, что приводит к значительному повышению капиталовложений.

Известен способ очистки сточных вод титано-магниевого производства, включающий смешивание производственных сточных вод в приемном резервуаре, подачу полученной смеси насосами на стадию нейтрализации в контактные баки, куда одновременно дозированно подают известковое молоко, биокоагулянт и флокулянт. В результате происходит коагуляция загрязняющих веществ с образованием шламов, накапливающихся в нижней части контактных баков. Затем подачу реагентов в сточные воды прекращают, выдерживают 1 час, откачивают шламы посредством насосов на узел фильтрации, с помощью вакуум-фильтров разделяют суспензию на две части, осветленную часть откачивают в сборный коллектор и затем в открытый водоем, а сгущенную часть шламов после фильтрации направляют в шламохранилище на полигоне. Недостатком данного способа очистки сточных вод является низкая степень очистки сточных вод от твердых взвесей за счет одновременной подачи реагентов в одну емкость, это не позволяет повысить степень очистки сточных вод от вредных примесей. Кроме того, периодичность процесса не позволяет повысить производительность установки, а использование биокоагулянта приводит к повышению затрат на очистку сточных вод и к усложнению технологического процесса.

Авторами [22] предложен способ очистки сточных вод титаномagneвиевого производства, включающий смешение кислого и щелочного стоков, обработку известковым молоком до щелочной среды с одновременным перемешиванием воздухом, стадию обработки органическим флокулянтom при соотношении флокулянт:раствор, равном 1:38-40, осветление суспензии отстаиванием, сгущение шлама в отстойниках-сгустителях с последующим размещением в шламохранилище. Осветленный сток направляют на сброс, а жидкую фазу от сгущения шлама - в голову

процесса. Недостатком способа является низкая степень очистки по взвешенным веществам в связи с кратковременной обработкой флокулянта. Кроме того, применение сжатого воздуха для перемешивания связаны с большими энергетическими затратами.

Способ очистки сточных вод титано-магниевого производства, включает смешивание промышленных стоков, отделение из них твердых взвесей в песколовке, перемешивание, нейтрализацию известковым молоком, обработку водным раствором флокулянта Праестол. Стоки нейтрализуют известковым молоком (концентрация CaO – 100 г/дм^3) в две стадии: первоначально после отделения твердых взвесей в движущийся поток стоков подают известковое молоко при объемном расходе известкового молока, равном $5\text{-}20 \text{ м}^3/\text{час}$, перемешивают (механической мешалкой и барботажем сжатым воздухом) в течение $1,0\text{-}1,5$ часа и затем вновь обрабатывают известковым молоком при объемном расходе, равном $0,1\text{-}5,0 \text{ м}^3/\text{час}$. Шлам со стадии отстаивания смешивают со шламом со стадии нейтрализации и со шламом со стадии обработки флокулянта, перемешивают и полученную шламовую смесь обрабатывают водным раствором флокулянта Праестол при массовой концентрации, равной $0,5\text{-}0,8 \text{ масс } \%$, и при объемном соотношении шлам: флокулянт, равном $(10\text{-}20):1$.

Анализ существующих методов обезвреживания сточных вод титаномагниевого производства показал, что в результате проведения процессов в неоптимальных условиях (недостаточное время контакта реагентов со стоками, неоптимальные дозы реагентов, малоэффективные способы осаждения взвешенных веществ и сгущения образующегося осадка и пр.) значительно снижается степень очистки по взвешенным веществам и ионам металлов. Кроме того, применение низкоэффективных методов обезвреживания осадка может приводить к вторичному загрязнению осветленных сточных вод и негативному воздействию на объекты окружающей среды. Поэтому, с целью разработки технологических решений по обезвреживанию сточных вод необходимо предусмотреть способы оптимизации условий проведения процесса реагентной обработки и обезвреживания образующегося осадка.

Поскольку, как было установлено выше, сточные воды титаномагниевого производства характеризуются значительным содержанием минеральных солей, для разработки технологии по снижению минерализации был выполнен анализ существующих методов деминерализации сточных вод.

1.3.3 Методы деминерализации сточных вод

В настоящее время в титано-магниевом производстве одним из способов доочистки сточных вод является перекачка в гидротехническое сооружение, представляющее собой искусственный канал, предназначенный для дренирования грунтовых вод, приема поверхностного, стока, приема и

транспортировки сточных вод к месту сброса, осаждения загрязняющих веществ [6].

Подобные гидротехнические сооружения могут выполнять функцию приемника промышленных стоков для нескольких предприятий. Так как перечень загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами предприятий, обширен, в русле канала происходят процессы химической трансформации соединений.

В результате смешения сточных вод абонентов рН стоков изменяется, что приводит к протеканию сложных химических процессов в русле канала.

К примеру, содержание таких элементов как магний, свинец, железо, марганец, медь, ванадий и др. на выпуске из канала в водоем может снизиться по сравнению с исходным их содержанием в стоках абонентов за счет гидролиза солей этих металлов, образования труднорастворимых гидроксидов и их дальнейшего перехода в донные отложения, как правило, в кислоторастворимых формах.

Так же возможно образование труднорастворимых сульфатов кальция (CaSO_4), протекание процессов адсорбции или ионного обмена, поступающих со стоками веществ с веществами, содержащимися в донных отложениях канала.

Процессы нейтрализации и адсорбции загрязняющих веществ приводят к уменьшению их концентраций в воде и увеличению их содержания в донных отложениях канала. Процессы адсорбции загрязнителей веществами донных отложений канала, а также процессы трансформации растворимых форм соединений в нерастворимые приводят к увеличению объема осадка, накоплению в нем гидроксидов тяжелых металлов, что будет приводить к повышению токсичности донных отложений и сложности их дальнейшей утилизации.

В свою очередь, заиление дна канала приводит к уменьшению его рабочего объема, увеличению скорости течения воды и уменьшению времени обезвреживания и осаждения загрязняющих веществ.

Увеличение скоростей течения может привести к взмучиванию (пептизации) донных отложений, следовательно, сброс взвешенных и других, накопленных в русле канала загрязняющих веществ в принимающий водоем так же может увеличиться. Таким образом, осаждение загрязнителей в русле канала является неэффективным способом снижения их концентраций в сбрасываемых стоках, поскольку постепенное заиление дна приводит к нарушению функционирования канала как комплекса гидротехнических сооружений.

Таким образом, промышленный канал не решает проблему снижения общей минерализации стоков. Необходимость периодической чистки канала (не реже 1 раза в год) делает его использование нерентабельным.

Наиболее целесообразно использование физико-химических методов доочистки сточных вод с получением товарных продуктов.

К физико-химическим методам относятся: выпаривание с последующей конденсацией паровой фазы, ионный обмен, электрохимический метод, мембранные методы очистки.

На основании анализа данных [40-47] установлено, что широкое распространение в очистке сточных вод получили методы ионного обмена, осуществляемые с использованием ионитов природного и искусственного происхождения.

К неорганическим природным ионитам относятся цеолиты, глинистые материалы, полевые шпаты, различные слюды и др. Катионообменные свойства их обусловлены содержанием алюмосиликатов типа $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$. Ионообменными свойствами обладает также фтор апатит $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3]\text{F}$ и гидроксилapatит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 \cdot (\text{OH})_2$. К органическим природным ионообменным материалам относятся каменные и бурые угли, торф, целлюлоза и др. К неорганическим синтетическим ионитам относят силикагели, пермутиты, труднорастворимые оксиды и гидроксиды некоторых металлов (алюминия, хрома, циркония и др.).

Наиболее широкое применение нашли синтетические органические иониты на основе высокомолекулярных органических соединений направленного синтеза, обладающие постоянством состава и воспроизводимостью свойств, высокой способностью к обмену ионами, химически устойчивые, механически прочные, с чрезвычайно широкими возможностями практического применения. В работах авторов [33,44] установлены лиотропные ряды ионов по энергии их вытеснения из сильно и слабокислотных катионов. Например, для сильнокислотного сульфокатиона КУ-2 получен следующий ряд: $\text{H}^+ < \text{Na}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Zn}^{2+} < \text{Co}^{2+} < \text{Cu}^{2+} < \text{Cd}^{2+} < \text{Ni}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Sr}^{2+} < \text{Pb}^{2+} < \text{Ba}^{2+}$. Для слабокислотного катионита КБ-4: $\text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Ni}^{2+} < \text{Co}^{2+} < \text{Cu}^{2+}$.

Процессы ионообменной очистки сточных вод проводят на установках периодического и непрерывного действия, однако, несмотря на их широкое использование в практике водоочистки, для сточных вод титаномагниевого производства применение таких технологий малоэффективно, т.к. в этом случае необходима реализация многостадийной схемы очистки сточных вод, как от анионов, так и от катионов. К недостаткам метода ионного обмена так же относится большой расход реагентов на регенерацию ионитов, что приводит к значительным затратам на их транспортировку и хранение, необходимости организации реагентного хозяйства. Так же возникает проблема утилизации отработанных ионитов и растворов регенерации. Кроме того необходимо учитывать высокую стоимость сорбентов.

В работах [40, 47, 48] приведены данные по возможности использования метода обратного осмоса, электродиализа в практике обессоливания промышленных сточных вод.

Существенным недостатком метода обратного осмоса, который лидирует среди других методов, являются высокие энергозатраты, необходимость предварительной водоподготовки (подкисление воды, очистка

от взвешенных веществ и т.д.) и утилизация высококонцентрированных растворов.

Такой метод как электродиализ, являясь теоретически перспективным, не нашел широкого применения из-за несовершенства, неразработанности и высокой стоимости.

По данным [49-53] на сегодняшний день все большее применение находят мембранные технологии водоочистки, основанные на избирательном проникновении молекул и гидратированных ионов через поры полупроницаемых мембран. При использовании мембранных методов степень обессоливания может достигать 99,6 %. Условные границы применения процессов представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Характеристика мембранных методов

№ п/п	Виды загрязнений	Размер пор, м	Метод очистки
1	Механические взвеси, окисленные загрязнения	$1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-4}$	Механическая очистка воды, макрофильтрация
2	Бактерии, коллоиды, взвеси	$1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-5}$	Микрофильтрация
3	Коллоиды, бактерии, вирусы, молекулы больших соединений	$2 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-7}$	Ультрафильтрация
4	Многочargedные ионы, молекулы, вирусы	$2 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-9}$	Нанофильтрация
5	Ионы	$< 1 \cdot 10^{-9}$	Обратный осмос

Полимерные органические ультрафильтрационные и обратно-осмотические мембраны получают на основе ацетатов целлюлозы, полиамида, полисульфоновых материалов.

В работах [40, 42, 47, 49, 50] показано, что в практике водоочистки используются различные типы мембран. Ацетатцеллюлозные мембраны обладают высокой проницаемостью для воды при весьма низкой проницаемости для солей. К недостаткам ацетатцеллюлозных мембран можно отнести их низкую устойчивость к действию щелочей. Они полностью омыляются с образованием гидроатцетатцеллюлозы при воздействии концентрированных растворов щелочей при нормальной температуре и их разбавленных растворов при повышенной температуре.

Широкое применение находят полиамидные мембраны, обладающие устойчивостью к воздействию щелочей и к минеральным кислотам, характеризуются высокой термостойкостью (до 400 К). Однако полиамидные мембраны имеют более низкую проницаемость, чем ацетатцеллюлозные, и чувствительны к действию окислителей, например, к свободному хлору (Сб), который вызывает разрушение амидной группы.

В практике очистки минерализованных сточных вод используют сульфированные полисульфоновые мембраны. В основном это синтетические полимерные мембраны, содержащие ионогенные группы в поверхностном слое или по всей их толщине. Ведение сульфогрупп в поверхностный слой приводит к возникновению заряда на поверхности мембраны, что позволяет использовать их в процессах ультрафильтрации разбавленных растворов ионогенных высокомолекулярных соединений.

Хорошими механическими и термическими свойствами обладают полиимидные мембраны. Они нерастворимы во всех органических растворителях и широко используются в системах водоочистки.

В последние годы быстрыми темпами развиваются работы по созданию и промышленному освоению неорганических мембран. Неорганические мембраны в зависимости от химического состава материалов, из которых их формируют, разделяют на керамические, стеклянные, графитовые, металлические и композиционные (керметы, углеграфитовые, керамика на графите и т. п.).

По сравнению с полимерными органические мембраны обладают рядом преимуществ. Наиболее важными достоинствами неорганических мембран являются: возможность разделения смесей и растворов при высоких температурах; устойчивость в химически и биологически агрессивных средах, в различных растворителях; возможность получения мембран со специфическими свойствами и регулирование этих свойств; способность сохранять свои свойства при нагреве; способность работать при высоких давлениях. Однако существенным недостатком неорганических мембран является их высокая стоимость и хрупкость [40].

Достоинства мембранных методов являются: отсутствие фазовых переходов при отделении примесей, что позволяет вести процесс при небольшом расходе энергии; возможность проведения процесса при комнатных температурах без применения или с небольшими добавками химических реагентов; простота конструкции аппаратуры; работа установки может быть легко автоматизирована и мало зависит от качества исходной воды; методы характеризуются высокой селективностью для растворимых солей в пределах 95-98 %. К недостаткам мембранных методов можно отнести следующее:

- высокая стоимость (процесс протекает при повышенных давлениях, что вызывает необходимость специальных уплотнений аппаратуры и приводит к увеличению стоимости применения данного метода. Кроме того не менее чем два раза в год требуется полная замена мембранных фильтров);
- при обслуживании мембранных установок проводится не менее четырех раз в год тщательная промывка фильтрующих систем, что приводит к дополнительному образованию загрязненных стоков, которые тоже необходимо будет утилизировать;
- возникновение явления концентрационной поляризации, которое заключается в росте концентрации растворенного вещества у поверхности

мембраны, что при высоком солесодержании веществ в исходном растворе приведет к снижению качества очищенной воды.

2 Экспериментальная часть

2.1 Исходные реагенты и методика исследований, аппаратура

Формирование промышленных стоков АО «УКТМК» образуются в последствии получения титана и магния. Промышленные сточные стоки представлены двумя основными потоками:

– кислый - формируется в последствии получения титана и магния. В магниевом производстве образование кислого стока связано с гидроразмывом возгонов хлорпроводов и осушкой анодного хлоргаза. А также при размывке технологической тары.

– щелочной – образуется в результате очистки технологических газов от хлора и хлорида водорода известковым молоком и представляет собой раствор с высоким содержанием карбоната кальция, гидроксида кальция, гипохлорита кальция, хлорида кальция.

Таблица 4 – Методы исследования, аппаратура

Объекты исследования	Наименование пробы	Метод исследования	Стандарты анализа	Ед. изм.
Ti, Fe(об), Na, K, Zn, V, Cu, Cr, Mn, Li, Al, Pb, Cd, Лантаноиды, U, Th, Cs, Sc, Ba, Zr, Nb.	Осветленная часть промышленных стоков.	Масспектроскопия с индуктивно связанной плазмой [68].	-	мг/дм ³
Жесткость Ca, Mg		Жесткость воды. Методика выполнения измерений титриметрическим методом с трилоном Б [59].	РД 52.24.395-2007.	ммоль/дм ³
Хлорид-ионы		Вода сточная. Определение массовой концентрации хлоридов аргентометрическим методом [60].	СТ РК 1496-2006.	мг/дм ³
Нитраты.		Качество воды. Определение нитрата [61].	СТ РК 7890-3-2006.	мг/дм ³

Продолжение таблицы 4

Объекты исследования		Качество воды. Определение нитрата [61].	Стандарты анализа	Ед. изм.
Аммоний солевой.		Массовая концентрация аммиака и ионов аммония в водах [63].	РД 52.24.486-2009.	мг/дм ³
Сульфаты.		Вода. Графиметрический метод определения сульфатов в природных, сточных водах [64].	СТ РК 1015-2000.	мг/дм ³
Сухой остаток.		Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод [65].	ГОСТ 26449.1-85.	мг/дм ³
pH		Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений в водах потенциометрическим методом [66].	ФР.1.31.2 007.03794	-
Плотность.		Продукты химические жидкие. Методы определения плотности [67].	ГОСТ 18995.1-73.	г/см ³
Ti, Fe(об), Na, K, Zn, V, Cu, Cr, Mn, Li, Al, Pb, Cd, Лантаноиды, U, Th, Cs, Sc, Ba, Zr, Nb, Ca, Mg.	Осадки в вакуумном выпаривателе	Масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой ICP-MS Agilent 7500cx [68]. Растровый электронный микроскоп JSM-6390LV системой энергодисперсионного микроанализа INCA, рентгеновский дифрактометр PANalytical X'PertPRO [69].	-	% (масс)

2.2 Исследование химического состава осветленных стоков АО «УКТМК»

2.2.1 Результаты исследований по осаждению взвешенных частиц промышленных стоков титано-магниевого производства с целью очистки

В настоящее время самым распространенным способом выделения из промстоков взвешенных веществ является простое отстаивание в шламонакопителях.

Эксплуатация шламонакопителей приводит к неблагоприятной экологической обстановке воздушного, водного бассейнов и почвы.

Процесс осаждения взвешенных веществ в шламонакопителях протекает в условиях ламинарного режима течения жидкости при значениях числа Рейнольдса менее 2 ($Re < 2$). При этом основным уравнением скорости осаждения взвешенных частиц (гидравлической крупности) в жидкости является формула Стокса:

$$U_0 = (\rho_1 - \rho_{\text{ж}}) \cdot g d^2 / (18 \cdot \mu), \text{ где}$$

U_0 – гидравлическая крупность частицы, м/с; ρ_1 – плотность частицы кг/м^3 ; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, кг/м^3 ; μ – коэффициент динамической вязкости жидкости, $\text{Па} \cdot \text{с}$; d – диаметр шарообразной частицы, м.

Данная формула верна при следующих допущениях:

- частицы должны иметь форму шара. Поскольку форма взвешенных частиц далека от шарообразной вводится понятие «эквивалентный диаметр», который равен диаметру шарообразной частицы, имеющей одинаковую с данной частицей гидравлическую крупность.

- процесс осаждения должен происходить в монодисперсной агрегативно-устойчивой системе, предполагающей, что частицы имеют одинаковые размеры и при осаждении не меняют своей формы и размеров.

Поскольку процесс отстаивания исследуемых сточных вод в шламонакопителях происходит в полидисперсной агрегативно-неустойчивой системе с большим диапазоном размеров частиц, которые в процессе осаждения агломерируются, изменяют форму, плотность и размеры (вследствие чего меняется скорость их осаждения), то кинетика процесса осаждения сточных вод устанавливается опытным путем в лабораторных условиях.

Эффект отстаивания зависит от высоты слоя пульпы, в котором происходит осаждение взвешенных частиц. В лабораторных условиях кинетика процесса отстаивания сточных вод изучается при высоте слоя меньшей, чем глубина натуральных сооружений (шламонакопителей).

Целью данного опыта является исследование скорости отстаивания промышленных сточных вод, поступающих в шламонакопители.

Опыты проводились в цилиндрах объемом 1000 см³, в которые заливали нейтрализованные стоки. Динамика осаждения промышленных стоков представлена на рисунке №1:

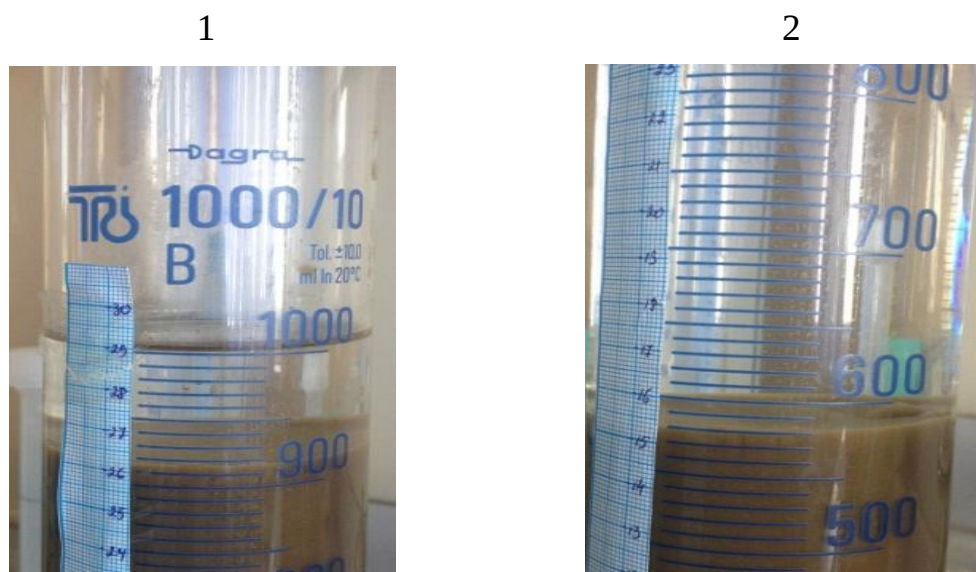


Рисунок 1 – высота осветленного слоя спустя 4 часа (1) и 24 часа (2) после отстаивания промышленных стоков

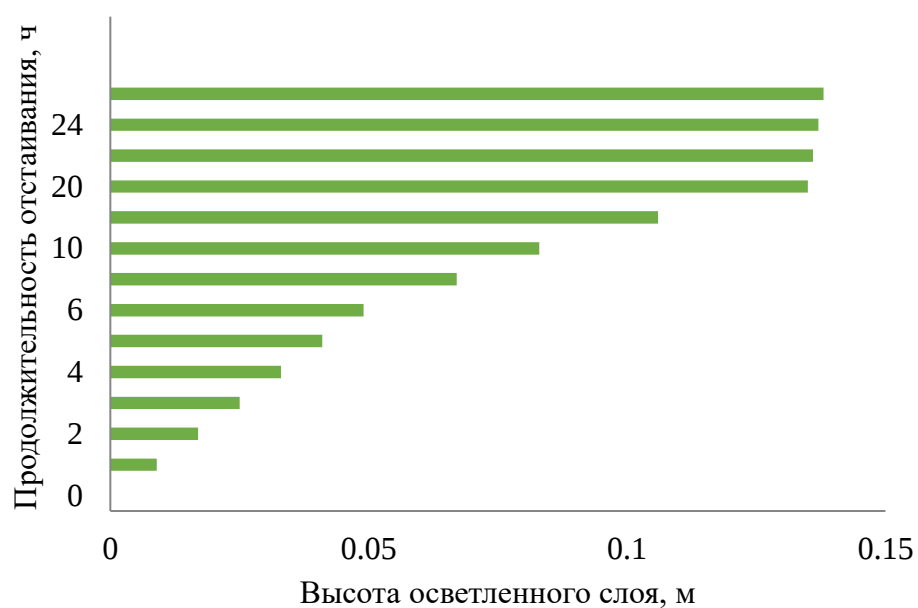


Рисунок 2 – Динамика осаждения взвешенных частиц промышленных стоков

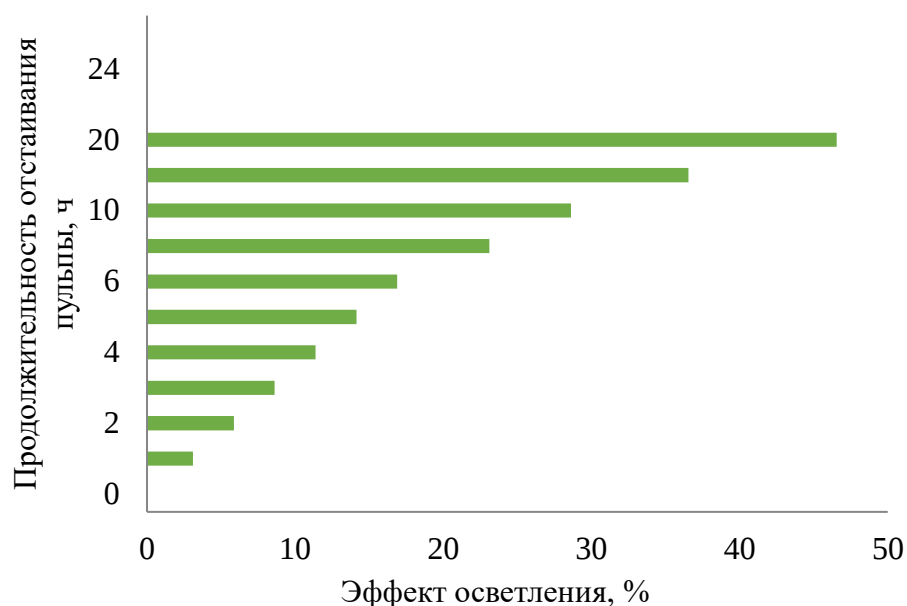


Рисунок 3 – эффект осветления промышленных стоков в зависимости от продолжительности отстаивания

Согласно проведенного анализа наблюдается, что наилучшее осаждение взвешенных частиц зависит от продолжительности времени.

В связи с этим осветленные стоки были отобраны непосредственно вблизи сброса нейтрализованных стоков в шламонакопитель и в самой дальней точки в шламонакопителя от места сброса нейтрализованных стоков.

Результаты минералогических исследований пульпы шламонакопителя отобранных непосредственно вблизи сброса нейтрализованных стоков в шламонакопитель, показали, что пробы содержат следующие соединения:

Таблица 5 – Компоненты и их содержания в осветленных стоках

№	Наименование	Содержание, мг/дм ³	Предельно допустимая концентрация
1	Ti	0,107	0,1
2	Ca	306,5	180,0
3	Fe(об)	2,35	0,1
4	Mg	557,04	40,0
5	Na	655,22	120,0
6	K	953,01	50,0
7	Zn	1,90	0,01
8	V	0,039	0,001
9	Cu	0,270	0,001
10	Cr	0,520	0,001
11	Mn	126,8	0,01
12	Li	0,04	-
13	Al	1,25	-

Продолжение таблицы 5

№	Наименование	Содержание, мг/дм ³	Предельно допустимая концентрация
14	Pb	0,032	-
15	Cd	0,011	-
16	Лантаноиды	0,97	-
17	U	0,0012	-
18	Th	0,0022	-
19	Cs	0,013	-
20	Sc	0,04	-
21	Ba	1,270	-
22	Zr	0,027	-
23	Nb	0,011	-
24	Va	1,009	-
25	Хлорид-ионы	25223	300,0
26	Нитраты	5,1	-
27	Нитриты	0,55	-
28	Аммоний солевой	1,30	-
29	Сульфаты	4,1	-
30	Хлориды	320,0	-
31	Сухой остаток*	25631	-
32	Жесткость, ммоль/дм ³	36588	-
33	pH	570,0	-
34	Плотность, г/см ³	2,00	-
35	Взвешенные вещества, мг/дм ³	0,862	-

Исследования твердой фазы от промышленных стоков, показали, что пробы содержат следующие соединения:

Таблица 6 – Компоненты и их содержания в твердой фазе

№	Наименование	Содержание, % (масс.)
1	Ti	6,52
2	Ca	9,96
3	Fe(об)	3,55
4	Mg	0,96
5	Na	0,15
6	K	0,14
7	Zn	0,0101
8	V	1,19
9	Cu	0,0113
10	Cr	0,10

Продолжение таблицы 6

№	Наименование	Содержание, % (масс.)
11	Mn	0,123
№	Наименование	Содержание, % (масс.)
12	Li	0,001
13	Al	2,09
14	Zr	0,52
15	Nb	0,88
16	Pb	0,0026
17	Cd	0,0001
18	Лантаноиды	0,0036
19	U	0,00010
20	Th	0,000112
21	Cs	0,00001
22	Cl	9,25
23	SiO ₂ (об)	3,63
24	S (об)	1,69

В представленных таблицах наблюдается, что промышленные стоки характеризуются высокой минерализацией и содержат широкий перечень ионов металлов, существенно различающиеся по химическим свойствам.

Минералогическое исследование твердой фазы пульпы шламонакопителя показало, что визуально пробы представлены буровой тонкодисперсной массой с зеленоватым оттенком, содержащие в большом количестве гидрослюда $K_4Al_2[(Si,Al)_4O_{10}][OH]_2 \cdot nH_2O$. Содержание $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ составляет приблизительно 3–10%.

Таблица 7 – Химический фазовый анализ твердой фазы пульпы шламонакопителя

№	Наименование	Наименование	% (масс)
1	SiO ₂	Общий	4,96
		Свободный	2,16
2	Ca	Общий	9,36
		Хлорид	2,45
		Карбонат	4,45
		сульфат, связанный с алюмосиликатом	1,12
3	TiO ₂	Общий	11,26
		Ильменит	5,25
		Рутил (лейкоксен)	5,48

Продолжение таблицы 7

№	Наименование	Наименование	% (масс)
4	S	Общая	1,26
		Сульфатная, связана с кальцием в виде гипса	1,45
5	Fe	Общее	5,32
		Двухвалентное	0,1
		Трехвалентное	5,36

Наилучшее отстаивание зависит от высоты слоя пульпы и от продолжительности времени, в котором происходит осаждение взвешенных частиц. Осветленные стоки были отобраны с самой дальней точки шламонакопителя от места сброса нейтрализованных стоков. Так как является наилучшей точкой места осаждения твердых частиц.

Таблица 8 – Химический состав осветленной части промышленных стоков

№	Наименование	Содержание, мг/дм ³	Предельно допустимая концентрация
1	Ti	0,030	0,1
2	Ca	202,0	180,0
3	Fe(об)	0,116	0,1
4	Mg	698,2	40,0
5	Na	352,2	120,0
6	K	1522	50,0
7	Zn	0,362	0,01
8	V	0,012	0,001
9	Cu	0,015	0,001
10	Cr	0,142	0,001
11	Mn	25,2	0,01
12	Li	0,071	-
13	Al	0,752	-
14	Zr	0,003	-
15	Nb	0,003	-
16	Pb	0,016	-
17	Cd	0,005	-
18	Лантаноиды	0,006	-
19	U	0,0005	-
20	Th	0,0003	-
21	Cs	0,008	-
22	Li	0,063	-

Продолжение таблицы 8

№	Наименование	Содержание, мг/дм ³	Предельно допустимая концентрация
23	Ва	0,620	-
24	Нитраты	8,56	-
25	Нитриты	1,59	-
26	Аммоний солевой	6,52	-
27	Сульфаты	356,1	-
28	Хлориды	3695	-
29	Сухой остаток	41200	-
30	Жесткость ммоль/дм ³	730	-
31	рН	7,0	-
№	Наименование	Содержание, мг/дм ³	Предельно допустимая концентрация
32	Ва	0,652	-
33	Нитраты	9,15	-

Исследования твердой фазы от промышленных стоков, показали, что пробы содержат следующие соединения:

Таблица 9 – Компоненты и их содержания в твердой фазе

№	Наименование	Содержание, % (масс.)
1	Ti	10,140
2	Ca	9,180
3	Fe(об)	6,595
4	Mg	1,615
5	Na	1,050
6	K	1,624
7	Zn	0,0088
8	V	0,0487
9	Cu	0,0041
10	Cr	0,220
11	Mn	0,0852
12	Li	0,0008
13	Al	8,670
14	Zr	2,540
15	Nb	1,329
16	Pb	0,0031
17	Cd	0,0007
18	Лантаноиды	0,0048
19	U	0,0002
20	Th	0,0005
21	Cs	менее 0,0001

Таблица 10 – химический фазовый анализ твердой фазы пульпы шламонакопителя:

№	Наименование	Наименование	% (масс)
1	SiO ₂	Общий	2,58
		Свободный	2,01
2	Ca	Общий	7,25
		Хлорид	1,54
		Карбонат	2,14
		сульфат,	32,2
№	Наименование	Наименование	% (масс)
3	TiO ₂	Общий	9,25
		Ильменит	6,25
		Рутил (лейкоксен)	2,42
4	S	Общая	0,96
		Сульфатная, связана с кальцием в виде гипса	5,69
5	Fe	Общее	4,32
		Двухвалентное	1,5
		Трехвалентное	2,58

Согласно представленным таблицам, наблюдается, что в самой дальней точке шламонакопителя от места сброса нейтрализованных стоков происходит наилучшее осаждение взвешенных частиц с наименьшим содержанием компонентов.

2.2.2 Исследования реагентной обработки сточных вод титаномагниевого производства

В промышленных стоках содержатся ионы (Fe^{+2} , Mn^{+2}), которые в слабощелочной среде, как правило, образуют гидроксиды железа – $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и марганца – $\text{Mn}(\text{OH})_2$, которые способны в водных средах постепенно окисляться до более устойчивого гидроксида железа - $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и оксида марганца – MnO_2 . Глубина связывания ионов тяжелых металлов при реагентной обработке зависит от произведения растворимости (ПР) образующихся гидроксидов.

В таблице ниже представлены данные по растворимости металлов, рассчитанные на основании данных о величине ПР [6].

Таблица 11 – Компоненты и их содержание

№	Наименование	Величина ПР	мг/дм ³	ПДК мг/дм ³
1	Mg(OH) ₂	$1,9 \cdot 10^{-11}$	4,034	40
2	Fe(OH) ₃	$4,0 \cdot 10^{-38}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	0,5
3	Fe(OH) ₂	$1,8 \cdot 10^{-15}$	0,425	0,5
4	CaSO ₄	$2,4 \cdot 10^{-5}$	196	180
5	Ti(OH) ₄	$8,0 \cdot 10^{-54}$	$1,14 \cdot 10^{-9}$	0,1
6	Cr(OH) ₃	$6,7 \cdot 10^{-31}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$	0,07
7	Mn(OH) ₂	$4,0 \cdot 10^{-14}$	1,155	0,01
8	Cu(OH) ₂	$2,2 \cdot 10^{-20}$	0,011	0,001
9	Zn(OH) ₂	$2,5 \cdot 10^{-16}$	0,26	0,01
10	VO(OH) ₂	$7,4 \cdot 10^{-23}$	$6,8 \cdot 10^{-6}$	0,001

Согласно представленной таблицы полученные данные по содержанию ионов металлов в растворе со значениями ПДК для воды рыбохозяйственного назначения показывает, что концентрации ионов кальция, цинка, меди и марганца в растворе после осаждения гидроксидов будут превышать ПДК в десятки и сотни раз.

рН начала осаждения гидроксидов Fe⁺², Mn⁺², Zn⁺², Mg⁺² в промышленных стоках составляет 7,6-9,6 и при проведении процесса реагентной обработки при рН 8,5 не будет происходить их полного связывания.

Представленные в работе [6] данные свидетельствуют, что осаждение гидроксидов магния, железа (II), цинка и марганца при величине рН в интервале 7- 8 не обеспечит необходимой глубины связывания ионов металлов, поскольку растворимость этих гидроксидов остается высокой.

Значительное понижение растворимости гидроксидов металлов уже будет наблюдаться при рН от 8-9, а при рН около 10 по всем исследуемым компонентам будет наблюдаться минимальная растворимость.

Наряду с образованием гидроксидов, амфотерные металлы (хром (III), цинк (II), железо (III)) в щелочной среде способны образовывать гидрокомплексы, что также необходимо учитывать при определении растворимости образующихся гидроксидов металлов.

Процесс комплексообразования и полнота связывания ионов в гидрокомплексы также определяется величиной рН раствора.

В работе [6], с целью оптимизации процесса реагентной обработки сточных вод были определены величины рН начала комплексообразования и зависимость растворимости гидроксидов с учетом образующихся комплексов от рН среды. При определении рН начала комплексообразования использовали величины константы нестойкости образующихся гидрокомплексов и величину ПР гидроксидов металлов (таблица 11).

Как видно из представленных данных, малорастворимые гидроксиды металлов могут переходить в комплексные соединения при рН выше 10,5, следовательно, процесс осаждения следует вести при рН до 10,5.

Величина рН начала комплексообразования представлена в таблице ниже:

Таблица 12 – Компоненты и их величина рН

№	Наименование	Величина	Константа нестойкости комплексного иона - К	Справочные данные
1	$\text{Fe}(\text{OH})_4^-$	10,3	$1 \cdot 10^{-40}$	13
2	$\text{Cr}(\text{OH})_4^-$	8,90	$1,26 \cdot 10^{-30}$	11,4-14,0
3	$\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$	10,13	$3,6 \cdot 10^{-16}$	10,5-13,5
4	$\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$	10,36	$2,75 \cdot 10^{-15}$	
5	$\text{Ti}(\text{OH})_6^{2-}$	0,80	$8,00 \cdot 10^{-54}$	

По данным расчетов [6] общей растворимости амфотерных гидроксидов (моль/дм³) с учетом комплексообразования можно сделать следующий вывод: растворимость компонентов снижается с увеличением рН. Однако для Fe^{+3} , Cr^{+3} и Zn^{+2} растворимость начинает возрастать при рН около 11, что свидетельствует о процессе комплексообразования. Следовательно, реагентную обработку сточных вод необходимо проводить до рН не более 10,5, чтобы обеспечить образование труднорастворимых гидроксидов металлов и предотвратить их возможное растворение за счет перехода в гидроксокомплексы. Наибольшая зависимость растворимости гидроксида от величины рН характерна для Fe^{+3} , Cr^{+3} и Zn^{+2} . Максимальная степень осаждения исследуемых ионов металлов будет наблюдаться при рН около 10, поскольку данному значению рН соответствуют минимальные растворимости гидроксидов.

Таблица 13 – химически анализ растворов до и после потенциометрического титрования

№	Наименование	Из цилиндров, мг/дм ³	Результаты после потенцио-метрического титро-вания, мг/дм ³
1	Ti	0,116	0,012
2	Ca	289,5	2963
3	Fe(об)	6,3	0,95
4	Mg	769,4	739,2
5	Na	398,5	639,2
6	K	1463	1020
7	Zn	1,25	0,362
8	V	0,042	0,245
9	Cu	0,285	0,015
10	Cr	0,685	0,95
11	Mn	114,2	21,11
12	Li	0,085	0,025

Продолжение таблицы 13

№	Наименование	Из цилиндров, мг/дм ³	Результаты после потенцио-метрического титро-вания, мг/дм ³
13	Al	1,23	0,565
14	Zr	0,0299	0,0016
15	Nb	0,322	0,0015
16	Pb	0,036	0,009
17	Cd	0,011	0,002
18	Лантаноиды	0,078	0,003
19	U	0,002	0,0004
20	Th	0,001	0,0001
21	Cs	0,013	0,0086
22	Ba	1,285	0,499
23	pH	4,20	10-10,5

Нами для определения влияния pH на осаждение основных металлов из сточных вод были проведены исследования в интервале pH 0-12. Результаты экспериментов приведены на рисунках №4,5,6,7.

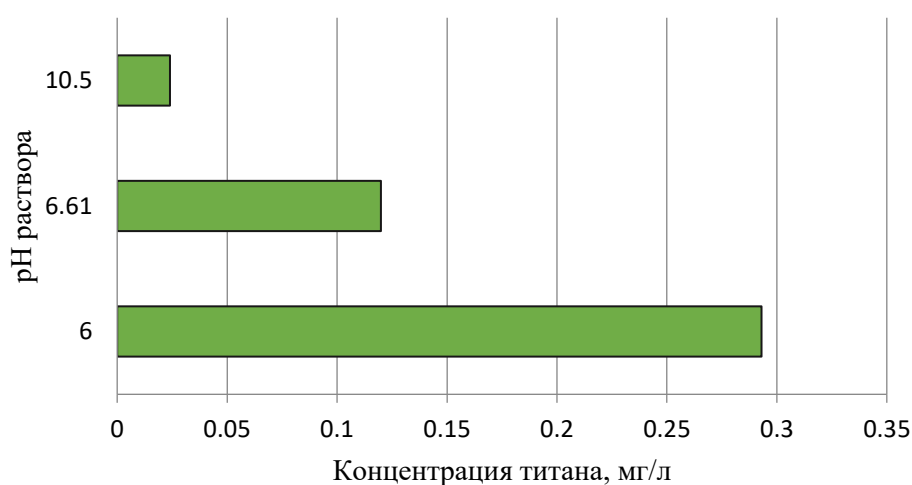


Рисунок 4 – Влияние pH раствора на концентрацию титана в осветленной части промышленных стоков и после потенциометрического титрования

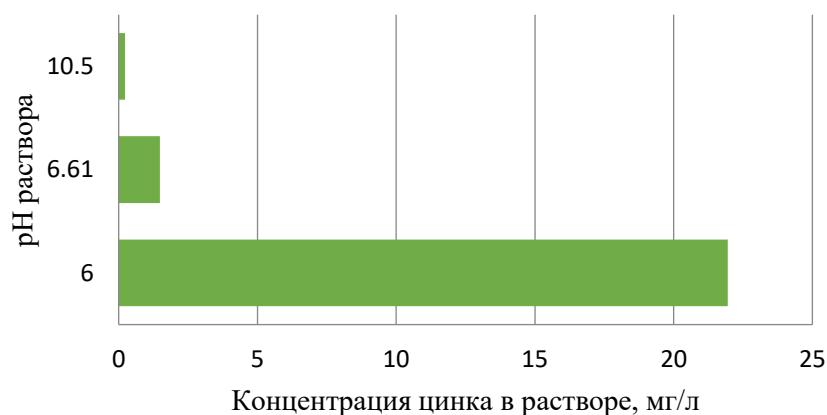


Рисунок 5 – Влияние pH раствора на концентрацию цинка в осветленной части промышленных стоков

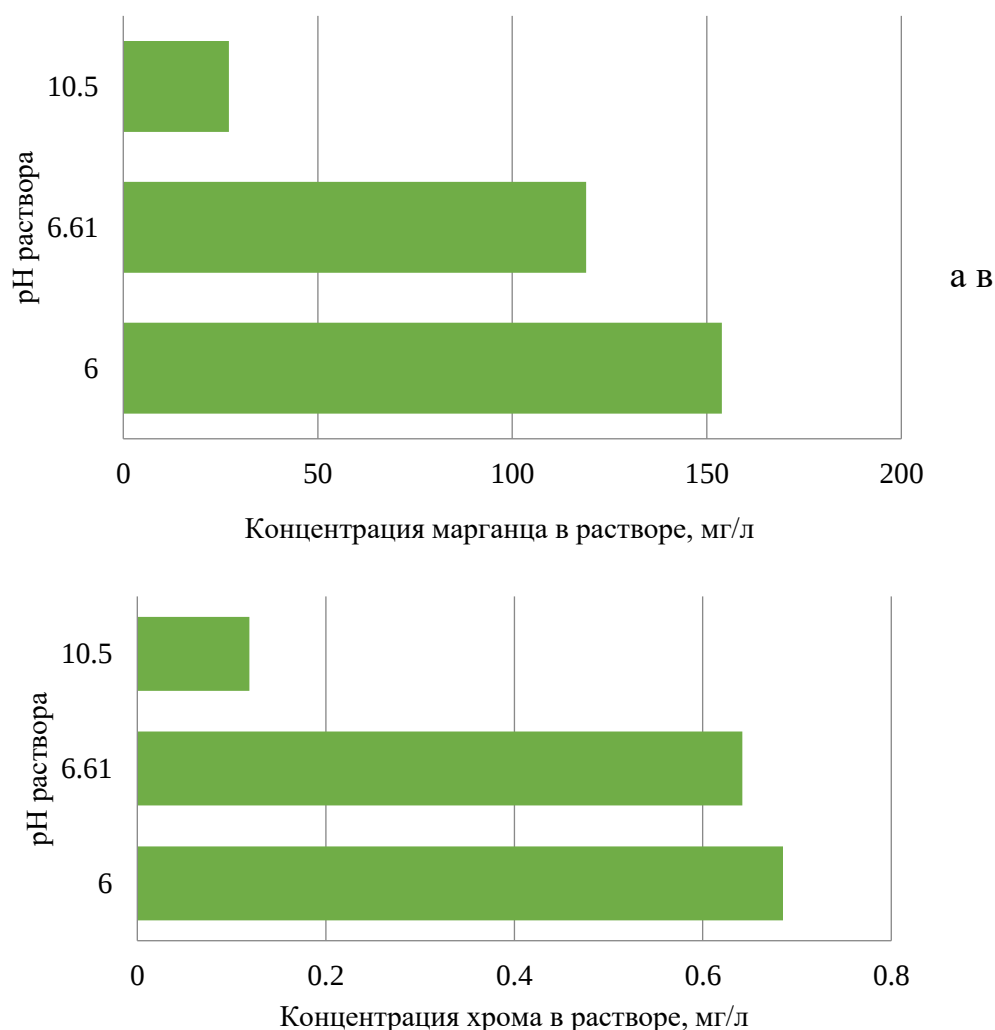


Рисунок 7 – Влияние pH раствора на концентрацию хрома в осветленной части промышленных стоков

Согласно представленных данных процесс осаждения гидроксидов характеризуется двумя плато:

- первое плато зафиксировано при величине pH около 10, при этом цвет суспензии менялся незначительно - коричневато-зеленоватый;
- второе плато наблюдалось при pH 12 (оттенок цвета более светлый).

Опыты по исследованию реагентной обработки промышленных стоков титаномагниевого производства показали, что при pH 10-10,5 обеспечивается максимальное выпадение гидроксидов металлов в осадок.

2.3 Исследование возможности прямой подачи осветленных стоков из шламонакопителя в вакуумный выпариватель

Из результатов, представленных выше, следует, что осветленные промышленные стоки характеризуются высокой минерализацией.

С целью деминерализации промышленных стоков титано-магниевого производства был опробован способ прямой подачи осветленных стоков со шламонакопителя в вакуумный выпариватель.

Вакуумные испарители, (испарители сточных вод) представляют собой эффективные технологии по очистке промышленных сточных вод и предотвращения вреда к окружающей среде. Такая технология позволяет провести очистку сточных вод с высокой степенью, является безопасной и универсальной, легкоуправляемой технологией с низкими затратами.

Применение такой технологии у большинства производств привело к созданию безотходной экономичной технологии.

Вакуумное испарение представляет собой один из самых конкурентоспособных и эффективных методов очистки сточных вод, когда традиционные методы не эффективны или нецелесообразны. Данная технология разделяет сточные воды на два потока: один из них — поток высококонцентрированных отходов, другой — вода высокого качества. Испарители работают в вакууме, поэтому температура кипения жидких стоков становится ниже, и, таким образом, происходит экономия энергии и повышение эффективности.

Испарители сточных вод представляют собой ключевую технологию для внедрения безотходной системы, в которой стоки преобразовываются в твердые отходы и в высококачественную воду, причем, можно повторно использовать и то и другое.

В зависимости от использования или географических критериев, вакуумные испарители получают разные наименования: например, вакуумные дистилляторы, вакуумные концентраторы, испарители воды или промышленные испарители.

Вакуумный выпариватель представлена на картинке ниже:



Рисунок 8 – Вакуумный выпариватель Шелл Евразия Экоприма 50 000 CR

При проведении исследований осветленные стоки были отобраны с самой дальней точки шламонакопителя от места заполнения. Так как является наилучшей точкой места осаждения твердых частиц. Далее данные стоки на прямую закачивались при помощи насосов в танки, после чего компрессор сжимает фреон. При сжатии газ нагревается и достигает температуры 60 °С-70 °С и закачивается в теплообменник камеры кипения. Погруженный в жидкость, он нагревает раствор вокруг себя, который начинает кипеть при достижении температуры 30-35 °С. В этот момент достигается первая стадия эффекта дистилляции – переход из жидкого в парообразное состояние.

После передачи теплоты в камере кипения фреон, испаряется через расширительный клапан и охлаждается. Водяной пар, образованный в камере кипения, попадает в камеру конденсации и конденсируется (преобразуется в жидкость), передавая свое тепло через охлаждающий теплообменник фреону, который поступает на вход компрессора. Таким образом удастся вернуть энергию, затраченную на парообразования в системе. Вакуумный насос создает разрежение (вакуум) внутри камеры кипения и конденсации около 30-40 mbar.

2.3.1 Результаты исследования возможности прямой подачи осветленных стоков из шламонакопителя в вакуумный выпариватель

Для улучшения показателей очистки сточных вод нами были проведены поисковые исследования по прямой вакуумной возгонки промстоков титано-магниевого производства в зависимости от температуры процесса в течение 30 минут при давлении, создаваемым водоструйным насосом менее 50 мбар.

В таблице ниже представлены данные исследований прямой подачи осветленных стоков из шламонакопителя в вакуумный выпариватель, в количестве 16 м³ при давлении, создаваемым вакуумным насосом менее 40 мбар и температуре 50, 60, 70 и 80 °С.

Таблица 14 – Содержание компонентов в конденсате, мг/дм³

№	Наименован.	50 °С	60 °С	70 °С	80 °С
1	Ti	0,0840	0,0725	0,1369	0,1360
2	Ca	7,68	6,15	3,001	3,695
3	Fe(об)	0,19	0,14	0,401	0,407
4	Mg	9,125	8,150	7,011	7,022
5	Na	9,012	9,112	8,003	8,001
6	K	12,65	10,85	10,00	9,59
7	Zn	1,96	0,67	0,51	0,49
8	V	0,0458	0,0215	0,026	0,026
9	Cu	0,3962	0,03800	0,0425	0,0426
10	Cr	0,0675	0,0602	0,0863	0,0859

Продолжение таблицы 14

№	Наименован.	50 °С	60 °С	70 °С	80 °С
11	Mn	0,08	0,06	0,016	0,016
12	Li	0,0089	0,0072	0,0042	0,0034
13	Al	0,46	0,32	0,41	0,41
14	Zr	0,0096	0,0089	0,301	0,301
15	Nb	0,0054	0,0044	0,023	0,19
16	Pb	0,036	0,019	0,009	0,007
17	Cd	0,042	0,029	0,025	0,023
18	Лантаноиды	0,075	0,041	0,046	0,043
19	U	менее 0,0001	менее 0,0001	менее 0,0001	менее 0,0001
20	Th	менее 0,0001	менее 0,0001	менее 0,0001	менее 0,0001
21	Cs	менее 0,0001	менее 0,0001	менее 0,0001	менее 0,0001
22	Ba	0,029	0,022	0,019	0,19
23	Нитраты	0,9	0,6	<0,5	0,5
24	Нитриты	0,08	0,05	0,14	0,12
25	Аммоний солевой	0,3	0,3	<0,3	0,3
26	Сульфаты	<20	<20	<20	<20
27	Хлориды	26,0	26,0	26,0	26,0
28	Взвешенные вещества	-	-	-	-
29	Сухой остаток	105	107	109	109
30	Минерализац ия	153	154	156	155

Таблица 15 – Содержание компонентов в конденсате, мг/дм³

№	Наименование	50 °С	60 °С	70 °С	80 °С
1	Жесткость ммоль/дм ³	0,89	0,75	0,5	0,5
2	pH	6,8	6,95	6,97	6,9

Как показали опытные данные, приведенные в таблице 14 и 15, с повышением температуры от 60 до 70 °С приводит к снижению жесткости дистиллята от 0,75 до 0,5 ммоль/дм³ соответственно, т.е. снижены концентрации щелочных и щелочноземельных металлов.

Влияние температур на содержание компонентов в остатке при подачи осветленных стоков из шламонакопителя в вакуумный выпариватель представлены в таблице ниже:

Таблица 16 – Остатки компонентов и их содержания

№	Температура, °C	Осветлённые стоки, м ³	Конденсат		Остаток после прохождения вакуумного выпаривателя в танках	
			кол-во, м ³	Извлечение, %	Масса остатка, г	Влажность, %
1	50	4	3	75	1	
2	60	4	3,24	81	0,76	79
3	70	4	3,32	83	0,68	63
4	80	4	3,36	84	0,64	

Далее конденсат, полученный при помощи вакуумного выпаривателя был использован в качестве водяного охлаждения вентиляторов марки ВМ. Полученный конденсат, соответствует техническим условиям АО «УКТМК».

3. Экономический расчет при исключении декантерной центрифуги

В данном расчете определен экономический показатель по экономии электроэнергии. В случае исключения декантерной центрифуги путем перекачки осветленных стоков со шламонакопителя на прямую в вакуумный выпариватель производительностью 300 м³/сутки, расчет экономии электроэнергии представлен в таблице ниже:

Таблица 17 – Расчет экономии электроэнергии

№	Наименование	Ед.изм.	Сутки	В месяц	В год
1	Электроэнергия	кВт/час	712,8	21 384	256 608
2	Затраты	тенге	10 563	316 910	3 802 920

Согласно представленной таблице, наблюдается экономия электроэнергии на сумму 3802920 тенге в год.

В связи с исключением декантерной центрифуги с процесса утилизации промышленных стоков, в расчете учтены капитальные затраты, которые включают стоимость строительства сооружения и площадки под оборудования. Расчет экономии строительства представлена в таблице ниже:

Таблица 18 – Расчет экономии строительства

Наименование	Характеристика	К-во	Стоимость ед. материалов и оборудования, тыс. тенге	Общая стоимость, тыс. тенге
Здание, сооружение				
Производственный корпус	Общая площадь 100 м ²	1	—	70 000 000
Итого				70 000 000
Производственная линия				
Приемный бункер	Объем 30 м ³	1	1 000 000	14 000 000
Приемные баки	Объем 30 м ³	3	5 000 000	30 000 000
Насосы	Производительность 15 м ³ /час	6	-	3 000 000
Фундамент под декантерную центрифугу	-	1	500 000	1 000 000
Декантерная центрифуга	Производительность 300 м ³ /сутки	1	-	251 000 000
Итого				369 000 000

Штатная численность и фонд оплаты труда персонала представлена в ниже:

Таблица 19 – Расчет заработной платы

Должность	Количество человек	Средняя заработная плата труда, тенге	Месячная оплата труда	Годовая оплата труда
Аппаратчик	5	150 000	750 000	9 000 000
Электромонтер	2	140 000	280 000	3 360 000
Слесарь-ремонтник	2	140 000	280 000	3 360 000
Итого	9	430 000	1 310 000	15 720 000

С учетом вышеизложенного в случае исключения декантерной центрифуги производительностью 300 м³/сутки путем перекачки осветленных стоков со шламонакопителя на прямую в вакуумный выпариватель производительностью 300 м³/сутки, общая экономия средств составит на сумму 458 522 920 тенге.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

АО «Усть-Каменогорский титано-магниевого комбинат» (далее – АО УКТМК) является единственным производителем титановой губки, титановых слитков и слэбов в Казахстане.

Анализ негативного воздействия титано-магниевого производства на окружающую среду, показал, что основным источником экологической нагрузки предприятия являются образующиеся промышленные сточные воды, характеризующиеся содержанием токсичных тяжелых металлов.

Учитывая, что существующие объемы производства на АО «УК ТМК» в ближайшей перспективе не будут сокращаться, разработка экологически безопасных методов утилизации промышленных сточных вод с целью предотвращения негативного воздействия данных производств на окружающую среду является актуальной задачей.

Из приведенных в диссертационной работе результатов исследований можно сделать следующие выводы:

- изучены составы сточных вод титано-магниевого производства. Сточные воды характеризуются высокой минерализацией и содержат широкий перечень ионов металлов, существенно различающиеся по химическим свойствам. В состав сточных вод входят ионы щелочных, щелочноземельных, амфотерных, тяжелых металлов, редкоземельных элементов, что необходимо учитывать при разработке технологии их обезвреживания.

Минералогическое исследование твердой фазы пульпы шламонакопителя показало, что пробы содержат в большом количестве гидрослюда $K_4Al_2[(Si,Al)_4 \cdot O_{10}][OH]_2 \cdot nH_2O$ и $CaCl_2 \cdot 6H_2O$.

- при помощи химического анализа было показано влияние продолжительности времени осаждения взвешенных частиц промышленных стоков в шламонакопителе.

- исследования реагентной обработки сточных вод показали, что при pH 10-10,5 обеспечивается максимальное выпадение гидроксидов металлов в осадок.

- применение процесса фильтрации промстоков позволяет снизить содержание взвешенных веществ в сточных водах и уменьшить объем образующихся осадков.

- дополнительно была определена наилучшая точка осаждения твердых частиц, которая позволит напрямую выпаривать осветленные стоки в вакуумном выпаривателе;

- изучена возможность выпаривания осветлённых стоков из шламонакопителя в вакуумном выпаривателе Шелл Евразия Экоприма 50 000 CR на прямую, без применения декантерной центрифуги;

- определен экономический расчет при исключении декантерной центрифуги в случае утилизации промышленных стоков объемом 300 м³/сутки.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ТРУДА

К опасным производственным факторам относятся:

- отравление хлором, угарным газом (оксидом углерода);
- получение химических и термических ожогов в результате воздействия кислотных и щелочных растворов;
- воздействие электрического тока;
- механическое поражение движущимися частями оборудования, падение с высокорасположенных площадок, оборудования и газопроводов;
- воздействие шума;
- воздействие вибрации;
- воздействие радиоактивного излучения;
- пожарная опасность.

Хлор – газ желтовато-зелёного цвета с резким удушливым запахом. Легко сжижается в тёмно-зеленоватую жидкость. В 2,5 раза тяжелее воздуха. Действует на дыхательные пути и слизистые оболочки. Предельно-допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны – 1 мг/м³.

Газообразный хлор сильно раздражает верхние дыхательные пути. На организм человека действует удушающее.

Признаки отравления: сильный кашель, спазмы в горле, мокрота при откашливании, иногда с примесью крови, одышка, общая слабость, тошнота, рвота, охриплость голоса, жжение в горле, насморк, чихание, слезотечение. В зависимости от степени поражения - бронхит, отёк лёгких. Вдыхание хлора в больших концентрациях может привести к смертельному исходу.

Места возможного выделения – секционные баки нейтрализации промышленных стоков.

Средства защиты: суконный или лавсановый костюм, резиновые сапоги, резиновые перчатки или рукавицы КР, защитные очки, противогаз марки ФК-5Б с маской или аналогичный ему.

Хлористый водород – бесцветный удушливый газ. Активно поглощается водой с образованием соляной кислоты. Тяжелее воздуха. Действует на дыхательные пути и слизистые оболочки. Предельно-допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны – 5 мг/м³.

Признаки отравления: кашель, чувство жжения и стеснения в груди, першение в горле, хрипота, одышка, чувство удушья, воспаление глаз, помутнение роговицы. В более выраженных случаях – кашель с мокротой, явления сердечной недостаточности, слабый пульс. Возможен бронхит, отёк лёгких.

Места возможного выделения – секционные баки нейтрализации промышленных стоков.

Средства защиты: суконный или лавсановый костюм, резиновые сапоги, резиновые перчатки или рукавицы КР, защитные очки, противогаз марки ФК-5Б с маской или аналогичный ему.

Соляная кислота – раствор хлористого водорода в воде, жидкость жёлто-зелёного цвета. Раствор, содержащий более 35 % HCl на воздухе «дымит». Относится к числу наиболее сильных кислот. Действие паров

кислоты при вдыхании аналогично действию хлористого водорода. Кратковременное действие соляной кислоты на кожу тяжёлых ожогов не даёт, но при длительном действии могут быть ожоги даже третьей степени.

Места возможного выделения – секционные баки нейтрализации промышленных стоков.

Средства защиты: суконный или лавсановый костюм, резиновые сапоги, резиновые перчатки или рукавицы КР, защитные очки, противогаз марки ФК-5Б с маской или аналогичный ему.

Гипохлорид кальция – соль хлорноватистой кислоты. Водный раствор гипохлорита кальция – жидкость светло-розового цвета. Сильный окислитель. В полученном техническом гипохлорите кальция содержится и гидроокись кальция – сильная щёлочь. В нейтральной и щелочной среде гипохлорит кальция самопроизвольно разлагается с выделением атомарного кислорода. В кислой среде разлагается с выделением хлора. Попадая на кожу и в глаза, вызывает химические ожоги. Пары гипохлорита кальция вызывают раздражение верхних дыхательных путей и слизистых оболочек.

Места возможного выделения: секционные баки нейтрализации промышленных стоков, фланцевые соединения трубопроводов.

Средства защиты: суконный или лавсановый костюм, резиновые сапоги, резиновые перчатки или рукавицы КР, защитные очки, противогаз марки ФК-5Б с маской или аналогичный ему.

Известковое молоко – взвесь гидрата окиси кальция в воде. Жидкость белого цвета, сильная щёлочь. При попадании на кожу и в глаза оказывает раздражающее действие с образованием медленно заживающих ожогов.

Места возможного выделения: фланцевые соединения трубопроводов для перекачки известкового молока, секционные баки нейтрализации промышленных стоков.

Средства защиты: суконный или лавсановый костюм, резиновые сапоги, резиновые перчатки или рукавицы КР, защитные очки, противогаз марки ФК-5Б с маской или аналогичный ему.

Порожение электрическим током.

Причинами поражения электрическим током могут быть:

- воздействие электрического тока через дугу;
- соприкосновение с открытыми токоведущими частями и проводами;
- в) прикосновение к токоведущим частям, изоляция которых повреждена;
- г) касание токоведущих частей с низким сопротивлением изоляции;
- д) прикосновение к металлическим частям оборудования, случайно оказавшимися под напряжением.

Воздействие электрического тока на организм человека может вызвать различные травмы: электрический ожог, металлизацию кожи, электрический знак, электроофтальмию и электрический удар.

Электрический ожог – происходит вследствие протекания через тело человека тока значительной величины или большого переходного сопротивления в месте контакта.

Металлизация – проникновение парообразных или расплавленных частиц в глубь кожи.

Электрический знак – запёкшиеся или обуглившиеся частички кожи.

Электроофтальмия – воспаление глаз при воздействии мощного потока ультрафиолетовых лучей, который создаёт электрическая дуга.

Электрический ток – повреждение организма при возникновении электрической цепи через тело человека. Реакция организма на электрический удар различна – от неприятного раздражения или локальной судороги до смерти. При ударе нарушаются физиологические процессы в организме, иногда возникает паралич нервных центров управляющих дыханием и сердечной деятельностью. Удар характеризуется потерей сознания, появлением судорог, частичным или полным прекращением дыхания и сердечной деятельности. Степень тяжести электрического поражения зависит от ряда факторов: сопротивление тела, величины и продолжительности действия тока, рода и частоты тока, пути тока в организме и условий внешней среды. Переменный ток силой в 0,03 ампера опасен, более 0,05 ампера вызывает поражения, а более 0,1 ампера смертелен.

Допустимым напряжением в сухом открытом помещении считается напряжение до 42 Вольт, во влажных помещениях и закрытых сосудах (емкостях) до 12 Вольт.

Средства защиты от поражения электрическим током: надёжная электроизоляция оборудования и электрической проводки, надёжное заземление корпусов оборудования и металлоконструкций, ограждение открытых токоведущих частей, вывешивание предупредительных плакатов и знаков.

К вредным производственным факторам относятся:

- неблагоприятные погодные условия в связи с работой вне помещения;
- загазованность помещений при концентрациях газов ниже предельно-допустимой концентрации;
- не соответствующая нормам освещённость рабочих мест.

Нормы выдачи спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты для аппаратчика нейтрализации.

Спецодежду и спецобувь аппаратчик нейтрализации получает в салоне «Спецодежда» в соответствии с действующим «Перечнем спецодежды, спецобуви и других СИЗ для работников АО «УКТМК».

Средства защиты органов зрения, дыхания, кожи рук и органов слуха аппаратчик получает через цеховые кладовые, в зависимости от наличия вредных производственных факторов.

Спецодежда, спецобувь и другие СИЗ должны обеспечивать надёжную защиту от воздействия на работающего опасных и вредных производственных факторов, а также соответствовать требованиям стандартов и технических условий на них. Использовать для защиты от опасных и вредных факторов не соответствующие стандартам и не исправные СИЗ запрещается.

При работе аппаратчик нейтрализации должен пользоваться следующими средствами индивидуальной защиты:

- костюм лавсановый ГОСТ 27652-88, тип Б, марка К-20, срок носки 12 месяцев;
- костюм суконный ГОСТ 12.4.045-87, тип А, марка К-50, срок носки 12 месяцев;
- бельё нательное мужское ГОСТ 13708-86, ГОСТ 13709-86; срок носки 6 мес.;
- ботинки кожаные ГОСТ 12.4.187-97, срок носки 12 месяцев;
- сапоги резиновые ГОСТ 5375-79 КШ-20, срок носки 24 месяцев;
- куртка ХБ на утеплённой прокладке ГОСТ 12.4.236-2007, тип Б, марка ТН, срок носки 30 месяцев;
- брюки ХБ на утепленной прокладке ГОСТ 29335-92, срок носки 30 месяцев;
- валенки обрезиненные ТУ17РСФСР 0302312, марка МиЗ, срок носки 30 месяцев;
- очки защитные закрытые с прямой вентиляцией ГОСТ 12.4.230.1-2007, ЗП2-80, ЗПЗ-80 «Моноблок»;
- рукавицы «КР» ТУ 2514-002-5196831-01, марка К50Ш20НмБн, срок носки 1 месяц;
- перчатки резиновые ГОСТ 12.4.183-91, марка К80Ш50, срок носки 1 месяц;
- каска защитная «Труд» с подшлемником ГОСТ 12.4.207-99, срок носки 24 месяца;
- противогаз промышленный фильтрующий ГОСТ Р 12.4.251-2009, марка ФК-5Б или аналогичный ему.

Требования по обеспечению пожара и взрывобезопасности

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей и обеспечивается защита материальных ценностей.

Все рабочие места должны соответствовать требованиям пожарной безопасности и быть укомплектованы первичными средствами пожаротушения.

Горючие жидкости следует хранить в отдельно стоящих строениях из негорючих материалов, оборудованных вентиляцией, а также в специально предназначенных для этой цели контейнерах. Не допускается хранить горючие жидкости вместе с другими веществами и материалами, а также в подвальных и полуподвальных помещениях.

Помещения и рабочие зоны, в которых работают с горючими веществами, выделяющими взрывопожароопасные пары, должны быть обеспечены естественной и принудительной приточно-вытяжной вентиляцией.

Порядок уведомления администрации о случаях травмирования работника и неисправности оборудования, приспособлений и инструмента.

О любом случае травмирования или отравления работника необходимо немедленно поставить в известность своего непосредственного руководителя (мастера, ст. мастера), а в его отсутствии вышестоящее руководство.

При обнаружении неисправности оборудования, приспособлений и инструмента необходимо сообщить непосредственно руководителю работ, который обязан принять меры по устранению неисправности.

Аппаратчик нейтрализации должна уметь оказывать первую (доврачебную) помощь и самопомощь при травмировании до прибытия медицинского работника, т.е. должна знать основные признаки нарушения важных функции организма человека, уметь освободить пострадавшего от действия опасных и вредных факторов, оценивать состояние пострадавшего, определить последовательность оказания первой помощи.

При отравлении химическими веществами: газами, парами, аэрозолями, пострадавшего необходимо вынести на свежий воздух, освободить от стесняющей одежды. Последующие действия по оказанию помощи пострадавшему зависят от вида химического вещества и степени его воздействия. (см. пункт 1.4 «Характеристика вредных веществ»).

При химическом ожоге, т.е. при попадании кислоты или щелочи на кожные покровы или в глаза необходимо смыть ее сильным потоком холодной воды, а затем нейтрализовать действие кислоты слабым раствором щелочи или соды и мыла, а действие щелочи слабым раствором кислоты.

При поражении электрическим током возможны механические ожоги, поражение нервной системы, особо опасны электрические удары, при которых электрический ток действует на мозговые центры, управляющие работой мышц сердца и органов дыхания. Прежде всего, необходимо освободить пострадавшего от действия электрического тока, т.е. быстро отключить ту часть установки или оборудования, которой касается пострадавший. Если пострадавший находится на высоте, надо принять меры, обеспечивающие безопасное падение пострадавшего. При отключении установки может произойти и отключение освещения, поэтому необходимо обеспечить освещение от другого источника. После отключения установку следует заземлить. Для отделения пострадавшего от токоведущих частей или провода следует воспользоваться сухой одеждой, канатом, палкой, доской или каким-либо другим сухим предметом, не проводящим электрический ток.

До оказания первой помощи необходимо:

- уложить пострадавшего на спину на твердую поверхность;
- проверить есть ли у пострадавшего дыхание, пульс;
- выяснить состояние зрачка - широкий зрачок свидетельствует о резком ухудшении кровоснабжения головного мозга.

Если после освобождения пострадавшего от действия тока он не дышит или дышит судорожно, нужно немедленно снять с пострадавшего все стесняющие части одежды, расстегнуть ворот, пояс, развязать шарф, очистить рот от крови и слизи, обеспечить доступ чистого воздуха к пострадавшему, удалить из помещения лишних людей, делать искусственное дыхание и массаж сердца. Вызвать медицинского работника.

Необходимо знать приемы и уметь оказывать первую помощь при переломах, кровотечениях.

Правила личной гигиены, которые должен знать и соблюдать работник

при выполнении работы:

- содержать в чистоте спецодежду, спецобувь, рукавицы и другие СИЗ, а также рабочее место;
- перед едой мыть руки с мылом. Не применять для этого бензин, керосин, ацетон, растворители и другие едкие вещества;
- принимать пищу только в специально оборудованных помещениях или столовых;
- не пользоваться чужими вещами, одеждой и СИЗ, так как через них можно заразиться кожными заболеваниями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Воскобойников В.Г. Общая металлургия: учеб. для вузов /В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Металлургия, 2000. - 768 с.
- 2 Металлургия черных и цветных металлов: Учеб. для вузов /Е.В. Челищев, П.П. Арсентьев, В.В. Яковлев, Д.И. Рыженков. - М.: Металлургия, 1993. - 447 с.
- 3 Металлургия титана /В. А. Гармата [и др.]. - М.: Металлургия, 1963. - 643 с.
- 4 Тарасов А.В. Металлургия титана. /А.В. Тарасов - М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. - 328 с.
- 5 Стрелец Х.Л. Металлургия магния. /Х.Л. Стрелец, А.Ю. Тайц, Б.С. Гуляницкий. - 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургиздат, 1960. - 480 с.
- 6 Ресурсосберегающая технология обезвреживания сточных вод титано-магниевого производства. /Е.С. Ширинкина. – Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 03.00.16 – Экология. – Пермь, 2009 г. – 162 с.
- 7 Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. /А.С. Тимонин. Т.2. - Калуга: Издательство И. Бочкаревой, 2003 г. - 884 с.
- 8 А.С. СССР № 138058, кл. С 22В 7/00, 1961 г. Способ переработки твердых отходов титаномагниевого производства /М.В. Федорова, М.А. Эйденсон, С.Н. Холмогоров; заявл. 01.09.1960, опубл. 01.01.1961 Бюл. №9.
- 9 А.С. СССР № 168886, кл. С 22В 7/00, 1965 г. Способ переработки отходов титаномагниевого производства /М.А. Эйденхон, С.Н. Холмогоров, М.В. Федорова; заявл. 25.07.1963, опубл. 26.11.1965. Бюл. №5.
- 10 Патент №2268906 Российская Федерация МПК C09C 1/24, СОЮ 49/08. Способ получения черных термостойких неорганических пигментов / Ю.П. Кудрявский, М.В. Зильберман Б.Е. Шенфельд С.А. Черный. Заявка № 2003132777/15 от 10.11.2003, опубл. 27.01.2006, бюл. № 3.
- 11 Ю.П. Кудрявский. Технология локальной нейтрализации кислых растворов от гидроразмыва отходов титанового производства //Цветные металлы - 1999 - №6 – С. 48-49.20. 94.
- 12 Патент № 2307792 Российская Федерация. МПК COI F 5/30 COI D 3/04. Способ получения карналлита. / Ю.С. Сафрыгин, заявл. 09.11.2005, опубл. 27.05.2007.
- 13 Патент №2141456 Российская Федерация МПК C02F1/52, C02F1/56. Способ очистки сточных вод титаномагниевого производства. / А.В. Пенский, В. В. Курносенко, С.А. Каспаров. Заявка №98120124 от 06.11.1998, опубл. 20.11.1999.
- 14 Патент №2058404 Российская Федерация МПК C22B7/00, C22B3/00, C22B34/32. Способ переработки отработанного расплава титановых хлораторов. /Ю.П. Кудрявский, Р.Г. Фрейдлина, Г.А. Фирстов, С.А. Рязкин и др. Заявка №93041200/02 от 16.08.1993, опубл. 20.04.1996.

15 Заявка на изобретение №2003132252. Российская Федерация. МПК С 22 В 7/00, 34/12. Способ комплексной переработки металлургических отходов. /Ю.П. Кудрявский. Заявлено 04.11.2003, опубл. 20.04.2005.

16 Заявка на изобретение №2006134806 Российская Федерация МПК С02F 9/08, 1/56, 103/16. Способ очистки сточных вод титаномагниевого производства. /С.В. Кирьянов, И.А. Сизиков, С.А. Рзынкин и др. Заявка №2006134806/15 от 02.10.2006, опубл. 10.04.2008.- 7с.

17 Патент №2268906 Российская Федерация МПК С09С 1/24, СОЮ 49/08. Способ получения черных термостойких неорганических пигментов. /Ю.П. Кудрявский, М.В. Зильберман, Б.Е. Шенфельд, и др. Заявка №2003132777/15 от 10.11.2003, опубл. 27.01.2006, бюл. №03.

18 Патент № 2307792 Российская Федерация. МПК С01 F 5/30 С01 D 3/04 Способ получения карналлита. /Сафрыгин Ю.С., заявл. 09.11.2005, опубл. 27.05.2007

19 Патент №2330816 Российская Федерация МПК. С02F 9/08,1/56, 103/16 Способ очистки сточных вод титаномагниевого производства /С.В. Кирьянов, И.А. Сизиков, С.А. Рзынкин и др. Заявка №2006134806/15 от 02.10.2006, опубл. 10.08.2008, Бюл.№22.

20 Патент №2307792 Российская Федерация МПК С01F 5/30, С01/D 3/04. Способ получения карналлита. /Ю.С. Сафрыгин, Г.В. Осипова, Ю.В. Букша и др. Заявка № 2005134826/15, 09.11.2005, опубл. 10.10.2007, Бюл.№28.

21 Патент №799448 АІ Российская Федерация. МПК С22В3/24, С22В34:12, С22В60:02, С22В61:00. Способ переработки солевых отходов титанового производства. /Е.А. Казанцев, Ю.П. Кудрявский, В.А. Безворитный, С.Н. Бондарев. Заявл 2768541/02, 23.05.1979, опубл. 20.05.1999.

22 Патент №993642 АІ Российская Федерация МПК С22В34/12. Способ переработки хлоридных отходов титанового производства. /Д.С. Абрамов, И.П. Вяткин, Е.И. Снежко, Ю.П. Кудрявский и др. Заявка №2968696/02 от 21.07.1980, опубл. 10.02.2000.

23 Патент №959432 АІ Российская Федерация МПК С22В5/04, С22В7/00. Способ переработки хлоридных отходов титанового производства. /Д.С. Абрамов, Р.А. Сандлер, С.В. Александровский и др. Заявка № 2932138/02 от 02.06.1980, опубл. 27.01.2000.

24 Розваг Р.И. К внедрению биотехнологии очистки сточных вод на Усть - Каменогорском титаномагниевого комбинате. /Р.И. Розваг, С.В. Прохоров. // Цветная металлургия. - 1996 - №1, С. 39-41.

25 Комплексная переработка минерального сырья Казахстана (состояние, проблемы, решения). В 10-ти томах. Том 8. Экологические проблемы горно-металлургических производств. – Астана: Фолиант, 2003. – 272 с.

26 Патент РК №7132. Способ биохимической очистки кислых сточных вод от тяжелых цветных металлов и мышьяка. /Р.И. Розвага, А.Н. Клец, Б.М. Шаяхметов и др. заявл. 12.06.97, №9705471, опубл. 15.05.2001, бюл. №5.

27 Патент РК №7163. Ферментатор. /А.К. Нугербек, Р.И. Розвага, А.Н. Клец и др. заявл. 12.06.97, №970549.1, опубл. 15.10.2001, бюл.№10.

28 Патент № 8264. Средство для очистки сточных вод и способ его получения. /Р.И. Розвага, А.Н. Клец, Б.М. Шаяхметов и др. заявл. 12.06.97, №970548.1, опубл. 15.11.2002, бюл. №11.

29 Р.И. Розваг. Биотехнология очистки промышленных сточных вод предприятий уральского региона. /Р.И. Розваг. //Цветная металлургия. - 1994 - №4-5, С. 39-41.

30 А. Аширов Ионообменная очистка сточных вод, растворов и газов. /Ленинград: Изд-во - Л.: «Химия», 1983 г. - 295 с.

31 Ф.Н. Карелин. Обессоливание воды обратным осмосом. /Ф.Н. Карелин. – М.: Стройиздат, 1988. - 208 с.

32 Я.И. Вайсман. Физико-химические методы защиты биосферы: очистка фильтрационных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов. /Я.И. Вайсман, И.С. Глушанкова, Л.В. Рудакова, Н.Ф. Абрамов. - Пермь, 2005 — 195 с.

33 И.А. Кутузова, Г.Б. Кожемякин. Анализ и пути решения проблемы обезвреживания высокоминерализованных жидких отходов промышленных предприятий /Вестник ХНАДУ, вып. 52, 2011. – С. 78-82.

34 А.И. Жуков. Канализация промышленных предприятий. Очистка промышленных сточных вод. /А. И. Жуков, И. Л. Монгайт, И. Д. Родзиллер. - М.: Госстройиздат, 1962 .— 603 с.

35 В.А. Клячко. Очистка природных вод. /В.А. Клячко, И.Э. Апельцин. - М.: Издательство литературы по строительству, 1971. - 579 с.

36. Очистка сточных вод в металлургии. /под. ред. Хабарова О.С. - М.: «Металлургия», 1976 - 224 с.

37 А.И. Родионов Технологические процессы экологической безопасности. /А.И. Родионов, В.Н. Клушин, В.Г. Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2000. - 800 с.

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

39 Мембранная очистка сточных вод промышленных предприятий. Web: <http://www.mediana-eco.ru/information/membr>.

40 С.П. Высоций, М.В. Ковальчик. Анализ параметров работы мембранного оборудования разных производителей. www.adi.donntu.edu.ua.

41 P.Hillis. Membrane Technology in water and wastewater treatment./Peter Hillis - The Royal Society of Chemistry: 2000 - 269 p.

22 R. Peterson. Composite reverse osmosis and nanofiltration membranes. Journal of membrane science. - 1993. - Vol.83. - № 1 - p. 81-92.

43 D. Wang, K. Li, W.K. Teo. Preparation of Poly(ethersulfone) and Poly(ether imide) Hollow Fiber Membranes For Gas Separation: Effect of Internal Coagulant./ In Membrane Formation and Modification - 2000 - Vol.744 - p.96-109.

44 Л.В. Василенко, А.Ф. Никифоров, Т.В. Лобухина. Методы очистки промышленных сточных вод. /Учебное пособие. – Екатеринбург: УГЛУ Урал. гос. лесотехн. Университет, 2009. – 174 с.

45 Техничко-экономические аспекты очистки оборотной воды на предприятиях. //Л.И. Лейбович, М.Л. Девяткин, Н.В. Корчевский. Экология и

здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов / Сб. научн. трудов XIII междунар. научно-технич. конф. // Под ред. С.В. Разметаева: В 2-х т.- Х.: УкрВОДГЕО, 2005, С. 856-860

46 Е.И. Таубман. Термическое обезвреживание минерализованных промышленных сточных вод. /Е.И. Таубман, З.П. Бильдер. – Л. Химия, 1975. – 208 с.

47 Юсупов А.Н., Хайруллина А.А. Хлорсодержащий известковый шлам Усть-Каменогорского титано-магниевого комбината в твердении портландцемента./ Сборник ВКГТУ материалы II Республиканской научно-технической конференции «Научно-технический прогресс: управление качеством, энерго-и ресурсосбережением на пороге XXI века», Усть-Каменогорск, 2001г.

48 Паус К.Ф. Буровые растворы./К.Ф. Паус - М.: «Недра», 1973 - 304с.

49 Молчанова Е.А. Буровые и тампонажные растворы, применяемые для повышения нефте- и газоотдачи (патентные исследования)/Е.А. Молчанова, Ф.С. Сорокина, Т.В. Мельникова; Федерал. Ин-т пром. Собственности. - М.: ИНИЦ Роспатента, 2003 -110 с.

ИНТЕРНАУКА
internauka.org

СБОРНИК СТАТЕЙ ПО МАТЕРИАЛАМ
XII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО- ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ



№11(39)

ISSN 2587-862X

Москва, 2020

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ, ПОСТУПАЮЩИХ НА ОЧИСТКУ

Каримгазинов Олжас Каримгазинович

магистрант

*Казахского Национального Исследовательского
Технического Университета им. К.И. Сатпаева,
Республика Казахстан, г. Алматы*

Мамырбаева Кульзира Калдыбековна

ассистент - профессор, Ph. D

*Казахского Национального Исследовательского
Технического Университета им. К.И. Сатпаева,
Республика Казахстан, г. Алматы*

CHARACTERISTICS OF BASIC TECHNOLOGICAL MATERI ALS AND INDUSTRIAL WASTE COMING FOR CLEANING

Olzhas Karimgazinov

Magister

*of K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University,
Kazakhstan, Almaty*

Kulzira Mamyrbayeva

Assistant professor, Ph.D

*of K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University,
Kazakhstan, Almaty*

АННОТАЦИЯ

Технологические материалы и промышленные стоки. Режимные параметры технологических процессов.

ABSTRACT

Technological material and industrial effluents. Mode parameters of technological processes.

Ключевые слова: известь, серная кислота, промышленная вода, известковое молоко, железный купорос.

Keywords: lime, sulfuric acid, industrial water, milk of lime, iron sulfate.

Характеристика основных технологических материалов и промышленных стоков, поступающих на очистку

1. Известь

Химическая формула – CaO

Молекулярная масса – 56,08

Известь должна соответствовать требованиям СТ АО 00202028-010.

Известь имеет белую, серую или кремовую окраску. Твёрдость по минералогической шкале от 2 до 3.

Удельный вес 3,34 г/см³. Насыпная масса извести составляет в среднем от 0,88 г/см³ до 0,96 г/см³.

Известь хорошо взаимодействует с водой с выделением тепла – 272,4 ккал/кг. Хранится в бункерах.

Применяется для приготовления известкового молока.

2. Промышленная вода

Химическая формула – H_2O

Атомная масса – 18,01

Вода бесцветная прозрачная жидкость.

Плотность составляет – 0,99 г/см³. Температура замерзания 0°C, температура кипения 100°C.

Вода – реакционно-способное вещество. Оксиды многих металлов и неметаллов соединяются с водой, образуя основания и кислоты.

3. Известковое молоко

Химическая формула – $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Атомная масса – 74,09

Известковое молоко – взвесь гидрата кальция в воде, жидкость белого цвета, сильная щёлочь. Содержание активной окиси кальция (CaO) – (100÷120) г/л

4. Серная кислота

Химическая формула – H_2SO_4

Атомная масса – 98,07

Серная кислота – бесцветная маслянистая жидкость, кристаллизующаяся при 10,3°C. Плотность изменяется от 1,82 г/см³ до 1,85 г/см³, что соответствует массовой доле H_2SO_4 от 91,0% до 94,0%.

При растворении серной кислоты в воде выделяется большое количество теплоты. Поэтому надо вливать серную кислоту (как более тяжёлую) в воду небольшими порциями или тонкой струйкой, запрещается вливать воду в кислоту. Серная кислота, используемая в технологии биохимической очистки должна удовлетворять требованиям ГОСТ 4204 марка «Ч», содержание основного вещества 93,0%.

5. Соляная кислота

Химическая формула – HCl

Атомная масса – 36,46

Соляная кислота – бесцветная жидкость с резким запахом.

Плотность – $1,19 \text{ г/см}^3$, что соответствует массовой доле около 38,0% HCl . Подобно другим сильным кислотам, соляная кислота энергично взаимодействует со многими металлами и оксидами металлов. Соли её называются хлоридами. Большинство из них хорошо растворяются в воде.

6. Хлорноватистая кислота

Химическая формула – HOCl

Атомная масса – 52,46

Хлорноватистая кислота – очень слабая кислота, но сильный окислитель, соли её называются гипохлоритами.

7. Гипохлорит кальция

Химическая формула – Ca(OCl)_2

Атомная масса – 142,98

Пульпа гипохлорита кальция представляет собой водный раствор соли хлорноватистой кислоты светло-розового или зеленоватого цвета.

Плотность составляет – $1,14 \text{ г/см}^3$. Пульпа гипохлорита кальция является сильным окислителем, токсична, непожароопасна.

8. Магния сульфат

Химическая формула – MgSO_4

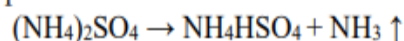
Из растворов кристаллизуется в виде гидрата $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Магния сульфат должен удовлетворять требованиям ГОСТ 4523 марки «Ч».

Содержание основного вещества 99,5%.

9. Сульфатаммония

Химическая формула – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; бесцветные кристаллы. Легко растворим в воде. При нагревании аммония сульфат разлагается на гидросульфат аммония и аммиак.



Аммония сульфат должен удовлетворять требованиям ТУ 6-09-4087 марки «Ч».

Содержание основного вещества 97,0%.

10. Калия дигидрофосфат

Химическая формула – KH_2PO_4

Калия дигидрофосфат должен удовлетворять требованиям ГОСТ 4198 марки «Ч». Содержание основного вещества 97,0%.

11. Железный купорос

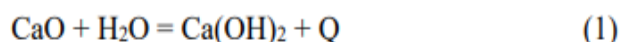
Химическая формула – $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, светло-зелёные кристаллы, хорошо растворимые в воде. На воздухе железный купорос постепенно выветривается и одновременно окисляется с поверхности, переходя в жёлто-бурую основную соль железа.

Железный купорос должен удовлетворять требованиям ГОСТ 6981.

Описание и режимные параметры основных технологических процессов

Гашение извести

Гашение извести представляет собой экзотермическую реакцию:



Процесс гашения извести осуществляется непрерывно в гасителе при температуре $(70 \div 82)^\circ\text{C}$.

Гаситель представляет собой стальной полый барабан, опирающийся на ролики, снабжённый приводным механизмом для вращения. С обеих сторон гаситель закрыт крышками.

Обожжённая известь из расходных бункеров автоматически подаётся в гаситель, из линии водоснабжения подаётся промышленная вода.

При соприкосновении извести с водой, подогретой паром, последняя проникает в поры на поверхности кусков с выделением тепла гидратации.

Выделенное тепло вызывает большие внутренние силы расширения в кусках извести, в результате чего, куски разрушаются и полностью распадаются на бесчисленное количество мельчайших частиц в виде коллоидной суспензии с широким диапазоном колебаний концентрации.

Классификация известкового молока

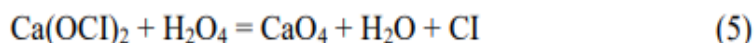
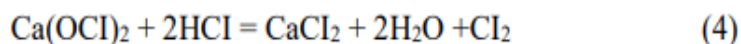
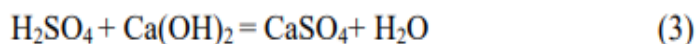
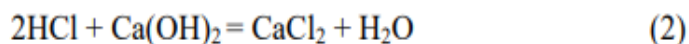
Известковое молоко с частью непрогасившейся извести из гасителя поступает в классификатор, где происходит частичное догашивание извести и отделение молока от песков (пережог), кусков не разложившегося известняка (недожог) и включений пустой породы в известняке.

Классификатор представляет собой наклонно установленное корыто, по оси которого расположен вал со сплошной спиралью.

При вращении спирали происходит интенсивное перемешивание продуктов, поступающих из гасителя, и создаётся направленное движение отходов классификации к лотку для выгрузки. Вывод оставшихся твёрдых взвесей крупностью менее 0,8 мм осуществляется по схеме глубокой очистки молока от песка.

Нейтрализация промышленных стоков

Нейтрализация промышленных стоков производится в баках нейтрализации, находящихся в помещении фильтрации по реакции:



Известковое молоко необходимое для нейтрализации промстоков, поступает в баки нейтрализации с участка гашения по кольцевому трубопроводу. Подача известкового молока осуществляется через клапана. В баках рН-среды доводится до (6,5÷8,5).

При этом образуются малорастворимые и нерастворимые гидроксиды металлов, с выделением газообразного хлора и хлористого водорода, и различные комплексные соединения, которые в виде хлопьев выпадают в осадок.

Введение в реакционную смесь биокоагулянта

Биокоагулянт на основе железа получают ферментационным способом в два этапа:

- приготовление рабочей среды 9 «К»;
- бактериальная наработка продукта.

Согласно первому этапу к заданному объёму воды поэтапно прибавляют магний сульфат, калий дигидрофосфат и сульфат аммония, смесь подвергают периодическому перемешиванию до получения однородного раствора.

Затем в неё вводят серную кислоту, снова перемешивают, а затем прибавляют железа сульфат 7-водный и подвергают смесь перемешиванию до однородного состояния с образованием раствора зеленоватого цвета.

Согласно второму этапу в полученную рабочую среду 9 «К» вводят «затравку» готового биокоагулянта на основе железа. Объёмные соотношения среды 9 «К» и «затравки» составляют 1:1 или 2:1. Полученную смесь подвергают непрерывному перемешиванию посредством аэрации воздухом.

Список литературы:

1. Производство магния / С. И. Дракин. П. М. Чукуров. — М., 1979.
2. Экология для технических вузов Серия «Высшее образование». Под ред. В. М. Гарина. Ростов н/Д:Феникс, 2003. — 384 с. ISBN 5-222-03768-1 стр. 145-175.
3. Химическая энциклопедия : в 5 т / редкол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.). — Москва: Советская энциклопедия, 1990. — Т. 2. — С. 621. — 671 с. — 100 000 экз.
4. Водохозяйственный словарь / СЭВ. — М., 1974.
5. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебник. — изд. 4-е, доп. и перераб.. — М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. — 702 с.
6. Очистка сточных вод от взвешенных веществ и неорганических примесей. — М.: НИЦ «Глобус», 2007. — Т. 1. — 81 с.
7. Усть-Каменогорский титано-магний комбинат // Казахстан. Национальная энциклопедия. — Алматы: Қазақэнциклопедиясы, 2006. — Т. V. — ISBN 9965-9908-5-9.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПАР ТРЕНИЯ УЗЛА ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Письменный Евгений Александрович

*аспирант,
Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова,
РФ, г. Барнаул*

Габеев Денис Александрович

*инженер,
Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова,
РФ, г. Барнаул*