

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ
ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ ЛОМОНОСОВСКОГО ГОКА ПАО
«СЕВЕРАЛМАЗ» ОТ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ
КАЛЬЦИЙАЛЮМОСИЛИКАТНОГО РЕАГЕНТА»

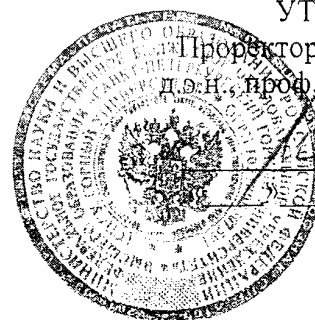
По договору № 153-03-19 СА от «15» марта 2019 г.
Опытно-лабораторные работы проводились с 08-04.2019 по 12.04.2019

Санкт-Петербург. 2019 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 66.065.2, 66.065.7, 66.065.8
№ гос. регистрации
Инвентарный №



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

д.э.н., проф.

И.Б. Сергеев

2019 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ ОБОГАТИТЕЛЬ-
НОЙ ФАБРИКИ ЛОМОНОСОВСКОГО ГОКА ПАО «СЕВЕРАЛМАЗ» ОТ
ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КАЛЬЦИЙАЛЮМОСИ-
ЛИКАТНОГО РЕАГЕНТА»

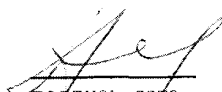
Научный руководитель,
д.т.н., профессор

Алексеев А.И.

Санкт-Петербург, 2019 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель,
д.т.н., профессор


подпись, дата

А.И. Алексеев
разделы 2-8

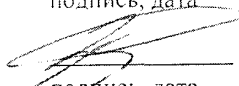
Исполнители:

Аспирант


подпись, дата

О.С. Зубкова
разделы 2-8

Магистрант


подпись, дата

М.М. Залилова
разделы 1;3;4

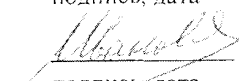
Соисполнители:

Магистрант


подпись, дата

Т.В. Лаврищева
разделы 4

Нормоконтролер


подпись, дата

М.В. Иванов

РЕФЕРАТ

Отчет 37 с., 3 ч., 7 рисунков, 7 таблиц.

САПОНИТ, ОСАЖДЕНИЕ, КАЛЬЦИЙАЛЮМОСИЛИКАТНЫЙ РЕАГЕНТ, КОАГУЛЯНТ СЕРНОКИСЛЫЙ АЛЮМИНИЙ, ОКСИХЛОРИДНЫЙ КОАГУЛЯНТ, ФЛОКУЛЯНТ

Объект исследования: оборотная вода Обогажительной фабрики, карьерная (дренажная) вода Ломоносовского ГОКа, слив с классификаторов, пульпа хвостохранилища.

Цель работы:

- аналитический обзор современной научно-технической литературы по технологиям осаждения сапониновой пульпы;
- определение основных физико-химических характеристик сапонитсодержащей оборотной воды, карьерной воды и пульпы хвостохранилища Ломоносовского ГОКа;
- исследование соотношения затрачиваемого количества коагулянта в процессе осаждения тонкодисперсных взвесей в технологической воде Обогажительной фабрики и карьерного водоотлива к содержанию глинистого минерала сапонита в исследуемой воде, направляемой в технологический процесс;
- разработка технологии осаждения взвешенных веществ, содержащая глинистый минерал сапонит, в оборотной воде для Обогажительной фабрики Ломоносовского ГОКа.

В процессе работы выполнен сбор и обработка информации по технологиям осаждения сапониновой пульпы, приведена методика расчёта скорости осаждения взвешенных веществ, определена плотность сгущённого продукта, определено количество взвешенных веществ в воде, определено количество остаточного алюминия в воде, определён показатель общего железа, определён pH, определено количество тяжёлых металлов (цинк, свинец) в воде.

Выполнен статистический анализ колебания содержания сапониновых взвесей в оборотной воде 2016...2019 г.г. в зависимости от климатических условий Архангельской области и установлено, что в зависимости от этих показателей значения эти величин составляют 20.....120 г/л.

Проведена оценка перспектив использования традиционных коагулянтов и флокулянтов в технологии осаждения взвешенных веществ в воде. Предложено использование принципиально нового неорганического алюмосиликатного реагента, разработанного для осаждения глинистых материалов в оборотной воде, пульпе хвостохранилища и дренажном (карьерном) водоотливе.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	8
ГЛАВА 1. ПАТЕНТНЫЙ ПОИСК	10
1.1 Осипов В.И., Карпенко Ф.С. Способ уплотнения осадков в хвостохранилищах (патент № 2475454).....	10
1.2 Запольский А.К., Коган А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: свойства. Получение. Применение.....	10
1.3 Чантурия В.А. Способ обесшламливания оборотных сапонитсодержащих вод и устройство для его реализации (патент РФ № 2529220).....	11
1.4 Утин А.В. Способ сгущения сапонитовой суспензии (патент РФ № 2448052)	12
1.5 Алексеев А.И., Бричкин В.Н., Конончук О.О., Зубкова О.С. Способ сгущения сапонитовой суспензии (патент 2669272).....	12
1.6 Алексеев А.И., Бричкин В.Н., Конончук О. Зубкова О.С. Способ сгущения сапонитовой суспензии с применением кальцийалюмосиликатного реагента (патент 2675871)	13
ГЛАВА 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ	13
ГЛАВА 3. ОПИСАНИЕ ТРАДИЦИОННЫХ КОАГУЛЯНТОВ И ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ ОСАЖДЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ	14
3.1 Коагулянты сернокислого алюминия.....	14
3.1.1 Общая химическая формула.....	14
3.1.2 Товарные названия	14
3.1.3 Механизм действия.....	14
3.1.4 Достоинства и недостатки применения	15
3.2 Коагулянты оксихлоридного алюминия	15
3.2.1 Общая химическая формула.....	15
3.2.2 Товарные названия	16
3.2.3 Механизм действия.....	16
3.2.4 Достоинства и недостатки применения	16

3.3 Флоккулянты на основе полиакриламида (катионные и анионные)	17
3.3.1 Общая химическая формула.....	17
3.3.2 Товарные названия	17
3.3.3 Механизм действия.....	17
3.3.4 Достоинства и недостатки применения	18
3.4 Кальцийалюмосиликатный реагент	18
3.4.1 Общая химическая формула.....	18
3.4.2 Товарные названия	18
3.4.3 Механизм действия.....	19
3.4.4 Достоинства и недостатки применения	20
ГЛАВА 4. ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ОПЫТЫ ПО ОСАЖДЕНИЮ	
САПОНИТОВОЙ ПУЛЬПЫ	20
4.1 Расчёт скорости осаждения взвешенных веществ (Плановский).....	20
4.2 Методика определения мутности питьевых, природных и сточных вод	
турбидиметрическим методом по каолину и по формазину.....	23
4.2.1 Сущность метода.....	23
4.2.2 Аппаратура и реактивы.....	23
4.2.3 Порядок проведения испытания	23
4.2.4 Обработка результатов проведения испытания.....	23
4.3 Определение плотности (пикнометрический метод).....	23
4.3.1 Сущность метода.....	24
4.3.2 Аппаратура и реактивы.....	24
4.3.3 Порядок проведения испытания	24
4.3.4 Обработка результатов проведения испытания.....	24
4.4 Осаждение взвешенных веществ в дренажной воде.....	25
4.5 Обработка оборотной воды Обоганительной фабрики без разбавления	31
4.6 Обработка оборотной воды Обоганительной фабрики с разбавлением (содержание	
твёрдого 50-60 г/л)	33
4.7 Обработка воды хвостохранилища с разбавлением (содержание твёрдого 50-60 г/л) ..	34

4.8 Обработка воды хвостохранилища с разбавлением (содержание твёрдого 25-30 г/л) ..	36
4.9 Опыты с жидкостью после флокуляции пульпы	37
4.10 Обработка пульпы хвостохранилища Rheomax 9010	38
4. 11 Рекомендации по реагентному осаждению дренажной воды от взвешенных веществ	49
ГЛАВА 5. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОЧИЩЕННОЙ ВОДЫ, ПОЛУЧЕННОЙ В ХОДЕ ОСВЕЩЕНИЯ САПОНИТСОДЕРЖАЩЕЙ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕОРГАНИЧЕСКОГО ОСАДИТЕЛЯ	50
ГЛАВА 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК САПОНИТСОДЕРЖАЩЕЙ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ, КАРЬЕРНОЙ ВОДЫ И ПУЛЬПЫ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ЛОМОНОСОВСКОГО ГОК	51
6.1 Расчет материального баланса переработки руды.....	51
6.2 Укрупнение сапонинового осадка	54
6.3. Характеристики водных суспензий слива КСН и карьерной воды Ломоносовского ГОКа	55
ГЛАВА 7. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА РАЗРАБОТАННУЮ ТЕХНОЛОГИЮ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ ЛОМОНОСОВСКОГО ГОКА ПАО «СЕВЕРАЛМАЗ»	56
ВЫВОДЫ ПО ОТЧЁТУ.....	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	59

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 29.07.2018) одним из основных принципов прописанном в законе является охрана, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов как необходимые условия обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности [1].

Юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны выполнять условия, предусмотренные комплексным экологическим разрешением, и несут ответственность за их несоблюдение или осуществление деятельности без комплексного экологического разрешения в соответствии с законодательством Российской Федерации [1].

Одна из главных значимых нерешённых экологических проблем алмазодобывающего предприятия России ПАО «Севералмаз» отсутствие высокоэффективной системы замкнутого водооборота, поскольку высокая концентрация тонкодисперсных сапонитовых шламов в технологических водах, снижает эффективность обогатительных процессов [2].

Технологическая особенность месторождений ПАО «Севералмаз» – совместная переработка алмазосодержащих руд Архангельского и Карпинского в которых содержится высокое содержание глинистого минерала сапонита (70 мас. %). Кристаллический природный минерал образует при водной обработке тонкодисперсную глинистую суспензию с концентрацией уже гидросапонита в оборотной воде 10...200 г/дм³, коллоидные частицы имеющие размер - 1...3 микрон.

Тонкодисперсные частицы гидросапонита обладают удельную поверхность 35...40 м²/г, имеют высокую сорбционную способность к воде и, как следствие, обладает очень низкой скоростью осаждения в хвостохранилище.

Минералогические, кристаллохимические и физико-химические характеристики гидросапонита создают большие технологические трудности для решения проблемы организации замкнутого водооборота на обогатительном предприятии ПАО «Севералмаз».

Можно предположить, что эти недостатки могут приводить к снижению извлечения алмазов в технологических процессах тяжелосредной и рентгенолюминесцентной операциях, необходимости поиска потребления чистой воды и повышению экологической безопасности предприятия о которых неоднократно указано в многочисленных научных работах по технологии комплексной переработки алмазосодержащих руд Архангельского месторождений.

Следует отметить, что прошедшие опытно-промышленные исследования, выполненные на ПАО «Севералмаз» за последние 15 лет с использованием научных основ: гра-

витационные, фильтрационные, реагентные и другие методы, в настоящее время не позволили решить проблему осветления технологических вод предприятий ПАО «Севералмаз». Использование флокулянтов, как показали научные исследования, приводят только к стабилизации шламовой суспензии, которая не обладает необходимым технологическим показателем по значению Ж:Т.

Кроме того, для организации технологического процесса извлечения алмазов из гидросапониновой пульпы необходимо учитывать свойство технологического реагента-воды (вязкость, текучесть, плотность и. так д.), которые полностью зависят от природно-климатических параметров Архангельский области и в значительной мере влияют на эффективность данного процесса.

В связи с выполненным анализом данной проблемы следует признать, что научных исследований совместной переработки руд Архангельского и Карпинского в научной и технических литературе не достаточно сведений и поэтому необходимо определить технологические параметры влияния для разработки эффективной системы водооборота, которая бы обеспечивала высокое извлечение алмазов, снижение экологической нагрузки на окружающую среду и что очень важно дальнейшее технологическое использование сапонинового отхода, как находящего в отвалах, так вновь поступающие, которые имеют уже другой химический и минералогический состав.

ГЛАВА 1. ПАТЕНТНЫЙ ПОИСК

1.1 Осипов В.И., Карпенко Ф.С. Способ уплотнения осадков в хвостохранилищах (патент № 2475454)

Известен способ складирования хвостов обогащения. (Авторское свидетельство SU №1314059, опубл. 30.05.1987), где уменьшение объема хвостохранилища осуществляется за счет концентрации твердой фазы хвостовой пульпы. Реализацию способа осуществляют при положительных температурах воздуха путем замораживания пульпы на криогенных установках. Для этого хвостовую пульпу разливают в разъемные ковши, которые передвигают по замкнутой траектории. Попадая в зону холода, пульпа замораживается и через определенный промежуток времени освобождается из ковшей в виде брикетов, которые затем транспортируют к месту хранения (хвостохранилище) и оттаивают при положительных температурах. В процессе оттаивания пульпа разделяется на жидкую и твердую фазы. Жидкая фаза удаляется самотеком. Сгущенная твердая фаза (хвосты) после обезвоживания земснарядами или насосами перекачивается в хвостохранилище и складывается, при этом объем твердой фазы уменьшается. В зимний период хвостовую пульпу перекачивают с помощью технических средств на предварительно подготовленные дренируемые хвостовые карты и замораживают послойно до расчетной высоты.

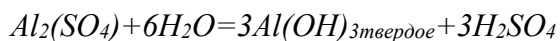
Основной недостаток способа заключается в следующем: на дренированных хвостовых картах невозможно получить осветленную воду как при медленном послойном замораживании тонкодисперсной хвостовой пульпы в зимний период, так и при ее оттаивании. Так же после оттаивания тонкодисперсной хвостовой пульпы в летний период сгущенная фаза после сброса осветленной воды достигает плотности не выше 0,7 т/м³, что недостаточно для ее промышленного применения и использования в качестве ценного сырья. Полученный уплотненный осадок сапонита нуждается в дополнительной концентрации.

1.2 Запольский А.К., Коган А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: свойства. Получение. Применение

Известен способ коагуляции, применяемый для очистки жидкости представляющей водную дисперсную систему (Запольский А.К., Коган А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: свойства. Получение. Применение. -Л.Химия.1987. -208 с.), состоящую из сапонитового глинистого минерала $\text{NaMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в высокой степени раздробленности (размер частиц -20—40 мкм) взвешенных частиц. Процесс коагуляции, осуществляют путем введение в пульпу раствора сульфата (хлорида) алюминия, который имеет своей целью дестабилизировать дисперсную систему (дисперсная среда-

вода) и способствует соединению и слипанию сапонитового глинистого минерала $\text{NaMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ чтобы получить агрегацию частиц сапонит-гидрооксид алюминия.

Недостатком способа является высокая коррозионная химическая активности сульфата алюминия при гидролизе:



(ионов гидрооксония H_3O^+) по отношению к технологической аппаратуре, используемой для осадительных процессов (сапонита) осветления воды.

1.3 Чантурия В.А. Способ обесшламливания оборотных сапонитсодержащих вод и устройство для его реализации (патент РФ № 2529220)

Известен способ обесшламливания оборотных сапонитсодержащих вод и устройство для его реализации (патент РФ № 2529220, опубл. 27.09.2014).

Объектом исследований являлись сапонитсодержащие водные системы хвостохранилища, включающие многообразие химических твердых соединений (карбонаты кальция магния и.т.д), в том числе сапонит.

Исследовательскими укрупнёнными испытаниями, выполненными с использованием разработанного электрохимического сепаратора, подтверждена возможность эффективного извлечения и осаждения тонкодисперсных шламов (сапонита), как из оборотной воды с содержанием шламов до 82 г/дм^3 , так и сливов классификатора с содержанием минерала сапонита $245 \dots 265 \text{ г/дм}^3$.

Удельный расход электроэнергии составил $4 - 7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ на 1 м^3 исходной или до $5 - 8,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ на 1 м^3 осветленной воды. При этом электрохимическое воздействие позволяет получить, независимо от исходной концентрации шламов в пульпе, осветленные сливы с содержанием твердой фазы до 20 г/дм^3 и сапонитсодержащий продукт с содержанием твердой фазы до 600 г/дм^3 при извлечении более 80 %.

Доочистка слива в пакетном многосгустителе обеспечивает содержание в нем твердой фазы $3 - 15 \text{ г/дм}^3$.

Недостатком способа является очень большой расход электроэнергии: исходя из составленного материального баланса количество оборотной сточной воды составляет $2500 \text{ м}^3/\text{час}$, которое необходимо очистить для того чтобы создать замкнутую систему оборота для комплексной переработки сапонитовой руды. Даже при минимальной цене $5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ на 1 м^3 осветленной воды и часовом расходе $2500 \text{ м}^3/\text{час}$. Расход электроэнергии составит $12500 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$. При годовом обороте воды, используемой в технологическом процессе $12500 \times 8150 = 101875000 \text{ кВт}$. При этом необходимо учесть, что очистке подверг-

нется только сапонитсодержащий продукт с содержанием твердой фазы до 600 г/дм³ при извлечении более 80 %.

1.4 Утин А.В. Способ сгущения сапонитовой суспензии (патент РФ № 2448052)

Известен способ сгущения сапонитовой суспензии (патент РФ № 2448052, опубл. 20.04.2012), путем оседания сапонитовых частиц для последующего отделения образующегося осадка, с последующей обработкой углекислым газом под давлением до 2 кгс/см². Количество углекислого газа вводят в количестве до 300 г на 1 кг сухого осадка.

Недостатком способа является большой расход углекислого газа, который не отвечает стехиометрическим соотношениям реакции и уже по этим показателям данный способ является экономически не выгодным и кроме того избыточная обработка карбонатов кальция и магния повышает их растворимость и общую минерализацию воды. Таким образом, введение углекислого газа в сапонитовую суспензию под давлением до 2 кгс/см² в количестве до 300 г на 1 кг сухого осадка не увеличивает скорость ее сгущения при отстаивании, поскольку повышает растворимость карбонатов кальция и магния и ухудшает свойства воды, повышая её минерализацию.

1.5 Алексеев А.И., Бричкин В.Н., Конончук О.О., Зубкова О.С. Способ сгущения сапонитовой суспензии (патент 2669272)

Способ осуществляется следующим образом. Вначале слив классификатора - сапонитовая суспензия подается в реактор, снабженный лопастной мешалкой и плотномером, затем в реактор подается вода. Происходит **разбавление** суспензии водой до плотности $\rho_{\text{разб.п.}}$ от 1250 до 1350 кг/м³. Перемешивание суспензии протекает со скоростью от 60 до 90 об/мин. Затем сапонитовая суспензия подается в сгуститель, снабженный лопастной мешалкой. В сгуститель подается раствор **оксихлоридного коагулянта**, в качестве коагулянта используется оксихлорид алюминия, с содержанием алюминия по Al_2O_3 197,25 кг/м³, концентрация рабочего раствора коагулянта по Al_2O_3 15%, плотность рабочего раствора $\rho_{\text{раб.р-ра}}=1315$ кг/м³ расход рабочего раствора коагулянта 120 м³ на 1000 м³ разбавленной пульпы. При воздействии на дестабилизированную суспензию оксихлоридным коагулянтом протекает процесс гидролиза солей. В результате гидролиза в коллоидном растворе образуются многозарядные ионы металлов, которые нейтрализуют силы отталкивания между коллоидными частицами. Перемешивание коллоидного раствора осуществляется со скоростью от 80 до 110 об/мин, приводит к столкновению коллоидных частиц. Силы притяжения заставляют коллоидные частицы слипаться друг с другом, что приводит к образованию крупных агломератов и сгущению твердой фазы сапонитовой суспензии. Затем сгущенная твердая фаза сапонитовой суспензии поступает в хвостохра-

нилище, а очищенная вода обратно в цикл. В результате осаждения твердой фазы сапони-
товой суспензии и последующего уплотнения 1 т осадка выделяется не менее 3 м³ воды с
концентрацией шламовых частиц менее 0,5 г/л, пригодной для использования ее в системе
оборотного водоснабжения фабрики. Образовавшаяся вода поступает обратно в цикл, а
сгущенная твердая фаза сапонитовой суспензии в хвостохранилище. После сгущения
твердая фаза сапонитовой суспензии имеет влажность 30% (70% твердого), то есть, воз-
можно, конусное складирование.

Недостатком способа является отсутствие уплотнения осадка, высокий pH среды
(сильнощелочная среда) за счет дополнительного ввода щелочи, требуется дополнитель-
ное введение утяжелителя.

1.6 Алексеев А.И., Бричкин В.Н., Конончук О. Зубкова О.С. Способ сгущения сапо- нитовой суспензии с применением кальцийалюмосиликатного реагента (патент 2675871)

Способ осуществляется следующим образом. Сапонитовую пульпу **разбавляют** в
стакане водой в соотношении 1:5 при комнатной температуре проводят процесс переме-
шивания в течении от 5 до 7 минут. Из полученного таким образом раствора сапонит, в
течении 120 минут осаждают методом коагуляции с введением кальцийалюмосиликатного
реагента, **в зависимости от консистенции пульпы** (содержание взвешенных частиц ва-
рьирует в диапазоне 90 г/л класс крупности минерала -71 мкм), в количестве от 2 до 5 г.
Осаждение сапонита происходит при комнатной температуре. Сапонит осаждается на дне
стакана в виде суспензии, верхний слой чистой воды используется для промывки алмазо-
носной руды.

Недостатком способа является длительность процесса.

ГЛАВА 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ

Цель работы: разработка технологии осаждения взвешенных веществ, преимуще-
ственно глинистого минерала сапонита, в оборотной воде и составление материального
баланса процесса осветления сапонитсодержащей воды для Обоганительной фабрики Ло-
моносовского ГОКа.

Основной задачей научно-технологических исследования для Обоганительной фабрики
Ломоносовского ГОКа является:

— определение экспериментальным путём соотношения введённого количества коагулян-
та в процессе осаждения тонкодисперсных взвесей в технологической воде Обогаитель-

ной фабрики и карьерного водоотлива к содержанию глинистого минерала сапонита, направляемой в технологический процесс.

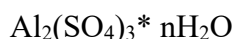
- проведение опытно-лабораторных работ с использованием сернокислого алюминия, оксихлоридного коагулянта, флокулянта и синтезированного кальцийалюмосиликатного коагулянта для снижения количества взвесей в оборотной воде, достижения продуктивности технологического процесса и поддержания устойчивой работы технологического оборудования.
- разработка технического решения для интенсификации процесса осаждения взвешенных частиц в чаше хвостохранилища и подачи оборотной воды с максимально низким содержанием взвешенных частиц глинистого минерала сапонита.
- определение технологического участка приготовления и подачи разработанного коагулянта в технологическую схему производства Обоганительной фабрики.
- разработка технологии осаждения взвешенных веществ, преимущественно глинистого минерала сапонита, в оборотной воде;
- разработка методики подачи кальцийалюмосиликатного реагента-осадителя при его смешении с оборотной водой расчёт его расхода.

В результате выполнения данной работы должен быть: разработан и подобран химический неорганический реагент, который позволяет эффективно снизить количество взвесей в оборотной воде, что благоприятно скажется на техническом состоянии оборудования, снизятся затраты на обслуживание и ремонты, будет продлён срок эксплуатации хвостохранилища, снижены затраты на увеличение емкости существующего хвостохранилища и строительство нового.

ГЛАВА 3. ОПИСАНИЕ ТРАДИЦИОННЫХ КОАГУЛЯНТОВ И ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ ОСАЖДЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

3.1 Коагулянты сернокислого алюминия

3.1.1 Общая химическая формула



3.1.2 Товарные названия

Стандарт качества ГОСТ 12966-85, выпускается в виде порошка и в жидкой форме.

Марки: Кемира, ГРАЛС, Аквахим.

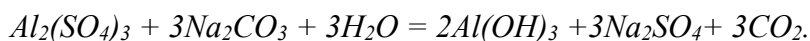
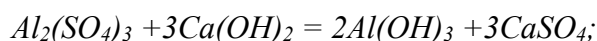
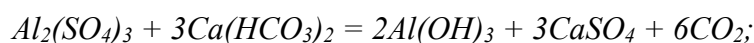
3.1.3 Механизм действия

Быстрое перемешивание (несколько секунд) важно на данном этапе, чтобы получить однородную дисперсию химического вещества и увеличить возможность максималь-

ного контакта между частицами. После длительного (несколько минут) перемешивания, происходит коагулирование частиц в более крупные образования. Когда они уже увеличились в размере и весе, начинается осаждение на дно, благодаря действию сил тяжести.

На выходе чистая вода не должна содержать коагулянт, но этого не происходит т.к., в основном, вода содержит в достаточном количестве гидроксид кальция и карбонат натрия (**жесткая вода**), что приводит к осаждению алюминия в виде **нерастворимого гидроксида** (образуется бесцветный студенистый осадок гидроксида алюминия).

Если вода мягкая и не содержит ни гидроксида кальция, ни карбоната натрия, то в нее добавляют известковую воду или соду, из расчета 0,35 г известковой воды или соды на 0,5 г сульфата алюминия. Химические уравнения реакции могут быть записаны в следующем виде:

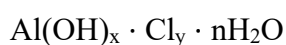


3.1.4 Достоинства и недостатки применения

Достоинства	Недостатки
1. Легкость применения; Товарная цена 7% раствора коагулянта 1 тонна стоит 11 тыс. рублей. расход 175 тонн, то есть 1 925 тыс. руб. 2. Высококачественный 3. Отсутствует токсичность применения 4. Не горюч, не подвержен самовоспламенению 5. Достигается высокая степень осаждения пульпы	1. Нет уплотнения осадка 2. Высокое содержание алюминия в воде 3. Затраты на покупки и доставку на место 4. Налог на добавленную стоимость 5. Утилизация осадка (4 класс)

3.2 Коагулянты оксихлоридного алюминия

3.2.1 Общая химическая формула



Другое название - гидроксихлорид алюминия (по международной номенклатуре не патентованное название РАС).

3.2.2 Товарные названия

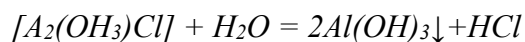
Стандарт качества (водный раствор) ТУ 2163-001-63114035-2009, выпускается в виде порошка и в жидкой форме.

Марки: ОХА Люкс, ОХА-В, АкваАурат, Бопак, GOODHIM.

3.2.3 Механизм действия

3 стадии коагуляции:

1. ОХА – частично гидролизованный хлорид алюминия, попадая в воду, подвергается гидролизу по катиону:



2. На второй стадии процесса коагуляции основная роль отводится адсорбции на коллоидных частицах гидроксидов алюминия.

3. Третья стадия коагуляции происходит в результате столкновения молекул гидроксидов алюминия между собой, коллоидных частиц примесей воды и результирующего укрупнения образовавшихся хлопьев за счет соединения их друг с другом.

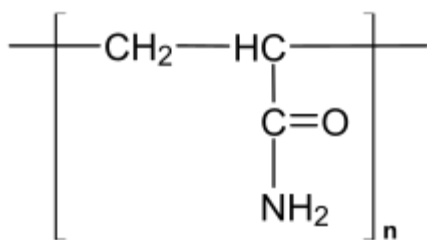
Начинает работать при pH среды выше 5,5, т.е. необходимо предварительное добавление щелочи.

3.2.4 Достоинства и недостатки применения

Достоинства	Недостатки
1. Товарная цена ОХА 17%. 45 р/л, при подсчёте расхода это 87 500 л 4000 тыс. руб., щелочь примерно 500 тыс. руб. 2. Высококачественный. 3. Отсутствует токсичность применения. 4. Не горюч, не подвержен самовоспламенению. 5. Достигается высокая степень осаждения пульпы. 6. При растворении поддерживают pH среды в пределах 3—4,	1. Необходимо создавать условия (только щелочная среда). 2. Нет уплотнения. 3. Затраты на покупки и доставка на место-рождение. 4. Налог на добавленную стоимость. 5. Утилизация осадка (4 класс).

3.3 Флокулянты на основе полиакриламида (катионные и анионные)

3.3.1 Общая химическая формула



3.3.2 Товарные названия

Марки: АкваФлок, Праестол (Praestol), Магнафлок (Magnafloc), Кемера (Kemira), Налко (Nalco), Rheomax (Риамакс), Fennoпол (Феннопол), Superfloc (Суперфлок).

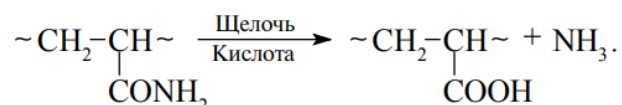
3.3.3 Механизм действия

Прежде чем вводить флокулянт, **необходимо** для предотвращения полимеризации ввести ингибиторы (соли меди, железа и др.) в ходе опытов - это был хлорид железа.

Флокулянты, используемые в отечественной практике очистки воды и обработки осадка, должны быть разрешены к использованию Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора Российской Федерации, т.е. должны иметь гигиенический сертификат. Кроме того, для каждого флокулянта должна быть установлена предельно-допустимая концентрация (ПДК) в системе водоснабжения [10] при его применении в водоподготовке или в воде водоемов при сбросе очищенных с использованием флокулянтов сточных [11]. Например, содержание полиакриламида (ПАА) в питьевой воде не должно превышать 2 мг/л. Следует также контролировать загрязняющие вещества, содержащиеся в реагентах, на основании информации, представленной в сертификатах на эту продукцию.

Малые добавки (0,02%) частично гидролизованного полиакриламида (любых флокулянтов) с молекулярной массой $= 1,2 \cdot 10^7$ в воду водохранилищ, ирригационных водоемов и плавательных бассейнов используют для **снижения** (на 14%) **скорости испарения** воды.

Флокулянты легко гидролизуются в присутствии кислот и щелочей, для процесса гидролиза (в ходе опытов был введен $\text{Ca}(\text{OH})_2$).



Ввод щелочи так же **повышает вязкость обрабатываемой воды**, в результате частичного превращения амидных групп в карбоксилатные.

Полимеры нерастворимы в водных растворах, но сильно в них набухают, поглощая и удерживая количество жидкости, в 500–1000 раз превышающее сухую массу полимера, образуя мягкие гидрогели, проницаемые для молекул жидкостей.

3.3.4 Достоинства и недостатки применения

Достоинства	Недостатки
1. Высокая скорость осаждения. 2. Очень низкий расход. 3. Товарная цена 360 руб./кг расход 250 кг 90 тыс. руб. (российский).	1. Токсичен (не более 2,0 мг/кг). 2. Пожароопасен (в воздухе образует, горячие облака пыли). 3. Способность образовывать взрывоопасную пыль. 4. Высокая плотность полученной воды. 5. Быстрое изнашивание оборудования за счет растворенных сополимеров (акриламида) в воде. 6. Застывание при высоких температурах (поликристаллизация). 7. Затраты на покупки и доставку на месторождение. 8. Налог на добавленную стоимость. 9. Не сливать в канализацию, грунтовые воды, поверхностные воды. 10. Утилизация осадка (4 класс).

3.4 Кальцийалюмосиликатный реагент

3.4.1 Общая химическая формула

Синтез силикатного неорганического реагента основан на приготовлении шихты, составляющую смесь природных минералов. Которые должны быть смешены при соотношение $\text{CaO}:\text{SiO}_2$ равное 3,0 и, $\text{CaO}:\text{Al}_2\text{O}_3$ равное 1,4...2,1, полученную смесь обжигали при температуре от 1285°C до 1300°C не менее 10 минут (Патент № 2683082. Способ получения кальцийалюмосиликатного неорганического коагулянта. Авторы: А.И. Алексеев, В.Н. Бричкин, О.С. Зубкова).

3.4.2 Товарные названия

По техническим условиям соответствует активированному алюмосиликатному адсорбенту ГЛИНТ.

Планируется получение данного реагента совместно с ООО «Пикалевский глинозёмный завод».

3.4.3 Механизм действия

Исследуя процесс термического разложения высококремнистых природных известняков применительно к системе $(\text{Mg,Ca})\text{O}-(\text{Al,Fe})_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, А. И. Алексеев разработал и внедрил в промышленность технологию синтеза силикатов, алюминатов, ферритов кальция и магния, используемых как комплексные реагенты для осаждения тонкодисперсных взвесей [3,4].

На основании разработанных теоретических представлений о химическом потенциале, предложено новое научное направление синтеза реагентов с заданными физико-химическими и минералогическими свойствами.

Диаграмма и температурные условия синтеза неорганических комплексных соединений для вывода соединений из раствора приведены в монографии Алексеева А.И. [3,4] из которого следует, что, **варьируя температуру обжига известняка и изменяя соотношения компонентов CaO , MgO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , можно синтезировать комплексные неорганические соединения с различным фазовым и химическим составом.**

Следует отметить, что **полученные результаты можно использовать только для конкретного метода осаждения промышленных и природных вод, загрязненных конкретным малорастворимым соединением, например, сапонит.**

Необычайно широкие области применения щелочного алюмосиликатного сырья в технологии очистки воды обусловлены разнообразием их свойства, а это в свою очередь связано с очень большим количеством силикатных фаз и многообразием их кристаллических структур.

А.И. Алексеев используя диаграмму состояния системы $\text{CaO}-\text{SiO}_2$, разработал теоретические и термодинамические основы синтеза мета-, орто- и дисиликатов кальция и внедрил в химическую промышленность соединения (реагенты) для очистки сточных вод.

В структуре ортосиликата кальция (Ca_2SiO_4) содержится два иона кальция, поэтому при соединении его с водой первоначально он подвергается гидролизу:



При контактировании силикатов кальция с водой первичным актом является его химическое взаимодействие с образованием в растворе ионов.

Гидросиликат кальция имеет в структуре гидроксильные группы, способные к катионному и анионному ионообмену.

Реакция замещения OH^- группы на катионы в щелочной среде складывается из последовательных стадий:



Учитывая это обстоятельство, предложен способ получения активного сорбента в процессе очистки сточных вод за счет разложения исходного силикатного реагента.

3.4.4 Достоинства и недостатки применения

Достоинства	Недостатки
<ol style="list-style-type: none"> 1. Легкость использования. 2. Уплотнение. 3. Низкая стоимость. 4. Товарная цена 1т 4 тыс. руб. расход 50 т, т.е. 225 тыс. руб. 5. Схож по своей структуре с доломитом, который очищал воду на хвостохранилище. 6. Может связать дамбу (из-за вяжущих свойств прекращается разрушение) и компоненты пульпы. 7. Возможность использования хвостов для приготовления реагента. 8. Отсутствует токсичность применения. 9. Не горюч, не подвержен самовоспламенению. 10. Не растворим в воде. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Создается щелочная среда. 2. Осаждение занимает 40-60 минут. 3. Требуется время для связывания осадка.

ГЛАВА 4. ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ОПЫТЫ ПО ОСАЖДЕНИЮ САПОНИТОВОЙ ПУЛПЫ

4.1 Расчёт скорости осаждения взвешенных веществ (Плановский)

Стушение (отстаивание) - один из наиболее распространенных методов разделения промышленных пульп. Методом отстаивания и декантации, т.е. осаждения твердых ча-

стиц под действием силы тяжести в жидкой среде часто пользуются в металлургическом и химическом производстве для разделения различных видов суспензий.

Скорость отстаивания существенно зависит от температуры, так как при изменении температуры суспензии изменяется и вязкость. Содержание жидкости в сгущенном продукте колеблется от 35 до 60 % для хорошо уплотняющихся осадков и выше - для плохо уплотняющихся осадков. Часто степень уплотнения сгущенного продукта характеризуют отношением Ж:Т, выраженным в единицах (например, пульпа в процессе переработки сапонитовой руды с целью извлечения алмазов, которая, плохо сгущается до отношения Ж:Т = 5:1...10:1).

Одной из основных задач технологического расчета процессов сгущения является определение необходимой поверхности осветления, что позволяет подобрать стандартный отстойник (отстойники) необходимого диаметра. Для определения поверхности или диаметра отстойника необходимо знание скорости осаждения наименьшей частицы, подлежащей осаждению.

При значении критерия Рейнольдса, равного или меньше 0,2, т.е. при ламинарном режиме осаждения частицы, скорость свободного осаждения с достаточной степенью точности может быть рассчитана по формуле Стокса:

$$w_{oc} = \frac{d^2(\rho - \rho_c)g}{18\mu_c}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

где d – диаметр частицы, м;

ρ – плотность частицы, кг/м³;

ρ_c – плотность среды, кг/м³;

μ_c – динамический коэффициент вязкости среды Па·с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Реальная скорость осаждения, с учетом соударения частиц при прохождении ими слоя сапонитовой мути, определяется по формуле:

$$w_{oc} = 0,5w_{oc}, \text{ м/с}, \quad (2)$$

где 0,5 - коэффициент стесненного слоя.

Скорость осаждения полидисперсной системы непрерывно изменяется во времени. Для таких систем кинетика осаждения устанавливается экспериментально и характеризуется кривой осаждения взвеси (см. Рис. 4.1)

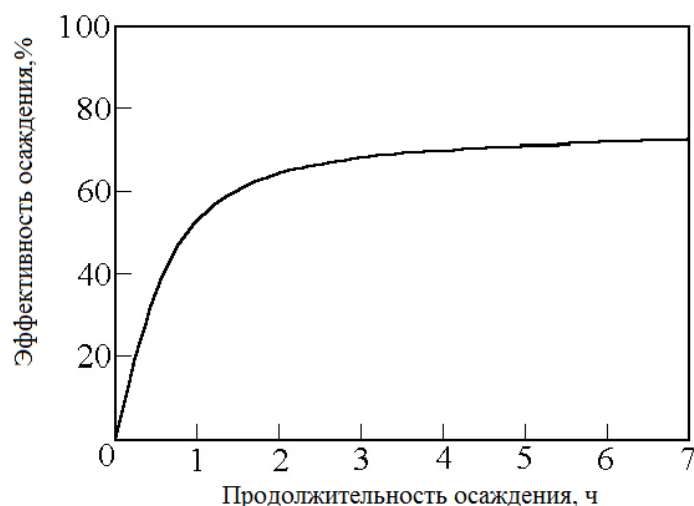


Рисунок 4.1. Кинетика осаднения взвеси

Кривые выпадения взвеси характеризуют ее гранулометрический состав и поведение при отстаивании. Чем круче начальный участок кривой, чем больше крупность и неоднородность взвеси и тем скорее она осаждается.

Разделение суспензий и эмульсий. Основные параметры.

Суспензии характеризуются весовым соотношением жидкой и твердой фаз (Ж:Т). Это соотношение может быть выражено через весовую долю x твердой фазы в суспензии:

$$n = (\text{Ж: Т}) = \frac{1-x}{x} \quad (3)$$

Пример скоростей осаднения представлен в Таблице 4.1.

Таблица 4.1. Характеристика водных растворов по размеру взвешенных веществ []

Размер частиц (приблизительный), мм	Гидравлическая крупность (скорость осаднения в лабораторном цилиндре в течение 2 ч), мм/с	Примесь (условно)	Время осаднения частиц на 1 м
1,0	100	Крупный песок	10 с
0,5	53	Средний песок	20 с
0,1	6,9	Мелкий песок	2,5 мин
0,050-0,027	1,7-0,5	Крупный ил	10-30 мин
0,010-0,005	0,070-0,017	Мелкий ил	4-18 ч
0,0027	0,005	Крупная глина	2 сут.
0,0010-0,0005	0,00070-0,00017	Тонкая глина	0,5-2 мес.
0,0002-0,000001	0,000007	Коллоидные частицы	4 года

4.2 Методика определения мутности питьевых, природных и сточных вод турбидиметрическим методом по каолину и по формазину

Определение мутности дренажной (карьерной) воды проводилось турбидиметрическим методом по каолину и по формазину в соответствии с ПНД Ф 14.1:2:4.213-05 «Методика выполнения измерений мутности питьевых, природных и сточных вод турбидиметрическим методом по каолину и по формазину».

4.2.1 Сущность метода

Турбидиметрический метод определения мутности основан на сравнении испытуемых проб со стандартными суспензиями каолина или формазина. Оптическую плотность мутности измеряют при $\lambda = 520$ нм в кювете с толщиной оптического слоя 50 мм.

4.2.2 Аппаратура и реактивы

Для проведения испытаний по определению мутности в воде был использован портативный измеритель мутности АМТ21 с диапазоном измерений от 0 до 19,99NTU, от 20 до 199,9NTU, от 200 до 1000NTU.



Рисунок 4.2. Портативный измеритель мутности АМТ21

4.2.3 Порядок проведения испытания

В кювету с толщиной оптического слоя 50 мм вносят тщательно перемешанную испытуемую пробу и снимают показания прибора при $\lambda = 520$ нм.

4.2.4 Обработка результатов проведения испытания

Концентрацию взвешенных веществ в образце рассчитывают автоматически по калибровочной кривой.

4.3 Определение плотности (пикнометрический метод)

Определение плотности сгущённой части проводилось пикнометрическим методом в соответствии с ГОСТ 18995.1-73. «Продукты химические жидкие. Методы определения плотности».

4.3.1 Сущность метода

Пикнометрический метод определения плотности жидкости или твёрдого сыпучего материала основан на взвешивании жидкости, занимающей в специальном сосуде - пикнометре известный объем, найденный весовым способом.

4.3.2 Аппаратура и реактивы

Для проведения испытаний по определению плотности в сгущённом продукте был использован пикнометр ПТ-50 ГОСТ 22524-77 и электронные весы с пределом допускаемой погрешности взвешивания $\pm 0,001$ г.



Рисунок 4.2. Пикнометры ПТ-50

4.3.3 Порядок проведения испытания

Пикнометр заполняют с помощью воронки или пипетки дистиллированной водой немного выше метки или доверху, закрывают пикнометр пробкой и взвешивают на электронных весах.

4.3.4 Обработка результатов проведения испытания

Истинная плотность материала, $\rho_{\text{ист}}$, г/см³, определяется по формуле:

$$\rho = \frac{(m_2 - m_1)\rho_c}{(m_2 - m_1) + (m_4 - m_3)}, \quad (4)$$

где m_1 – масса пустого пикнометра, г;

m_2 – масса пикнометра с навеской, г;

m_3 – масса пикнометра с навеской и водой или инертной жидкостью, г;

m_4 – масса пикнометра с водой или инертной жидкостью, г;

ρ_c – плотность воды (равная единице) или другой инертной жидкости, применяемой вместо воды.

4.4 Осаждение взвешенных веществ в дренажной воде

Содержание взвешенных веществ на момент проведения исследования составило 210-215 мг/л, точка отбора ПНС-0 дренажного водоотлива (при сбросе сточных вод, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на 0,75 мг/дм³ по нормам СанПиНа 2.1.5.980-00).

рН дренажной (карьерной) воды- 7,2 (по нормам СанПиНа 2.1.5.980-00 не должен выходить за пределы 6,5-8,5).

Для исследований взято 4 вида коагулянта: 7% раствор сернокислого алюминия, 9% раствор оксихлорида алюминия, флокулянт, кальцийалюмосиликатный реагент, кальцийалюмосиликатный реагент с добавкой флокулянта. Данные полученные в ходе опыта представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 Результаты опытов по обработке дренажной воды

Тип осадителя	Дозировка на 1 л дренажной воды	Полученные значения
1. Сернокислый алюминий 7% раствор.	4 мл	Мутность- 37,7 мг/л рН- 3,9 $w_{oc} = 0,72$ см/мин.
2. Оксихлоридный коагулянт 9% раствор без подщелачивания	4 мл	рН-4,1 осаждение не происходит, данный вид коагулянтов работает при рН выше 5,5
3. Оксихлоридный коагулянт 9 % раствор с добавлением едкого натра (NaOH)	4 мл раствора + 1 г щёлочи (едкий натр)	Мутность- 35,7 мг/л рН- 8,7 $w_{oc} = 1,05$ см/мин.
4. Кальций-алюмосиликатный реагент	4 г	Мутность- 41,8 мг/л рН-11,2 $w_{oc} = 1,29$ см/мин.
5. Флокулянт	Для проведения гидролиза и для предотвращения полимеризации введено хлорное железо	Мутность- 42,34 мг/л рН-11,8 $w_{oc} = 2,62$ см/мин.

	(FeCl ₃) – 1 г, для быстрого гидролиза флокулянта при pH выше 11, 0 введена щёлочь гидроокись кальция (Ca(OH) ₂) – 4 г, для осаждения и образования флокул введён флокулянт – 0,1 г.	
6. Кальцийалюмосиликатный реагент с добавлением флокулянта.	Для проведения гидролиза и для предотвращения полимеризации, а также для быстрого гидролиза флокулянта при pH выше 11, 0 введен кальцийалюмосиликатный реагент – 5 г, для осаждения и образования флокул введён флокулянт – 0,1 г.	Мутность- 46,98 мг/л pH-11,3 Скорость осаждения-10 сек.

Как видно из Таблицы 4.2 для проведения процесса осаждения сапонитовой взвеси необходимо предварительная подготовка водной среды, содержащей взвешенные вещества (частицы сапонита), для коагулянта оксихлорида алюминия - это является добавление щёлочи (в нашем случае был взят едкий натр NaOH) до pH равного 5,5, для флокулянтов – это предварительное добавление в воду хлорида железа (FeCl₃) и гидроксида кальция Ca(OH)₂ до pH равного 10,0.

Для коагулянтов сернокислого алюминия и кальцийалюмосиликатного реагента предварительная подготовка водной среды не требуется и эти коагулянты следует дозировать исходя из опытных расчетов количества взвешенных частиц в оборотной воде.

В промышленной лаборатории Ломоносовского ГОКа были проведены исследования влияния реагентной очистки (неорганические коагулянты, органические флокулянты, совместное добавление неорганического коагулянта и (органического флокулянта) дренажной (карьерной) воды на качество очистки воды согласно СанПиН 2.1.5.980-00.

Исследования проводились на остаточное содержание алюминия в очищенной воде, на содержание общего железа в воде, а также на тяжёлые металлы, такие как цинк и свинец.

Результаты анализов промышленной лаборатории Ломоносовского ГОКа представлены в Таблице 4.3.

Таблица 4.3. Результаты анализов очищенной дренажной воды реагентным способом

Данные с Промышленной лаборатории Ломоносовского ГОКа							
Определяемый по-казатель	НД на метод измерения	7 % р-р Серно-кислого алюми-ния	9% р-р Окси-хлорида люми-ния + щёлочь	Каль-цийалюм осиликат-ный реа-гент	Хлорное железо+ щёлочь+ флоку-лянт	Каль-цийалюмосили-катный реагент+ флоку-лянт	Норма ПДК по СанПиН 2.1.5.980-00 и ГН 2.1.5.1315-03
рН, ед. рН	ПНД Ф 14.1:2:3:4.12 1-97	4,29	9,12	11,43	12,17	11,68	Не дол-жен вы-ходить за пределы 6,5-8,5
Алю-миний, мг/дм ³	ФР. 1.31.2014. 16963	52,0	11,0	0,98	3,1	1,01	0,5
Желе-зо, мг/дм ³	ФР. 1.31.2014. 16963	0,16	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,3
Сви-нец, мг/дм ³	ФР. 1.31.2014. 16963	0,0024	<0,002	0,0025	<0,002	<0,002	0,03
Цинк, мг/дм ³	ФР. 1.31.2014. 16963	0,59	0,041	0,074	0,26	0,047	1,0

Применение **сернокислого алюминия** приводит к росту алюминия в воде т.к., в основном, вода содержит в достаточном количестве гидроксид кальция и карбонат натрия (жесткая вода), что приводит к осаждению алюминия в виде нерастворимого гидроксида (образуется бесцветный студенистый осадок гидроксида алюминия), а также железа и цинка. Опыты с **флокулянт**ом также показали, что добавление гидроксида кальция для гидролиза флокулянта способствует выпадению в осадок карбоната кальция, что приводит к укрупнению ранее образовавшихся осадков и адсорбирует на своей поверхности ионы цинка. **Оксихлорид алюминия** превысил также норму содержания остаточного алюми-ния в воде при использовании едконатрового метода умягчения рН обрабатываемой во-ды превышает 8,5 и гидроксид алюминия начинает переходить в форму алюминат-иона $[Al(OH)_4]^-$, растворимого в воде. Тем самым, с увеличением рН среды, увеличивается и концентрация остаточного алюминия в воде.

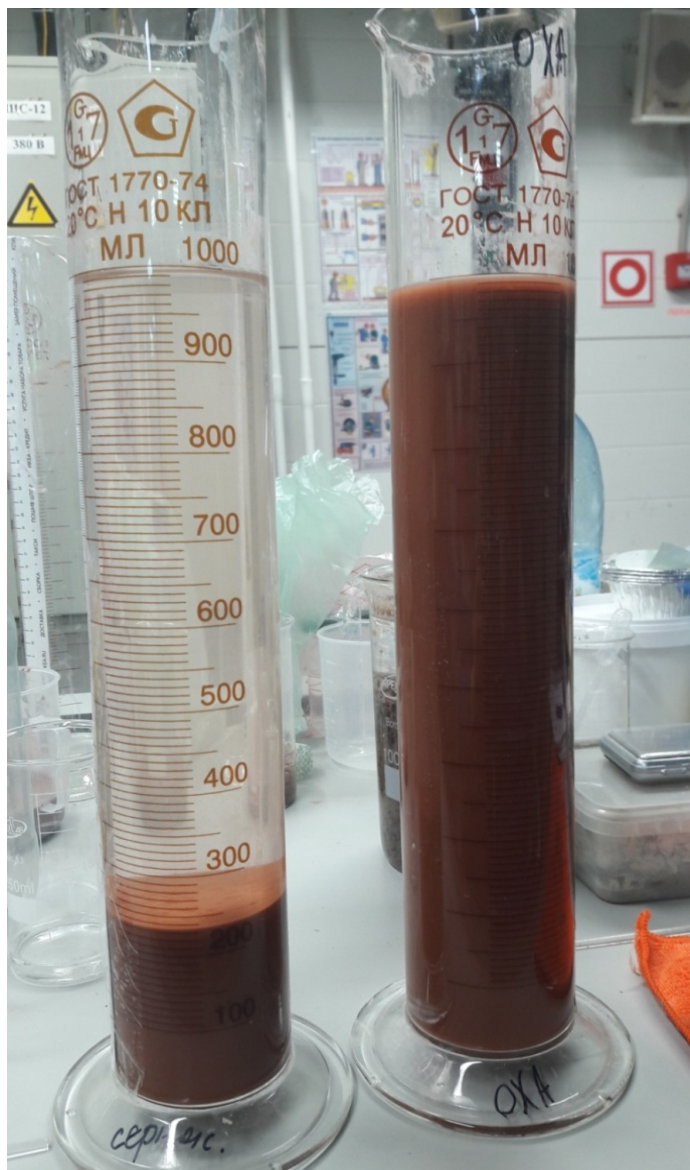


Рисунок 4.3 Дренажная вода до и после обработки 7% раствором сернистого алюминия



Рисунок 4.4. Дренажная вода с добавлением 9% раствора оксихлоридного коагулянта без добавления едкого натра

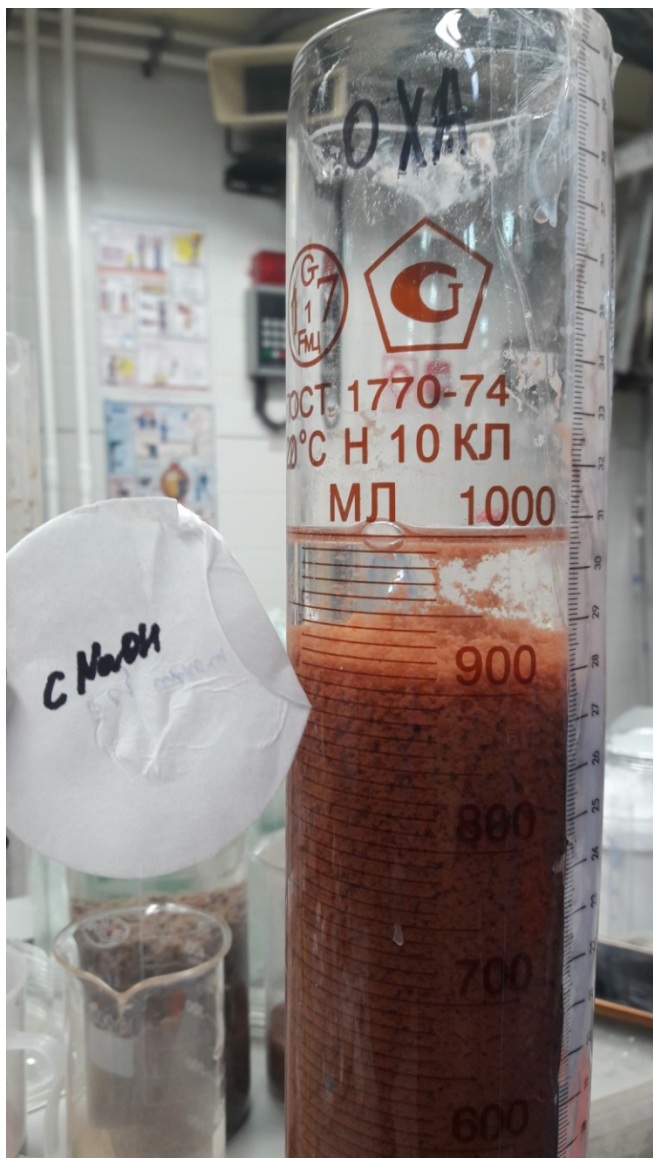


Рисунок 4.5. Дренажная вода с добавлением 9% раствора оксихлоридного коагулянта с добавлением едкого натра



Рисунок 4.6. Дренажная вода с добавлением флокулянта



Рисунок 4.7. Дренажная вода с добавлением кальцийалюмо-
силикатного реагента и флокулянта

Выводы

Проведённые опыты с дренажной водой, при добавлении всех представленных коагулянтов показали 100% результат очистки дренажной воды от взвешенных веществ вне зависимости от вида коагулянта.

Важно! Подбор вещества (коагулянта, флокулянта) для очистки воды производится исходя из назначения воды, степени её загрязнения, температуры и способа очистки.

Оксихлориды используют для очистки холодной воды с высоким содержанием органических примесей природного происхождения. Необходима среда с pH больше 5,5-6,0, такую среду можно создать только добавлением щёлочи, приготовление реагента и **предварительное подщелачивание воды** потребует дополнительные затраты на **строительство узла приготовления реагентов**.

Сернокислый алюминий даёт самую высокую концентрацию оксида алюминия, это значит, что данный раствор покажет самую высокую активность в процессе очистки воды от взвеси. При этом плотность примесей также самая большая, а это значит, что после обработки **в воде могут оставаться лишние компоненты**.

Несмотря на **сравнительно высокую стоимость** органических флокулянтов, их применение экономически оправданно в следующих случаях: флокулянты используют, когда **нет возможности расширить очистные сооружения** из-за ограниченности площадей, **при отсутствии альтернативных способов очистки воды**.

Недостатком порошкообразных и гелеобразных флокулянтов является **сложности, возникающие при приготовлении растворов флокулянтов**, т.к. для их растворения требуется специальное оборудование.

Кальцийалюмосиликатный реагент можно использовать для очистки воды от взвешенных веществ **в любом диапазоне температур**. Не требует дополнительного узла приготовления, достаточно сухого складирования. По сравнению со всеми, торговый аналог намного дешевле.

4.5 Обработка оборотной воды Обоганительной фабрики без разбавления

Исследования по осаждению и сгущению взвешенных веществ в оборотной воде проводились **с содержанием твёрдого 115 г/л**.

Были использованные традиционные коагулянты и кальцийалюмосиликатный в расчёте на 1 литр пробы:

- 1) 7 % раствор сернокислого алюминия – 35 мл;

2) 9% раствор оксихлорида алюминия – 35 мл с подщелачиванием пробы едким натром до $\text{pH}=11,7 - 5$ г;

3) флокулянт – предварительный гидролиз хлорным железом – 10 г, подготовка щелочной среды для флокулянта гидроксидом кальция до $\text{pH}=11,6 - 4$ г, ввод флокулянта – 0,1 г;

4) кальцийалюмосиликатный реагент – 25 г.

Для процесса гидролиза (гидролиз - это химическая реакция взаимодействия вещества с водой, при которой происходит разложение этого вещества и воды с образованием новых соединений), **необходимо создать условия разложения** любого из коагулянтов и флокулянтов.

Не один из представленных коагулянтов и флокулянт и кальцийалюмосиликатный реагент, не проявил своих коагуляционных свойств, а привёл к загустеванию пробы. Слой чистой воды нет.



Рисунок 4.8. На фото представлен результат добавления 7 % раствора сернокислого алюминия в обратную воду с содержанием твёрдого 115 г/л, как видно на фото гидролиза коагулянта не происходит.

Выводы

Оборотную воду на момент исследований (технологический регламент 0,5 г/л) с содержанием сапониновой взвеси 115 г/л, было предложено по химической причине разбавить до содержания твердого 50-60 г/л вследствие необходимости протекания процесса диссоциации (не хватает воды для процесса гидролиза) коагулянтов и флокулянта, кальцийалюмосиликатного реагента с водой.

4.6 Обработка оборотной воды Обоганительной фабрики с разбавлением (содержание твёрдого 50-60 г/л)

Для исследований была взята оборотная вода Обоганительной фабрики с содержанием твёрдого 115 г/л и разбавлена до 60 г/л.

В цилиндры на 1 л были добавлены:

- 1) 7 % раствор сернокислого алюминия – 35 мл;
- 2) 9% раствор оксихлорида алюминия – 35 мл с подщелачиванием пробы едким натром до $\text{pH}=11,7 - 5$ г;
- 3) флокулянт – предварительный гидролиз хлорным железом – 10 г, подготовка щелочной среды для флокулянта гидроксидом кальция до $\text{pH}=11,6 - 4$ г, ввод флокулянта – 0,1 г;
- 4) кальцийалюмосиликатный реагент – 25 г.



Рисунок 4.9. Разбавление пробы оборотной воды до 50-60 г/л – время отстаивания 30 минут: 1) 7 % раствор сернокислого алюминия; 2) 9% раствор оксихлорида алюминия + подщелачивание; 3) кальцийалюмосиликатный реагент



Рисунок 4.10 Разбавление пробы оборотной воды до 50-60 г/л с обработкой флокулянт, время отстаивания - 40 минут

Результаты по уровню очищенной воды спустя 60 минут представлены в Таблице 4.4

Таблица 4.4. Результаты опыта

Наименование реагента	Уровень воды, см
7 % раствор сернокислого алюминия	3
9% раствор оксихлорида алюминия	2
Кальцийалюмосиликатный реагент	3
Флокулянт	3

4.7 Обработка воды хвостохранилища с разбавлением (содержание твёрдого 50-60 г/л)

Была отобрана проба воды с ВК-2 глубина 1,5 м, с содержанием твёрдого 94 г/л. Проба была разбавлена до содержания твёрдого 50-60 г/л.

В цилиндры на 1 л были добавлены:

- 1) 7 % раствор сернокислого алюминия – 20 мл;

2) 9% раствор оксихлорида алюминия – 20 мл с подщелачиванием пробы едким натром до pH=11,7 – 5 г;

3) флокулянт – предварительный гидролиз хлорным железом – 10 г, подготовка щелочной среды для флокулянта гидроксидом кальция до pH=11,6 – 4 г, ввод флокулянта – 0,1 г;

4) кальцийалюмосиликатный реагент – 20 г.

Результаты по уровню очищенной воды спустя 60 минут представлены в Таблице 4.5.

Таблица 4.5 Результаты опыта

Наименование реагента	Уровень воды, см	pH чистой воды	Мутность очищенной воды, мг/л	Плотность осадка, г/см ³
7 % раствор сернокислого алюминия	3	4,5	13,6	1,036
9% раствор оксихлорида алюминия	2,3	10,5	0	1,035
Кальцийалюмосиликатный реагент	0,7	12,2	15,1	1,04
Флокулянт	5,5	12,0	0	1,04



Рисунок 4.10 Результаты по осаждению сапонитовой пульпы, содержание твердого 50-60 г/л спустя 30 минут (стакан 1,2,3)

Был поставлен дополнительный опыт по разбавлению пульпы жидкостью после обработки флокулянтom, как видно из Рисунка 4.10 стакан 4 жидкость продолжает работать за счёт остаточного растворённого полиакриламида в воде, но качество воды становится хуже, в основном мелкие глинистые частицы прилипают к стенкам стакана.

4.8 Обработка воды хвостохранилища с разбавлением (содержание твёрдого 25-30 г/л)

Была отобрана проба воды с ВК-2 глубина 1,5 м, с содержанием твёрдого 94 г/л. Проба была разбавлена до содержания твёрдого 25-30 г/л.

В цилиндры на 1 л были добавлены:

- 1) 7 % раствор сернокислого алюминия – 20 мл;
- 2) 9% раствор оксихлорида алюминия – 20 мл с подщелачиванием пробы едким натром до $pH=11,7 - 5$ г;
- 3) флокулянт – предварительный гидролиз хлорным железом – 10 г, подготовка щелочной среды для флокулянта гидроксидом кальция до $pH=11,6 - 4$ г, ввод флокулянта – 0,1 г;
- 4) кальцийалюмосиликатный реагент – 20 г.

Результаты по уровню очищенной воды спустя 60 минут представлены в Таблице 4.6.

Таблица 4.6. Результаты опыта

Наименование реагента	Уровень воды, см	pH чистой воды	Мутность очищенной воды, мг/л	Плотность осадка, г/см ³
7 % раствор сернокислого алюминия	3	4,1	0	1,027
9% раствор оксихлорида алюминия	11	10,9	0	1,03
Кальцийалюмосиликатный реагент	3	12,1	0	1,03
Флокулянт	7	12,0	0	1,027

Приведенные нами опыты по оценке эффективности применения различных видов неорганического или органического осадителя или флокулянта подтверждают ранее выполненные эксперименты авторов [16 18], что не зависимо от вида применяемого осадителя основным фактором является колебания взвесей в оборотной воде в пределах , превышающих свыше 50...120 г/л. Твёрдого.



Рисунок 4.11 Результаты по осаждению сапонитовой пульпы, содержание твердого 25-30 г/л спустя 60 минут

Из данных рисунка 4.11 видно, что все коагулянты и флокулянт работают в соответствии с заданными условиями среды для гидролиза.

4.9 Опыты с жидкостью после флокуляции пульпы

Наибольший объём воды, дала комплексная обработка коагулянтом дренажной воды с применением кальцийалюмосиликатного реагента и флокулянта. Для определения, остаточного растворённого полиакриламида в воде был проведён опыт по разбавлению флоккулированной жидкостью после очистки дренажной воды пульпы хвостохранилища с содержанием твёрдого 94 г/л. Результаты представлены в Таблице 4.7.

Таблица 4.7. Ход проведения опыта с флоккулированной жидкостью

№ опыта	Результат
1	Взяв воду пульпы с хвостохранилища с содержанием твёрдого 94 г/л и разбавив его жидкостью, предварительно обработанной флокулянт до концентрации взвешенных веществ 47 г/л (стакан 1 на фото), можно увидеть образование флоккулированного осадка и слой чистой воды.
2	Этой же жидкостью, которая содержит растворённый полиакриламид, была разбавлена пульпа до содержания твёрдого 31 г/л и опять видно образование флоккулированного осадка (стакан 2 на фото) и уровень чистой воды.
3	Этой же жидкостью, которая содержит растворённый полиакриламид, была разбавлена пульпа до содержания твёрдого 23 г/л и опять видно образование

<p>флокулированного осадка (стакан 3 на фото) и уровень воды, так же видно, что чем ниже концентрация, тем сильнее налипают глинистые частицы на стенки стакана.</p>
--

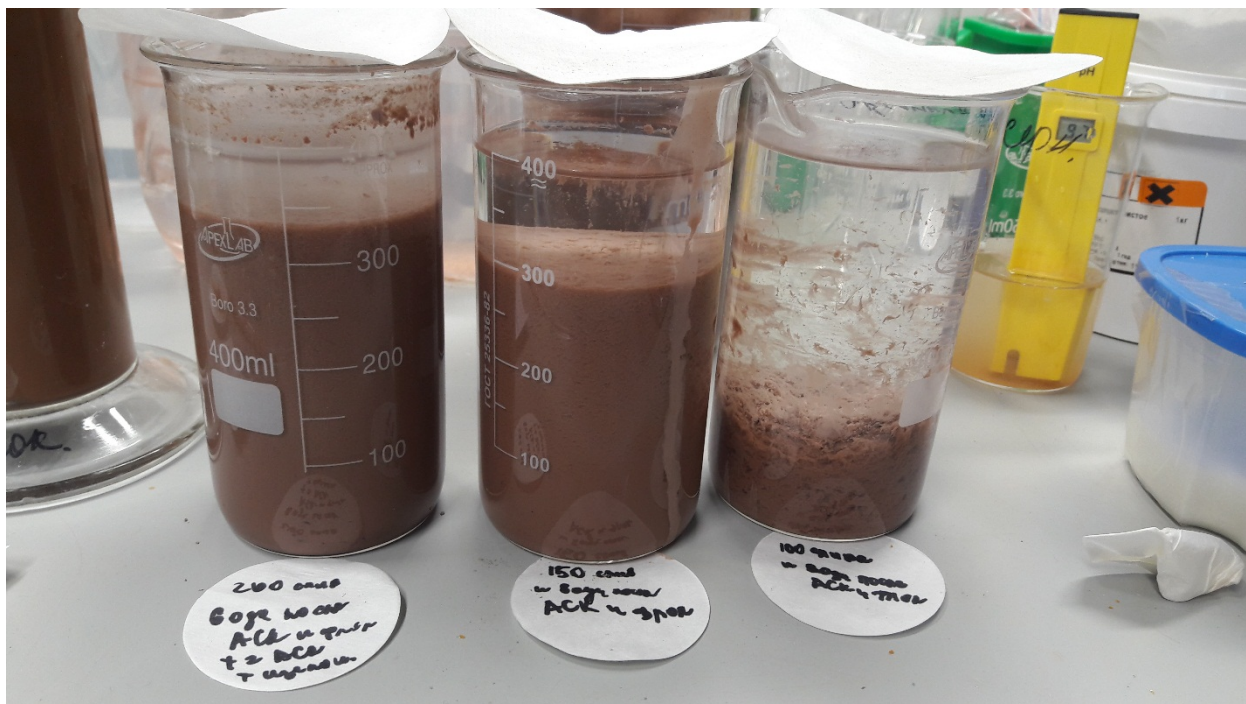


Рисунок 4.12 Опыты с предварительно флокулированной водой

Однако стоит заметить, что жидкость после данной обработки все же обладает слабовыраженной способностью осаждать. То есть при повторном введении данной жидкости в пробу **происходит процесс флокуляции**, поэтому добавление в трубопроводы для подачи пульпы на обогатительную фабрику могут привести к **потере микроалмазов, отложению слизи на стенках трубопроводов и оборудования** (Рисунок 4.13).



Рисунок 4.13. Осадок на стенке в виде склизкой массы

4.10 Обработка пульпы хвостохранилища Rheomax 9010

Были проведены дополнительные опыты по осаждению взвешенных веществ флокулянтom Rheomax 9010. Для проведения опыта была взята пульпа хвостохранилища с со-

держанием твёрдого 94 г/л глубина 1,5 м. Ход проведения лабораторного опыта представлен в Таблице 4.8.

Таблица 4.8. Ход проведения опыта с флокулянт Rheomax 9010

№ опыта	Результат
1	Взяв пульпу хвостохранилища с содержанием твёрдого 94 г/л и добавив туда 0,1 г флокулянта Rheomax 9010 без добавления хлорного железа и щёлочи для поднятия pH среды видно, что укрупнения частиц нет (осаждения не происходит).
2	Пульпа хвостохранилища была разбавлена до содержания твёрдого 47 г/л и, добавив туда 0,1 г флокулянта Rheomax 9010 без добавления хлорного железа и щёлочи для поднятия pH среды видно, что укрупнения частиц нет (осаждения).
3	При том же содержании взвешенных веществ 47 г/л было добавлено хлорное железо для гидролиза и щёлочь для pH больше 11,0, только затем флокулянт Rheomax 9010 при интенсивном перемешивании появился чистый слой воды и сгущенный продукт.

Из опыта можно сделать вывод, что без предварительной обработки пульпы как и в случае с любым флокулянт, Rheomax 9010 не очищает воду с содержанием твёрдого 94 г/л, только после предварительного введения хлорида железа и гидроксида кальция, а также интенсивного перемешивания начинает появляться слой мутной воды.

Стоит также отметить, что, если сам полиакриламид не токсичен (до процесса полимеризации акриламид из которого получают флокулянт является токсичным веществом), особенно если он полинасыщенный и высокомолекулярный (полиакриламид может быть разный, в зависимости от метода его получения), но после его использования в качестве флокулянта могут образовываться токсические соединения, немаловажно учитывать при очистке флокулянт сам состав очищаемой воды.

Важно! Эффективность процесса флокуляции, размер и плотность образующихся хлопьев в большой степени **зависят от интенсивности и продолжительности перемешивания**, не просто подача раствора флокулянта в пруд отстойник или другой вид емкостей.



Рисунок 4.14 Обработка флокулянт Rheomax 9010, на фото видно, что без разбавления и без предварительной обработки хлорным железом и щёлочью процесс осаднения не идёт (стакан 2), после разбавления и без предварительной обработки пульпы процесс осаднения идёт, но недостаточно хорошо (стакан 1)

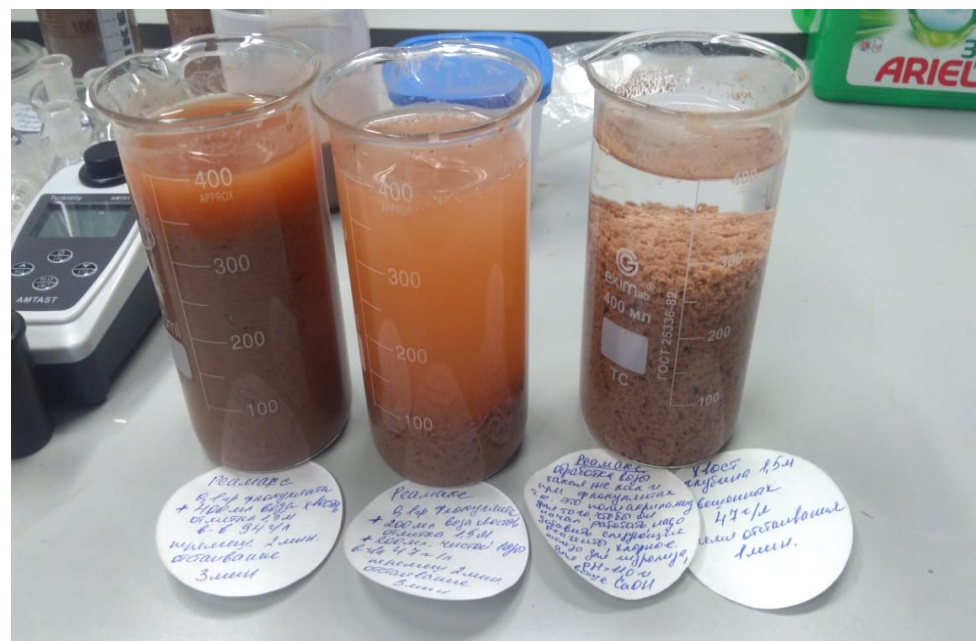


Рисунок 4.15 Обработка флокулянт Rheomax 9010, на фото видно, что без разбавления и без предварительной обработки хлорным железом и щёлочью процесс осаднения не идёт (стакан 1), после разбавления и без предварительной обработки пульпы процесс осаднения идёт, но недостаточно хорошо (стакан 2), после добавления хлорного железа и щёлочи, и интенсивного перемешивания (стакан 3)



The Chemical Company

Паспорт безопасности

Страница: 1/8

BASF Паспорт безопасности согласно постановлению ЕС № 1907/2006
Дата / переработан: 06.08.2010
Продукт: **Rheomax® ETD 9010**

Версия: 1.0

(30486971/SDS_GEN_RU/RU)

Дата печати 28.02.2013

1. Наименование вещества/препарата и название фирмы

Rheomax® ETD 9010

Применение: Модификатор реологических свойств

Фирма:

БАСФ СЕ
Германия
67056 Людвигсхафен

Адрес для связи:

ЗАО БАСФ
Кадашевская набережная, д. 14 корп. 3
119017 Москва, Россия
Телефон: +7 495 231-7200 или 8 800 200 58 37
Номер факса: +7 495 231-7168
Адрес электронной почты: info.russia@basf.com

В экстренных случаях обращаться:

International emergency number:
Телефон: +49 180 2273-112

2. Возможные опасности

Возможные опасности (согласно директиве 67/548/ЕЭС соотв. 1999/45/ЕС)

Может вызвать лёгкое раздражение глаз, проходящее после того, как продукт будет смыт с глаз.

При вдыхании пыли может вызвать лёгкое раздражение респираторной системы.

Длительное воздействие продукта может вызывать раздражение кожи.

Продукт этого типа обладает склонностью к выделению пыли при грубом обращении. Он легко не сгорает, но, как и многие органические порошки, может образовывать в воздухе горячие облака пыли.

Очень скользкий во влажно состоянии.

3. Состав/Сведения о веществах, входящих в состав

Химическая характеристика

полиакриламид, анионный

4. Меры по оказанию первой помощи

Общие указания:

Удалить загрязненную одежду.

После вдыхания:

При появлении неприятных ощущений после вдыхания пыли: выйти на свежий воздух, обратиться к врачу.

После контакта с кожей:

Основательно промыть водой с мылом.

После попадания в глаза:

Не менее 15 минут промывать открытые глаза проточной водой.

После проглатывания:

Прополоскать рот и выпить большое количество воды. Проверьте дыхание и пульс. При потере сознания поместите пострадавшего в так называемое "спасительное положение", накройте и согрейте его. Ослабьте тесную одежду, включая воротник, галстук, ремень или ремешок на запястье. Обратитесь за медицинской помощью. Никогда не вызывать рвоту и не давать ничего через рот, если пострадавший находится в бессознательном состоянии, или если у него судороги.

Указания для врача:

Лечение: Симптоматическое лечение (обеззараживание, поддержание жизнеспособности), специальный антидот неизвестен.

5. Меры по тушению пожара

Пригодные средства пожаротушения:

огнегасящий порошок, пена, средства пожаротушения, подходящие к типу (категории) пожара

Неподходящее средство для тушения по соображениям безопасности:

водомер, двуокись углерода

Дополнительные указания:

Если используется вода, движение пассажиров и транспорта отстранить от мест, где могла бы быть опасность скольжения.

Особые опасности:

оксиды углерода, оксиды азота

Указанные вещества/группы веществ могут выделяться в случае пожара. Очень скользкий во влажно состоянии.

Специальные средства защиты:
Одеть автономный дыхательный аппарат.

Дополнительная информация:
Степень угрозы зависит от горящих материалов и условий пожара. Загрязненная вода, использовавшаяся для тушения, должна быть обезврежена в соответствии с нормативными предписаниями.

6. Меры в случае непреднамеренного высвобождения

Индивидуальные меры предосторожности:
Избегать образования пыли. Использовать индивидуальную защитную одежду.

Меры по охране окружающей среды:
Не допускать попадания в канализацию/поверхностные воды/ грунтовые воды.

Способы очистки или сбора вещества:
Для небольших количеств: Собрать и утилизировать при помощи подходящего приспособления.
Для больших количеств: Собрать с помощью связующего средства и утилизировать.
Пролитый продукт, который становится влажным или пролитый водный раствор, создает опасность вследствие их скользкого характера. Избегать образования пыли.

7. Обращение и хранение

Обращение

При пересыпании больших количеств без вытяжной вентиляционной установки: защита органов дыхания. Следует соблюдать обычные меры предосторожности при обращении с химическими веществами. Вместе с водой образует скользкие поверхности.

Обеспечение пожаро- и взрывобезопасности:
Избегать образования пыли. Принять меры против статической электризации.

Хранение

Другие указания по условиям хранения: Хранить в закрытой поставляемой производителем таре в сухом прохладном месте. Избегать влажных условий, смачивания и высокой влажности, экстремальных температур и источников возгорания.

Стабильность при хранении:
Избегать крайне высоких температур.

8. Контроль экспозиции и индивидуальные средства противохимической защиты

Компоненты вещества, в отношении которых необходим контроль предельно допустимой концентрации на рабочем месте.

BASF Паспорт безопасности согласно постановлению ЕС № 1907/2006
Дата / переработан: 06.08.2010
Продукт: **Rheomax® ETD 9010**

Версия: 1.0

(30486971/SDS_GEN_RU/RU)

Дата печати 28.02.2013

частицы, проникающие в альвеолы (взвешенная пыль)
TWA value 2 mg/m³ (MAC (RU)), Частицы

Индивидуальные средства противохимической защиты

Защита дыхательных путей:
Соответствующая защита органов дыхания при низких концентрациях или краткосрочном воздействии. Пылевой фильтр типа P2 или FFP2 (средняя способность удерживания твёрдых и жидких частиц, например, EN143,149).

Защита рук:
Защитные перчатки, устойчивые к воздействию химикатов (EN 374).
Материалы, пригодные также для продолжительного прямого контакта (рекомендуется: защитный индекс 6, соответственно > 480 минут времени проникновения согл. EN 374) например, нитрилкаучук (0,4 мм), хлоропренкаучук (0,5 мм), поливинилхлорид (0,7 мм) и др.
Дополнительное примечание: Данные основаны на собственных исследованиях, взяты из литературы и из информации производителей перчаток либо выведены исходя из свойств аналогичных материалов. Необходимо учитывать, что из-за многих факторов (например, температуры), время использования химической защитной перчатки на практике может быть значительно короче указанного времени проникновения.
Из-за большого многообразия типов необходимо учитывать инструкции по эксплуатации от производителя.

Защита глаз:
Очки с боковой защитой (в оправе)(EN 166)

Спецодежда:
легкая защитная одежда

Общие профилактические и гигиенические меры:
Следует соблюдать обычные меры предосторожности при обращении с химическими веществами. Обеспечить хорошее проветривание помещения. Рекомендуется закрытая рабочая одежда. Необходимо снять загрязненную одежду и очистить ее. Перед перерывами и в конце рабочей смены вымыть руки и/или лицо.

9. Химические и физические свойства

форма:	порошок
Цвет:	беловатый
Запах:	без запаха

Показатель pH:	7,3 (1 %(m)) раствор
----------------	----------------------------

Точка плавления:	Не определяется. Материал/Продукт разлагается.
------------------	---

BASF Паспорт безопасности согласно постановлению ЕС № 1907/2006
Дата / переработан: 06.08.2010
Продукт: **Rheomax® ETD 9010**

Версия: 1.0

(30486971/SDS_GEN_RU/RU)

Дата печати 28.02.2013

Температура вспышки: не применимо к данному случаю
Воспламеняющие свойства: не способствует
распространению огня

Насыпная плотность: 750 kg/m³

Растворимость в воде: Образует вязкий раствор.

10. Стабильность и реактивность

Условия, которых нужно избегать:
Избегать экстремальных температур. Избегать образования пыли. Избегать электростатического разряда. Избегать источников воспламенения.

Вещества, которых необходимо избегать:
сильные кислоты, концентрированные основы, сильные оксиданты

Опасные реакции:
Продукт в поставляемой форме не является взрывоопасным порошком; однако накопление тонкой пыли может способствовать возникновению такой опасности.

Опасные продукты разложения:
В случае соблюдения предписаний/указаний по хранению и использованию материала опасные продукты распада не выделяются.

11. Данные по токсикологии

Токсичность.

Экспериментальные/вычисленные данные:
LD50 крыса (орально): > 2.000 mg/kg (OCDE, Директива 401)

Раздражающее действие

Экспериментальные/вычисленные данные:
Ожог/раздражение кожи кролик: не раздражает (OCDE, Директива 404)

Серьезное повреждение/раздражение глаз кролик: не раздражает

Другие указания, касающиеся токсичности

Продукт не был испытан. Данные по токсикологии были выведены на основе схожих структур или составов.

12. Информация по экологии

Экотоксичность

Токсичность для рыб:
LC50 (96 h) > 100 mg/l, Радужная форель/Oncorhynchus mykiss (статичный)
(при восстановлении статических условий в присутствии гуминовой кислоты)

Водные беспозвоночные:
LC50 (48 h) > 100 mg/l, дафния/Daphnia magna

Способность к бионакоплению.

Оценка биоаккумуляционного потенциала:
Полимерная часть ввиду своих структурных качеств не является биодоступной. Накопление в организме не происходит.

Дополнительные указания

Прочие указания по экотоксикологии:
Продукт не был испытан. Данные по экотоксикологии были выведены на основании свойств продуктов со схожим составом или структурой.

13. Указания по утилизации

Уничтожить при соблюдении национальных, государственных или местных предписаний

Загрязненная упаковка:
Упаковку, не подлежащую очистке, необходимо утилизировать так же, как и содержимое.
Незагрязненная упаковка может быть использована повторно.

14. Данные по транспортировке

Наземный транспорт

ADR

В соответствии с предписаниями по транспортировке продукт не является опасным грузом

RID

В соответствии с предписаниями по транспортировке продукт не является опасным грузом

Речной транспорт

BASF Паспорт безопасности согласно постановлению ЕС № 1907/2006
Дата / переработан: 06.08.2010
Продукт: **Rheomax® ETD 9010**

Версия: 1.0

(30486971/SDS_GEN_RU/RU)

Дата печати 28.02.2013

ADNR

В соответствии с предписаниями по транспортировке продукт не является опасным грузом

Морской транспорт

IMDG

В соответствии с предписаниями по транспортировке продукт не является опасным грузом

Sea transport

IMDG

Not classified as a dangerous good under transport regulations

Воздушный транспорт

IATA/ICAO

В соответствии с предписаниями по транспортировке продукт не является опасным грузом

Air transport

IATA/ICAO

Not classified as a dangerous good under transport regulations

15. Предписания**Предписания Европейского Союза (Маркировка) / Национальные предписания**

Директива-ЕС 1999/45/ЕС ('Директива по приготовлению препаратов'):

Продукт не требует предварительной маркировки в соответствии с директивами ЕС.

Прочие предписания

16. Прочие сведения

Неподходящее применение: ЭТОТ МАТЕРИАЛ НЕ ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОДУКТАХ, КОТОРЫЕ ДЛИТЕЛЬНО КОНТАКТИРУЮТ СО СЛИЗИСТЫМИ ОБОЛОЧКАМИ, С СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В ОРГАНИЗМЕ ЖИДКОСТЬЮ ИЛИ С СОДРАННОЙ КОЖЕЙ, А ТАКЖЕ КОТОРЫЕ НЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНЫ СПЕЦИФИЧЕСКИМ ОБРАЗОМ БЫТЬ ИМПЛАНТИРОВАННЫМИ В ТЕЛО ЧЕЛОВЕКА, ПОКА ГОТОВЫЙ ПРОДУКТ НЕ БУДЕТ ПРОВЕРЕН В СООТВЕТСТВИИ С НАЦИОНАЛЬНЫМИ И ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНЫМИ ПРЕДУСМОТРЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ ПО БЕЗОПАСНОСТИ. ВВИДУ БОЛЬШОГО МНОГООБРАЗИЯ ТАКОГО РОДА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ МЫ НЕ В СОСТОЯНИИ РЕКОМЕНДОВАТЬ ЭТОТ МАТЕРИАЛ КАК БЕЗОПАСНЫЙ И ПРИГОДНЫЙ ДЛЯ ТАКОГО РОДА ПРИМЕНЕНИЙ И ВЗЯТЬ НА СЕБЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА ТАКОГО РОДА ПРИМЕНЕНИЯ.

В результате слияния CIBA и BASF Group все паспорта безопасности были перепроверены в основании консолидированной информации. Возможно, в паспорта безопасности были внесены изменения. В случае возникновения вопросов касательно данных изменений, просим Вас обращаться по адресу, указанному в пункте №1.

Вертикальными линиями с левой стороны обозначены изменения по отношению к предыдущей версии.

Представленные в паспорте безопасности данные основаны на знаниях и опыте, полученных в настоящее время, и описывают продукт с точки зрения требований безопасности. Эти данные не следует рассматривать как описание свойств товара (спецификацию продукта). Не следует делать заключений о качестве или пригодности продукта для конкретного применения исходя из данных листа безопасности. Конечный потребитель продукта должен соблюдать существующие законы и предписания, а также правовые нормы.

4. 11 Рекомендации по реагентному осаждению дренажной воды от взвешенных веществ

Для осаждения взвесей в дренажной (карьерной) воде, акустический способ, который работает на данный момент в отстойниках, показал себя эффективно только с частицами крупного размера минимум - 0,071 мм.

По данным полученным в 2017 году Санкт-Петербургским горным университетом размер частиц глинистого минерала сапонита составляет 0,000002976 мм в дренажной воде ПНС-0, в сливе с классификаторов - 0,00001478 мм, это говорит о том, что мы имеем дело с коллоидным раствором (10^{-6}), в данном случае частицы осаждаются только при применении реагентов.

По проведённым опытам видно (см. Таблицу 4.3), что оксихлоридный коагулянт не существенно влияет на pH среды по сравнению с другими коагулянтами, а также не значительно увеличил алюминий в воде, но всё равно норма по СанПиН 2.1.5.980-00 превышена.

Использование коагулянтов из серии **сернокислого алюминия** для очистки дренажной (карьерной) воды **категорически запрещены**. Превышение остаточного алюминия в воде по сравнению с СанПиНом 2.1.5.980-00 в 260 раз, по сравнению с другими коагулянтами и флокулянтom повышает показатель общего железа в воде, а также повысил содержание тяжелого металла, такого как цинк, pH воды падает, смещая его в сторону кислотной среды.

Применение кальцийалюмосиликатного реагента в сочетании с флокулянтom превысил только pH воды и остаточный алюминий, **по сравнению** с традиционной очисткой флокулянтom, которая имеет превышение по тем же показателям — остаточный алюминий превышение в 3 раза, так же по сравнению с очисткой (кальцийалюмосиликатный реагент и флокулянт), при традиционной обработке флокулянтom дренажной воды увеличивается содержание цинка в воде в 5,5 раз.

Использование кальцийалюмосиликатного реагента по сравнению со всеми представленными коагулянтами и флокулянтами, увеличивает pH воды в сторону щелочной среды и по сравнению с другими коагулянтами не существенно повышает содержание алюминия в воде.

Использование любого из товарной формы (жидкий раствор или порошок) коагулянтов и флокулянт в очистке дренажной (карьерной) воды запрещено по причинам увеличения показателей по СанПиН 2.1.5.980-00. **Воду после реагентной очистки выпускать на поля фильтрации и далее в р. Золотицу категорически запрещено, необходима дополнительная очистка, например, через слой сорбента.**

ГЛАВА 5. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОЧИЩЕННОЙ ВОДЫ, ПОЛУЧЕННОЙ В ХОДЕ ОСВЕЩЕНИЯ САПОНИТСОДЕРЖАЩЕЙ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕОРГАНИЧЕСКОГО ОСАДИТЕЛЯ

Все традиционные коагулянты и флокулянт, которые применимы в осаждении взвешенных веществ, а также новый разработанный кальцийалюмосиликатный реагент начинают осаждать только после разбавления глинистой сапонитовой пульпы до содержания твёрдого 50 - 60 г/л.

Для применения коагулянтов сернокислого алюминия достаточно разбавления до содержания твёрдого 50 - 60 г/л, но осадок (сгущённая часть) не плотный, необходим подбор уплотнителей. Класс опасности осадка - 4, это значит, что вещества, находящиеся в осадке после коагуляции, приводят к определенным нарушениям экологической системы, но она способна восстановиться в течение 3 лет в среднем.

Для использования оксихлоридных коагулянтов, нужно разбавление пульпы до содержания твёрдого 50 - 60 г/л, а для гидролиза коагулянта необходимо добавление щёлочи (например, едкий натр) с целью создания среды ($\text{pH}=10-11$), осадок не плотный необходим подбор уплотнителей. Класс опасности осадка - 4, это значит, что вещества, находящиеся в осадке после коагуляции, приводят к определенным нарушениям экологической системы, но она способна восстановиться в течение 3 лет в среднем.

Для использования флокулянтов, так же нужно разбавление до содержания твёрдого 50 - 60 г/л, для предотвращения полимеризации необходимо ввести ингибиторы (соли меди, железа и др.), для процесса гидролиза флокулянта необходимо введение щёлочи. Осадок (сгущенная часть) получается плотный, но из-за того, что осадок становится склизким, его дальнейшая эксплуатация и транспортировка не представляется возможным, края и стены дамбы не будут укреплены и станут расползаться. Класс опасности осадка - 4, это значит, что вещества, находящиеся в осадке после коагуляции, приводят к определенным нарушениям экологической системы, но она способна восстановиться в течение 3 лет в среднем.

Применение кальцийалюмосиликатного реагента осуществимо после разбавления пульпы до содержания твёрдого 50 - 60 г/л, не требует заданной среды для гидролиза. Осадок (сгущенная часть) получается плотным, но для этого нужны сутки, само осаждение тоже медленное по сравнению с флокулянтом. При дальнейшем изучении сгущённой части (осадка), можно подобрать шихту и компоненты для синтеза реагента прямо на территории Ломоносовского ГОКа. Безотходное производство.

Также стоит учесть, что все коагулянты и флокулянты работают только в статистическом движении аморфной частицы сапонита в вертикальном потоке сгустителя (необходимо время для разделения), поэтому для рационального и эффективного осаждения взвешенных веществ необходима установка предварительного смешения коагулянтов и флокулянтов с последующим направлением в сгустители (отстойники).

ГЛАВА 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК САПОНИТСОДЕРЖАЩЕЙ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ, КАРЬЕРНОЙ ВОДЫ И ПУЛЬПЫ ХВСТОХРАНИЛИЩА ЛОМОНОСОВСКОГО ГОК

6.1 Расчет материального баланса переработки руды

В Таблице 6.1 приведены данные о месторождениях алмазов Ломоносовского ГОКа и их запасах.

Таблица 6.1. Данные о месторождениях алмазов и их запасах

Недропользователь, территория, месторождение	Геолого-промышленный тип	Запасы, млн кар		Доля в балансовых запасах РФ, %	Содержание в рудах и песках	Добыча в 2014 г., млн. кар
		A+B+C ₁	C ₂			
Трубка Архангельская	коренной	95,634	0	4,4	0,9 кар/т	1,373
Трубка Карпинского-1	коренной	30,156	0	4,4	1,11 кар/т	266

Обогатительная фабрика спроектирована финско-шведской фирмой Metsominerals, ее проектная мощность составляет 1 млн. тонн в год, в 2014-2015 планируется ввод в строй фабрики второй очереди с производительностью 4 млн. тонн, при этом существующая фабрика не будет демонтирована, а продолжит свою работу как составная часть нового обогатительного комбината.

До настоящего времени на Ломоносовском ГОКе работала обогатительная фабрика №1 мощностью переработки 1 млн. тонн руды в год, обеспечивающая ежегодную добычу порядка 500 тыс. карат алмазов. 1 карат алмаза весит 0,2 грамма $500000 \times 0,2 = 100000$ грамм алмазов = 100 кг алмазов.

1 карат алмаза весит 0,2 грамма $2\,200\,000 \times 0,2 = 440000$ г алмазов = 440 кг алмазов.

Перерабатывается 1 млн. тонн руды в год получаем 440 кг алмазов

1. В 2016 г. добыто основной продукции 2012,7 тыс. карат 402 540 грамм = 402,54 кг.

2. Содержание алмазов в рудах и песках трубок Архангельская и Карпинского-1 кар/т или $0,2 \cdot 2,1 = 0,42$ г/т.

3. Расчет переработанной руды за 2016 г. 402 540 г: 0,42 г/т руды = 958428,57 т/год.

4. Расчет процентного содержания алмазов в исходной руде

5. В 1 тонне руды содержится 0,42 г алмазов, то есть

В 1000000 г руды содержится 0,42 г алмазов, что составляет:

$$(0,42 \cdot 100) : 1000000 = 42 : 1000000 = 0,000042\%$$

Таким образом, **99,000058 %** составляет минерал сапонит (сама руда)

0,000042% составляет минерал алмаз

Согласно данным материального баланса, основным недостатком существующего способа обогащения сапонитовых руд является то, что при перерабатываемых объемах горной массы приходится весь объем, измельченный руды (из 1 тонны руды извлекается 0,18...0,2 грамм алмаза) необходимо пропускать через разделительную систему хвостохранилища (поверхность сгущения) для создания замкнутой системы водооборота с получением оборотной воды.

Известно, что в природе вода может находиться **в трех различных состояниях**: газообразном, жидком или твердом.

В качестве примера на Рисунке 6.1, приведена простейшая диаграмма состояния диоксида воды, **свойства которой и определяют работоспособность технологического цикла вода - сапонитовая алмазная руда** (кристаллическое твердое тело).

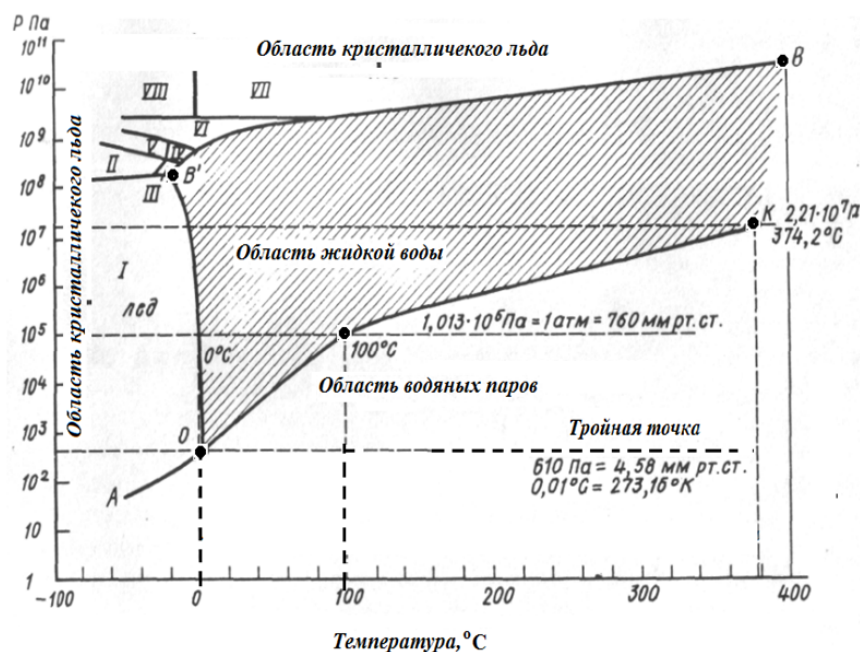


Рисунок 6.1. Однокомпонентная система —вода

Под *физико-химической системой* воды (Рисунок 6.1), используемой в технологии переработки алмазной руды подразумевают совокупность веществ или тел, находящихся во взаимодействии и отделяемых от внешней среды реальными или воображаемыми границами.

В данном случае вода используется как **основной технологический реагент**, который и **многократно используется в системе циркуляции воды** в оборотной системе. Поскольку химико-технологический процесс размола алмазносAPONитовой руды осуществляется в водных растворах, поэтому изучение равновесных процессов целесообразно начать с анализа диаграммы состояния воды (Рисунок 6.1).

На Рисунке 6.2. представлены время работы Обогащительной фабрики по месяцам в 2017 г. во время четырёх различных климатических условий: *зима–весна–лето–осень* с использованием однокомпонентной диаграммы воды, представленной на Рисунке 5.1., и температурному климатическому режиму отвечающему Архангельской области за весь период 2017 года, был построен график, из которого видно, что с **апреля по октябрь** вода для обогащительной фабрики идёт в жидком состоянии и с меньшим содержанием взвешенных веществ, а с ноября по апрель всё, что ниже линии 0, это линия образования льда на хвостохранилище и естественное загущение жидкой воды, вода превращается в пульпу с повышенным содержанием взвешенных веществ.

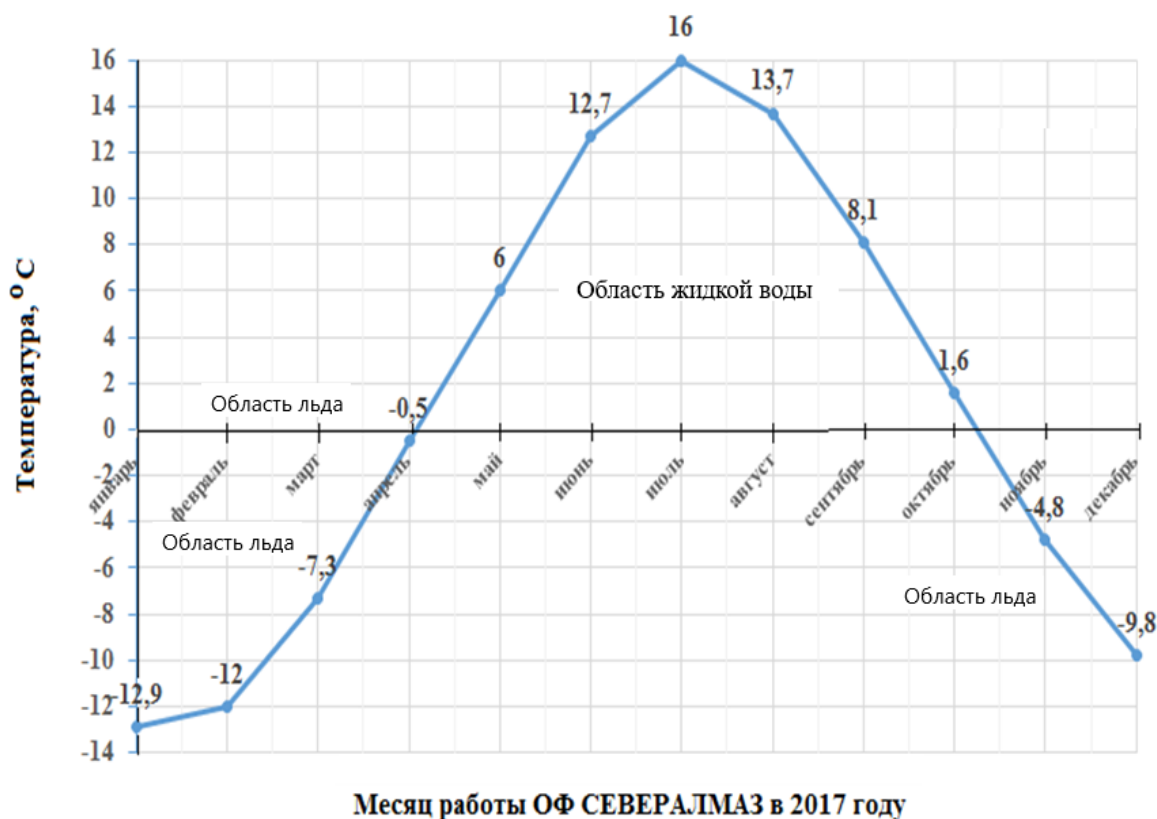


Рисунок 6.2. Влияние климатических параметров на осуществление технологического процесса Обогащительной фабрики

Также применение реагентов для процесса осаждения является приоритетным. В Центре коллективного пользования Санкт-Петербургского горного университета проведены исследования гранулометрического состава отобранных ранее проб (скан-копии служебных записок прилагаем) оборотной воды с ВК №2, ВК №3, ВК № 4 УХХ Обогажительной фабрики, слив КСН технологическая линия №2, проба оборотной воды с Обогажительной фабрики, результаты представлены в Таблице 6.1.

Таблица 6.1. Гранулометрического состава оборотной воды

№	Наименование пробы	Средний размер частиц, мм
1	ВК №2 УХХ Обогажительной фабрики	0,00001081
2	ВК №3 УХХ Обогажительной фабрики	0,00000738
3	ВК №4 УХХ Обогажительной фабрики	0,00001567
4	Слив КСН технологическая линия №2	0,00001891
5	Оборотная вода с Обогажительной фабрики	0,00000881

Как видно из Таблицы 6.1 в пульпе преимущественно размеры частиц, которые образуют коллоидный раствор, все представленные пробы имеют размер частиц 10^{-6} (см. Таблицу 4.1).

6.2 Укрупнение сапонитового осадка

В связи с созданием хвостохранилища Поморского ГОКа в 1994 г. Чистяковым Алексей Андреевич в диссертации¹ «Процессы структурообразования и консолидации техногенных сапонитовых осадков» были проведены научные и лабораторные исследования осадка в современном хвостохранилище. Он установил, что, песчаные частицы размером 0,5-0,05 мм и значительная часть крупно-пылевидных частиц, размером 0,06-0,01 мм, составляющие около 50 % твердых частиц исходной пульпы, достаточно быстро осаждаются в непосредственной близости от места её сброса, преимущественно в первом и частично во втором отстойниках, где они формируют относительно плотный осадок ($\rho_{ск} = 1,31 \text{ г/см}^3$).

Тонкодисперсные частицы сапонитовые частицы (составляющие также около 50 % твердой фазы пульпы) выносятся в наиболее удаленную от места сброса пульпа в прудковую зону, где они осаждаются отдельно от песчаных частиц и формируют высокопористый гелеобразный осадок ($\rho_{ск} = 0,14 \text{ г/см}^3$).

Это позволило рассчитать количество отходов в планируемом хвостохранилище Поморского ГОКа. Общий объем отходов составит $1,9765 \text{ км}^3$, из них объем

¹ Работа выполнена на кафедре инженерной геологии и охраны геологической среды Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

песчаного осадка - $0,1908 \text{ км}^3$ (10,0 мас.%), тонкодисперсного осадка (сапонитового) - $1,7857 \text{ км}^3$ (90,0 мас.%).

Технологические расчеты, выполненные Чистяковым А. А., показали, что величина уплотнения сапонитовой пульпы за время наполнения хвостохранилища в этом случае составит 2,87 м. Время «полного» теоретического уплотнения 150 метровой толщи сапонитового осадка, составит около 3 000 лет.

Научные эксперименты Чистякова А.А. показали, что порог коагуляции тонкодисперсной сапонитовой суспензии составляет 6 мас.% (приблизительно 60 г/л), а при введении карьерных и природных минерализованных вод, при этом достигается содержание взвешенных части 0,25-1,0 г/л.

Средняя скорость осветления сапонитовой суспензии, приготовленной при помощи растворов минерализованных вод (разбавление), в течение первых суток достигала 0,38 см/час, а величина осветленного столба жидкости составляет до 70 % от первоначального объема суспензий.

Средняя скорость седиментации 6 мас.% (60 г/л) пульпы в производственном хвостохранилище на обогатительной фабрика составляет - 0,004 см/час.

6.3. Характеристики водных суспензий слива КСН и карьерной воды Ломоносовского ГОКа

Шламсодержащие воды Ломоносовского ГОКа характеризуются содержанием ММГ от 50 г/л до 270 г/л. Физико-химическая характеристика жидкой фазы исследуемых проб практически идентична и характеризуется слабощелочными значениями рН, низким окислительно-восстановительным потенциалом и малой величиной минерализации, химический состав отобранных проб с ВК №2, ВК №3, ВК № 4 УХХ Обога­тительной фабрики, слив КСН технологическая линия №2, проба оборотной воды с Обога­тительной фабрики, результаты представлены в Таблице 6.2.

Таблица 6.2 Химический анализ проб

Наименование пробы	Содержание, масс.%									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	TiO ₂	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅
ВК №2	53,9	5,69	26,13	7,58	2,73	1,61	0,6	0,13	1,17	0,6
ВК №3	54,2	5,72	26,05	7,16	2,51	1,64	0,6	0,12	1,24	0,6
ВК № 4	53,3	5,6	25,99	7,82	2,88	1,52	0,6	0,13	1,22	0,6

Слив КСН 2 линия	55,9	4,01	17,45	13,12	4,42	2,09	0,92	0,23	0,54	0,63
Оборот- ная вода с ОФ	53,9	5,59	26,25	7,3	2,56	1,59	0,57	0,12	1,23	0,61

ГЛАВА 7. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА РАЗРАБО- ТАННУЮ ТЕХНОЛОГИЮ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИ- КИ ЛОМОНОСОВСКОГО ГОКА ПАО «СЕВЕРАЛМАЗ»

За счёт манёвровой ёмкости есть предложение очистить вторичный пруд отстойник и запастись в нём очищенную воду для периода с работы фабрики с ноября по апрель. В период с мая по октябрь необходимо очищать воду на сгустителях и подавать не только на фабрику, но и в пруд отстойник для запаса (Рисунок 7.1). Для того чтобы осадок был более плотным, а не гелеобразном состоянии и не растекался по периметру хвостохранилища и схватывал края и стены дамбы, предлагается ввести кальцийалюмосиликатный реагент, который обладает не только коагуляционными свойствами, но и вяжущими свойствами.

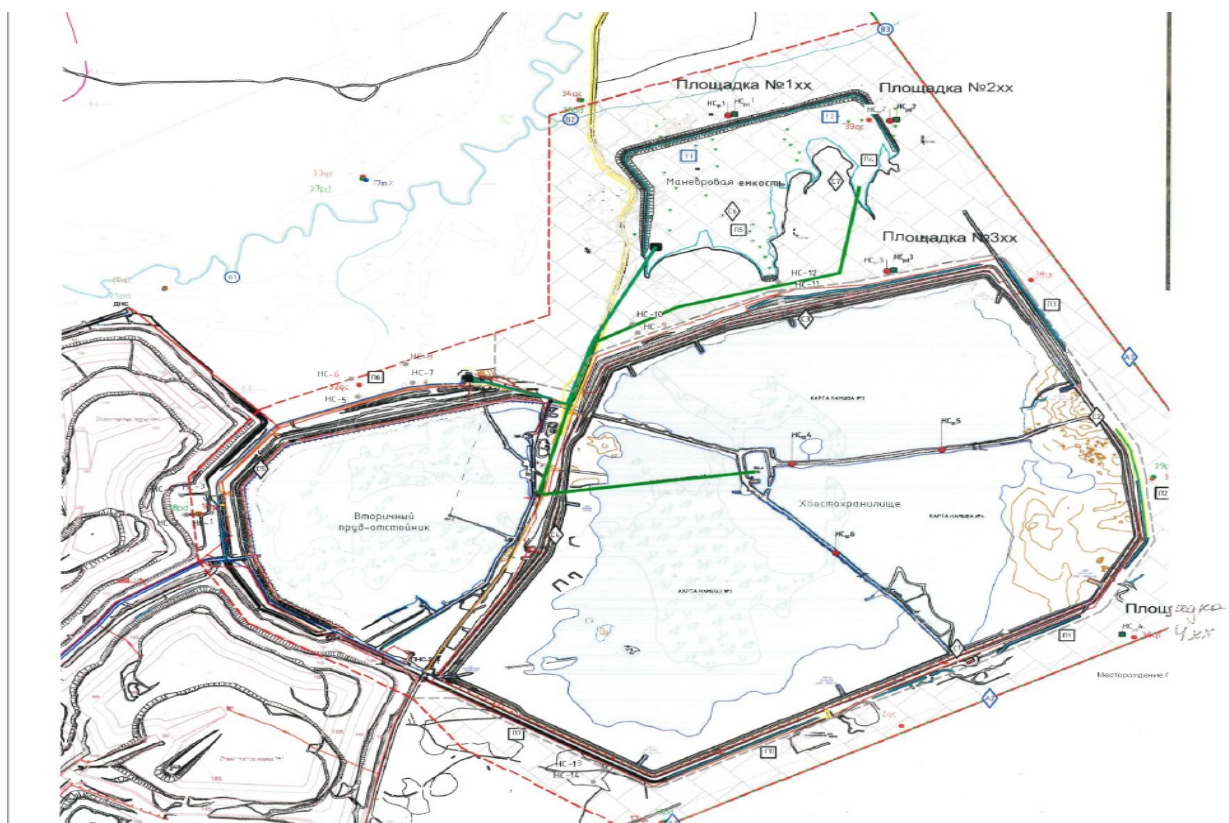


Рисунок 7.1. Схема хвостохранилища с манёвровой ёмкостью

Также при дальнейшем изучении химического состава трех хвостохранилищ и сгущённого продукта есть возможность создания магниевого неорганического коагулянта для данного хвостохранилища непосредственно на площадке Ломоносовского ГОКа. Безотходное производство.

Для определения нормативных показателей процесса сгущения и использования различных типов неорганических (сернокислые алюминии, оксихлориды, кальцийалюмосиликатный реагент, хлорное железо и т.д.) и органических коагулянтов (полиакриламидные анионные и катионные флокулянты) требуется приобретение полупромышленного стенда Рисунок 7.2), который должен быть расположен на Ломоносовском ГОКе поскольку там находится разрабатываемый технологический объект для которого будут отбираться пробы непосредственно с объектов Ломоносовского ГОКа, а также стенд позволит смоделировать условия близкие к производственной обстановке.



Рисунок 7.2. Общий вид полупромышленной установки системы водоподготовки коагуляция и флокуляция

ВЫВОДЫ ПО ОТЧЁТУ

1. Используемые классы неорганических и органических коагулянтов и флокулянтов не обладают эффективными свойствами при колебаниях концентрации сапониновой взвеси **колебаниях в оборотной воде выше**, превышающих **60-100 г/л**, поскольку добавление коагулянта и флокулянта приводит к загустеванию сапониновой пульпы и требует разбавление пульпы дополнительным количеством воды.

2. Процесс осаждения взвешенных сапониновых частиц и их уплотнение достаточно прогнозируемо осуществляется **до концентраций 50-60 г/л**, при этом необходимо учесть что коагулянтами и флокулянтами необходимо создавать водные условия для их гидролиза (работы) при интенсивном аэролитном перемешивании.

3. На основе использования статистического анализа климатических данных Архангельской области четырех времен года подтверждена необходимость очень чёткого влияния климатического температурного параметра, который следует включить **в технологическую карту** контроля изменения приготовления оборотной воды, с мая по октябрь подготавливать и запасать оборотную воду для периода работы фабрики с ноября по апрель. .

4. Очень важно продолжить полупромышленные опыты по сгущению твёрдого в оборотной воде на полупромышленном стенде с изучением всех видов осадителей основной причиной появления тонкодисперсных частиц является переизмельчение частиц поступающих с оборотной водной. Ввиду того, что на технологическое практическое применение анионоактивного полиакриламидного флокулянта с высоким молекулярным весом, поставляемый в виде свободно текучего порошка из микрошариков и коагулянтов, поставляемых не только в виде порошка, но и растворов могут влиять разные факторы. *Эти данные не освобождают исполнителей работ от необходимости проведения своих собственных исследований и тестов; приведённые данные не подразумевают ни гарантированных значений определённых свойств, ни пригодности продукта для использования по специальному назначению.*

5. *Исследованиями установлено, что при течении высокодисперсных хвостов обогащения с заданным гранулометрическим составом твердой фазы, осаждение и распределение твердых частиц по длине осадительного канала сгустителей определяется величиной наименьшей крупности отдельных классов сапониновых частиц. Вся зона осаждения сапониновой пульпы разделяется на два основных участка: зона полного замутнения, в которой присутствуют сапонитчастицы всех исходных классов крупности и зона длительного осветления. Осаждение твердых частиц характе-*

ризуется стесненным падением. Гидравлическая крупность твердых частиц является функцией динамического коэффициента вязкости сгущаемой сапонитовой пульпы. На основе теории чисто гравитационного осаждения сапонитовых частиц с линий токами водной жидкости определяются основные геометрические размеры седиментационных каналов и другие конструктивные параметры сгустителей.

6. Не рекомендуется в процесс создания замкнутой системы водооборота **использовать для водной системы** (вода-минерал сапонит), в качестве технологического **осадительного аппарата** спроектированное «Механобр-инжиниринг» **хвостохранилище** ПАО «Севералмаз».

7. Рекомендовать использовать сгущённый продукт при применении минерального кальцийалюмосиликатного коагулянта для дальнейшего изучения и использовании в качестве продукта для получения магниевого минерального осадителя, что обеспечит повышения эффективности использования сапонитового минерала и обеспечит создание безотходного производства. Сапонитовый минерал содержит уникальные компоненты, которые обеспечивает возможность использования и в других отраслях РФ.

8. Рекомендуются вести контроль содержания Жидкое (содержание взвесей):Твердое (руда) на стадии размола за счёт ведения контроля подачи алмазосодержащей руды с двух трубок с учётом их минерального состава и возможности изменения Ж:Т за счёт изменения регулируемой скорости вращения самой мельницы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 29.07.2018).
2. В.Г. Миненко, А.Л. Самусев, А.С. Тимофеев. Глубокая переработка технологических шламосодержащих вод алмазодобывающих предприятий с получением сапонита. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук, г. Москва, Россия; «Инновационные процессы комплексной и глубокой переработки минерального сырья».
3. Алексеев А.И., Алексеев А.А. Химия воды. (Книга 1). СПб.: Химиздат, 2007. 420 с.
4. Алексеев А. И. Алексеев А.А. Химия воды. (Книга 2). СПб.: Химиздат, 2007. 420 с.
5. Облицов А.Ю. Утилизация отходов обогащения алмазосодержащей породы с учетом специфики месторождения им. М.В.Ломоносова // Записки Горного института. Современные проблемы горной науки. Т. 189. СПб, СПГИ (ТУ), 2011. С.141-146.

6. Облицов А.Ю. Современные подходы к горнотехнической рекультивации. / Д.С.Опрышко, А.Ю.Облицов // ГИАБ. – Москва: МГГУ, 2011. С. 191-194.
7. Облицов А.Ю. Промышленное использование отходов обогащения алмазонасной породы на месторождении алмазов им М.В.Ломоносова // Записки Горного института. Современные проблемы горной науки. СПб, СПГГУ, 2012. С.163-168.
8. Облицов А.Ю. Центрифугирование отвальных хвостов с возможностью промышленного использования // Материалы конференции «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства, энергетики». – Тула: ТулГУ, 2008 г, С. С. 145-149.
9. Облицов А.Ю. О некоторых аспектах обогащения глинизированных алмазных руд месторождения алмазов им. М.В.Ломоносова // Сб. научных трудов, посвященном XI международной молодежной научной конференции «Севергеоэкотех-2009». – Ухта: УГТУ, 2010. С. 225-227.
10. Влияние сапонита на устойчивость гидротехнических сооружений хвостохранилищ на месторождении им. М.В. Ломоносова Архангельской области. // Геоэкология. 2008. № 3. С. 269 – 271.
11. Содержание сапонита как фактор развития оползневых процессов в техногенных намывных грунтах хвостохранилищ (на примере Ломоносовского ГОКа). В сб. Сергеевские чтения. Опасные природные и техноприродные экзогенные процессы: закономерности развития, мониторинг и инженерная защита территорий. Вып. 9. М.: ГЕОС. 2007. С. 11 (в соавторстве с А.С. Евтюшиным).
12. Особенности строения хвостохранилищ месторождения им. М.В. Ломоносова Архангельской области. В сб.: Актуальные проблемы экологии и природопользования. Вып. 10 (часть 1). Системная экология и геоэкология. М. 2008. С. 100 – 102 (в соавторстве с Цзян Чень)
13. Безбородов С.М., Вержак В.В., Вержак Д.В., Гаранин В.К., Гаранин К.В., Зуев В.М., Кудрявцева Г.П., Пылаев Н.Ф. Патент на изобретение 2206534: Способ переработки отходов алмазодобывающей промышленности. Москва, 2003.
14. Вержак В.В., Вержак Д.В., Веричев Е.М., Гаранин В.К., Гаранин К.В. Кудрявцева Г.П., Подгаецкий А.В., Пылаев Н.Ф., Третьяченко В.В. Щелочные ультраосновные породы Беломорья и перспективы их промышленного использования // Сб. Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. Воронеж, издво ВГУ, 2003. С. 633636.
15. Безбородов С.М., Вержак В.В., Вержак Д.В., Кудрявцева Г.П. Отходы обогащения кимберлитов как нетрадиционный источник магнезиального сырья и перспективы про-

мышленного использования щелочных ультраосновных пород Архангельской алмазоносной провинции. // Сб. научных трудов Международной научнопрактической конференции Развитие минеральносырьевой базы Архангельской области: проблемы, перспективы, задачи. Часть 2. Архангельск: АГТУ, 2004. С. 5055.

16. Вержак Д.В., Гаранин К.В. Экологические проблемы освоения месторождений алмаза Архангельской алмазоносной провинции и некоторые пути их решения // Геология алмаза настоящее и будущее. Воронеж: издво ВГУ, 2005. С. 246.

17. Вержак Д.В., Гаранин К.В. Алмазные месторождения Архангельской области и экологические проблемы их освоения // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. 2005. 6. С. 1827.

18. Гаранин К.В., Шпилевая Д.В., Подгаецкий А.В. Кимберлитовая трубка Архангельская месторождение высокомагнезиальных алюмосиликатов // Сборник материалов XIII международной конференции, Москва, МГТУ, 2008 . С. 325...331.