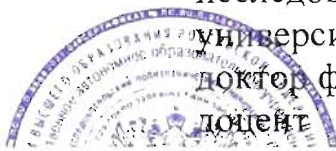


УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям,
Пермского национального
исследовательского политехнического
университета,
доктор физико-математических наук,
доцент



__Швейкин А.И.

__2024 г

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертационная работа Кузьминых Константина Геннадьевича на тему «Физико-химические основы технологии галургического хлорида калия с улучшенными товарными характеристиками» выполнена на кафедре «Химические технологии» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

В период подготовки диссертации соискатель Кузьминых Константин Геннадьевич работал в Федеральном государственном автономном общеобразовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» в должностях инженера, ассистента, старшего преподавателя кафедры «Химические технологии».

В 2008 году Кузьминых К. Г. окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет». В 2012 окончил аспирантуру заочной формы обучения в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по научной специальности 05.17.01 – Технология неорганических веществ (период обучения: 01.10.2008-30.09.2012).

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Пойлов Владимир Зотович, работает профессором кафедры «Химические технологии» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертационной работе, заключается в следующем: в проведении анализа научной и патентной литературы, формулировании цели и задач диссертационной работы, в разработке методик экспериментальных исследований в проведении лабораторных исследований, систематизации и обработке полученных результатов, формулировке основных положений выносимых на защиту, определяющих научную новизну и практическую значимость работы, подготовке публикаций по материалам диссертации.

Проведенные соискателем исследования, направленные на улучшение товарных характеристик галургического хлорида калия, позволили:

1. Выявить возможности регулирования гранулометрического состава хлорида калия, получаемого на 7-ми ступенчатой регулируемой вакуум-кристаллизационной установке за счет ультразвукового воздействия на суспензию хлорида калия. Установить математическую зависимость степени измельчения частиц хлорида калия от параметров ультразвуковой обработки, позволяющую получать хлорид калия с заданным гранулометрическим составом путем изменения параметров ультразвуковой обработки.

2. Изучить физико-химические основы процесса температурно-циклового обработки суспензии хлорида калия с получением продукта с пониженным содержанием пылевидных фракций. Выявить особенности протекания процесса перекристаллизации хлорида калия в системе $KCl-NaCl-H_2O$ при температурно-циклового обработке суспензии KCl различной дисперсности путем нагрева и охлаждения.

3. Установить причины повышения содержания пылевидных фракций хлорида калия при хранении аминированного продукта на складе и предложить использовать раствор солянокислого стеариламина с концентрацией 0,8 масс.% или водный раствор железистосинеродистого калий с концентрацией 2 масс.% вместо плава амина, что позволяет снизить эффект разрушения кристаллов хлорида калия при хранении на складе готового продукта.

4. Разработать рекомендации, позволяющие снизить эффект деградации железистосинеродистого калия, используемого в качестве антислеживателя при обработке галургического хлорида калия.

2. Степень достоверности результатов обеспечена использованием современных научных приборов, установок и стандартных методик исследования процессов технологии галургического хлорида калия и исследовании характеристик готового продукта, статистической обработкой результатов исследований.

3. Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- Впервые установлено влияние параметров ультразвуковой обработки суспензии KCl , полученной в регулируемой вакуум-кристаллизационной установке, на гранулометрический состав галургического хлорида калия. Установлена математическая зависимость, позволяющая регулировать дисперсность KCl путем изменения продолжительности ультразвуковой

обработки от 2 до 8 минут при относительной интенсивности ультразвукового воздействия в интервале 0,094-0,313 Вт/(г суспензии) с частотой 22 кГц.

- Разработаны физико-химические основы укрупнения частиц и снижения содержания пылевидных фракций хлорида калия за счет перекристаллизации, протекающей при температурно-цикловой обработке суспензии пылевидных фракций КСl в насыщенном по хлоридам калия и натрия растворе в диапазоне температурных колебаний от 20 до 50°C, массовом соотношении фаз жидкость/твердое от 1 до 20. Показано, что максимальное значение среднего массового размера кристаллов КСl и минимальное содержание пылевидных фракций достигается при исходном соотношении фаз Ж/Т равном 13 и амплитуде колебаний температуры 50°C.

- Выявлено, что причиной деградации антислеживателя, содержащего в своем составе железистосинеродистый калий, являются процессы окисления и гидролиза, протекающие при нанесении антислеживателя на продукт после стадии сушки, а также взаимодействие железистосинеродистого калия с примесными ионами Ca^{+2} , Mg^{+2} и Fe^{+3} , адсорбированными на поверхности частиц КСl.

4. Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Разработан способ получения хлорида калия (патент РФ №2552459) с заданным гранулометрическим составом (со средним массовым размером в диапазоне 0,13-0,72 мм) путем ультразвуковой обработки кристаллизата КСl после регулируемой вакуум-кристаллизационной установки.

2. Разработана установка и методика исследований, позволяющие изучать динамику процессов растворения и кристаллизации с использованием зондовой системы видеомикроскопии и регистрацией числа, формы и размера частиц кристаллизата непосредственно в ходе эксперимента.

3. Разработан и апробирован способ снижения пылевидных фракций в мелкокристаллическом 98,2%-ном хлориде калия (патент РФ №2779661) за счет обработки острым паром суспензии после стадии вакуум-кристаллизации и сгущения. Проведены опытно-промышленные испытания данного способа на СОФ СКРУ-1 ПАО «Уралкалий», результаты которых показали, что в продукте снижается на 4,1-6,0 масс.% содержание пылевидной фракции размером менее 0,1 мм, содержание NaCl на 0,20-0,28 масс.% и влажность хлорида калия после фильтрации – на 0,10-0,40 масс.%.

4. Установлено, что при хранении аминированного продукта на складе происходит повышение содержания пылевидных фракций КСl на 7% в результате расклинивающего эффекта, возникающего при адсорбции расплава первичных аминов на гранях кристаллитов КСl, сформированных на стадии вакуум-кристаллизации. Разработаны рекомендации по замене антислеживателя плава амина на раствор солянокислого амина или водный раствор железистосинеродистого калия, позволяющие снизить эффект разрушения продукта КСl.

5. Разработаны практические рекомендации, позволяющие сохранить эффективность антислеживателя на основе железистосинеродистого калия при обработке продукта КС1.

5. Полнота изложения материалов диссертационной работы соискателем в научных изданиях:

По материалам диссертационного исследования опубликовано 12 печатных работ: в том числе 6 статей – в журналах, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, из них 1 статья – в зарубежном издании, индексируемом в базах цитирования Scopus, Web of Science, получено 2 патента РФ. Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на: XVI региональной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия. Экология. Биотехнология – 2014», г. Пермь, 23-24 апреля 2014 г.; VIII международной научной конференции и III всероссийской школы молодых ученых по кинетике и механизму кристаллизации «Кинетика и механизм кристаллизации. Кристаллизация как форма самоорганизации вещества», г. Иваново, 24-27 июня 2014 г.; всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) «Химия. Экология. Урбанистика», г. Пермь, 28-29 апреля 2022 г.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Исследование процесса перекристаллизации хлорида калия под действием ультразвуковой обработки в изотермических условиях / К.Г. Кузьминых, В.З. Пойлов, О.К. Косвинцев, Е.О. Кузина // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 11. – С. 61-66 (ВАК).

2. Влияние параметров ультразвуковой обработки на процесс измельчения галургического хлорида калия / К.Г. Кузьминых, В.З. Пойлов, О.К. Косвинцев // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 324, № 2. – С. 132-136 (ВАК).

3. Формирование гранулометрического состава хлорида калия в результате температурно-цикловой обработки пылевидных фракций / К.Г. Кузьминых, В.З. Пойлов // Химическая промышленность сегодня. – 2015. – № 5. – С. 7-15 (ВАК).

4. Деградация ферроцианида калия, используемого в качестве антислеживателя / В.З. Пойлов, К.Г. Кузьминых, С.Н. Титков, С.Н. Алиферова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332, № 8. – С. 45-52 (ВАК, Web of Science, Scopus)

5. Влияние параметров ультразвуковой обработки на формирование гранулометрического состава хлорида калия при политермической кристаллизации / К.Г. Кузьминых // Южно-Сибирский научный вестник. – 2024. – № 4 (56). – С. 53-58. (ВАК, К2)

6. Выявление и устранение причин ухудшения показателей качества хлорида калия, получаемого по галургической технологии / К.Г. Кузьминых,

В.З. Пойлов // Южно-Сибирский научный вестник. – 2024. – № 4 (56). – С. 59-68. (ВАК, К2).

Патенты:

7. Патент 2552459 (Россия) Способ получения хлорида калия. В.З. Пойлов, К.Г. Кузьминых, О.К. Косвинцев. Бюл. №16, 10.06.2015.

8. Патент 2779661 (Россия) Способ получения хлористого калия из сильвинитовой руды. В.З. Пойлов, К.Г. Кузьминых, С.Н. Алиферова. Бюл. №26, 12.09.2022.

Прочие публикации:

9. Исследования процесса перекристаллизации полидисперсного хлорида калия / К.Г. Кузьминых, В.З. Пойлов, О.К. Косвинцев, Е.О. Кузина // Вестник Пермского государственного технического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2011. – № 12. – С. 40-47.

10. Влияние ультразвуковой обработки на гранулометрический состав галургического хлорида калия / К.Г. Кузьминых, В.З. Пойлов, О.К. Косвинцев // Рудник будущего. – 2011. – № 4. – С. 18-20.

11. Исследование процесса температурной обработки суспензии пылевидных фракций хлорида калия / К.Г. Кузьминых, В.З. Пойлов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2013. – №2. – С. 62-73.

12. Термообработка суспензии галургического хлорида калия различной дисперсности / К.Г. Кузьминых, В.З. Пойлов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2016. – №1. – С. 103-113.

В тексте диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах по теме диссертации.

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите.

Содержание диссертационной работы соискателя Кузьминых Константина Геннадьевича «Физико-химические основы технологии галургического хлорида калия с улучшенными товарными характеристиками» соответствует паспорту научной специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ, пунктам:

п.1. Технологические процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты;

п.8. Разработка теоретических основ и установление общих закономерностей проектирования и технологий изготовления неорганических материалов.

7. Соответствие п. 14 Положения о присуждении ученых степеней

Соискатель корректно ссылается в тексте диссертации на авторов и (или) источники заимствования материалов, в том числе при использовании результатов научных работ, опубликованных им лично или в соавторстве.

Диссертационная работа Кузьминых Константина Геннадьевича «Физико-химические основы технологии галургического хлорида калия с улучшенными товарными характеристиками» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Заключение принято на заседании кафедры «Химические технологии» ФГАОУ ВО «Пермского национального исследовательского политехнического университета».

Присутствовало на заседании 20 чел. Результаты голосования: «за» - 20 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 2 от «17» сентября 2024 г.

Заведующий кафедрой
«Химические технологии»
ФГАОУ ВО «ПНИПУ»
доктор технических наук, профессор _____/Рябов В.Г./

Секретарь кафедры
«Химические технологии»
ФГАОУ ВО «ПНИПУ» _____/Кузина Е.О./