

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Мохорта Марка Сергеевича
«Технология очистки экстракционной фосфорной кислоты
и получения кормовых, технических фосфатов»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представляется к защите

Целью диссертационной работы Мохорта М.С. «Технология очистки экстракционной фосфорной кислоты и получения кормовых, технических фосфатов» является разработка технологий получения очищенной экстракционной фосфорной кислоты на основе комбинированной очистки фосфорной кислоты, кормовых и технических фосфатов калия и фосфатов аммония, а также технического гексафторсилката натрия. Анализ содержания и области применения полученных результатов свидетельствуют о том, что диссертация Мохорта М.С. соответствует отрасли «технические науки» и паспорту специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ по следующим пунктам области исследований:

– п. 1. Химические и физико-химические основы технологических процессов получения неорганических продуктов, химический и минералогический состав, физико-химические и химико-технологические свойства исходного сырья, промежуточных и целевых продуктов;

– п. 5. Разработка физико-химических основ химико-технологических процессов и технологических схем производства многотоннажных продуктов химической промышленности: связанного азота, минеральных удобрений и солей, кислот, щелочей;

– п. 7. Очистка технологических газовых смесей и отходящих газов, сточных вод, утилизация твердых неорганических отходов, создание замкнутых водооборотных циклов, малоотходных и экологически чистых химических технологий получения неорганических веществ и материалов на их основе.

2. Актуальность темы диссертации

Актуальность диссертационной работы определяется необходимостью разработки отечественной научно обоснованной технологии, позволяющей на основе предварительно очищенной экстракционной фосфорной кислоты получать импортозамещающие виды продукции – кормовые и технические фосфаты.

Актуальность развития технологии очистки экстракционной фосфорной кислоты производимой в Республике Беларусь обоснована тем, что диссертация выполнялась в рамках Государственных программ научных исследований «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия», задание 1.3 «Исследование особенностей распределения ионогенных и гетерогенных примесей в системе $\text{CaSO}_4 - \text{H}_3\text{PO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ при получении ортофосфорной кислоты на основе различных видов фосфатного

сырья, изучение химических и физико-химических способов ее очистки с получение кормовых фосфатов и технических солей», задание 2.1.9 «Разработка метода получения ортофосфорной кислоты технической квалификации на основе комплексной очистки экстракционной фосфорной кислоты», а также ряда договоров выполняемым в соответствии с планами инновационных работ концерна «Белнефтехим» и ОАО «Гомельский химический завод».

3. Степень новизны результатов диссертации и научных положений, выносимых на защиту

Научная новизна диссертации подтверждается следующими достигнутыми результатами:

– Получены новые научные данные о фазовом распределении ионогенных примесей фторидов, сульфатов, оксидов щелочных, щелочноземельных и поливалентных металлов, тяжелых металлов и мышьяка в системе $\text{CaSO}_4 - \text{H}_3\text{PO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ при получении экстракционной фосфорной кислоты, а также на стадии ее упарки в зависимости от вида и качества применяемого фосфатного сырья.

– Экспериментально установленные данные растворимости гексафторсиликата натрия в системе $\text{Na}_2\text{SiF}_6 - \text{H}_3\text{PO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ в изотермическом и политермическом режимах в интервале изменения температуры $20-80^\circ\text{C}$ и содержания ортофосфорной кислоты $40-65$ мас. %, соответствующие фактическим изменениям указанных параметров при получении очищенной экстракционной фосфорной кислоте.

– Обоснована и создана методика количественного определения содержания фтора в составе комплексных соединений в растворах очищенной ортофосфорной кислоты, учитывающая частичное содержание фтора в составе ионных и молекулярных форм фторидов и комплексных соединений, а также влияние ионогенных примесей, содержащихся в растворах неупаренной и упаренной экстракционной фосфорной кислоты.

– Получены новые научные данные о влиянии технологических параметров на процесс реагентной очистки неупаренной и упаренной экстракционной фосфорной кислоты от вида и количества ионогенных примесей, обеспечивая их выделение в составе малорастворимых кремнефторидов щелочных металлов, а также на стадию отдувки.

– Экспериментально установлены показатели физико-химических и химико-технологических свойств суспензий и осадков, образующихся на отдельных технологических стадиях, а также обоснование возможности повышения эффективности обесфторивания экстракционной фосфорной кислоты путем дополнительного введения стадии старения суспензии.

Выносимые на защиту результаты и положения обладают научной новизной и полностью раскрывают содержание проведенного исследования.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Полученные соискателем результаты, а также сформулированные выводы и рекомендации являются научно обоснованными и подтверждены

экспериментально. Основные научные результаты диссертации, представленные в заключении, соответствуют положениям, выносимым на защиту. Использование современных методов анализа обеспечивает достоверность, воспроизводимость и точность полученных данных.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Научная значимость результатов диссертации заключается в получении новых научных данных о распределении ионогенных примесей в системе $\text{CaSO}_4 - \text{H}_3\text{PO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ при получении и концентрировании экстракционной фосфорной кислоты в зависимости от вида исходного фосфатного сырья; изучении растворимости гексафторсиликата натрия в системе $\text{Na}_2\text{SiF}_6 - \text{H}_3\text{PO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ в широких интервалах изменения температуры и содержания ортофосфорной кислоты; обосновании и создании методик количественного определения содержания фтора в составе комплексных соединений в растворах очищенной ортофосфорной кислоты; установлении влияния технологических параметров на процесс реагентной очистки экстракционной фосфорной кислоты от ионогенных примесей, а также на стадию отдувки; установлении показателей физико-химических и химико-технологических свойств суспензий и осадков, и обоснование возможности повышения степени обесфторивания фосфорной кислоты введением дополнительной стадии старения суспензии.

Практическая значимость обусловлена разработкой технологии комбинированной очистки экстракционной фосфорной кислоты включающей получение очищенной ортофосфорной кислоты, утилизацию отхода очистки с получением побочного продукта – технического гексафторсиликата натрия, а также разработку технологий производства кормового и технического дигидрофосфата калия и дигидрофосфата аммония из очищенной ортофосфорной кислоты. Эффективность предложенных решений подтверждена актами производственных и лабораторных испытаний.

Экономическая значимость определяется тем, что ожидаемый годовой экономический эффект организации производства очищенной экстракционной фосфорной кислоты на опытной установке цеха ЦФК-1 ОАО «Гомельский химический завод» в объеме 10 тыс. т в год очищенной кислоты (в пересчете на 100% P_2O_5), составит 9 635 300 долл. США или 28 230 500 бел. руб. в год (по курсу на 26.06.2025). Реализация побочного продукта – гексафторсиликата натрия, позволит получить дополнительный экономический эффект в размере 690 427 долл. США или 2 048 013 бел. руб. в год (по курсу на 26.06.2025).

Социальная значимость результатов диссертации заключается в решении задач, направленных на укрепление продовольственной безопасности и развитие экономики Республики Беларусь. Значимость обусловлена разработкой технологических процессов и технологий получения импортозамещающей продукции – очищенной ортофосфорной кислоты, а также кормовых и технических фосфатов, широко востребованных в промышленности и сельском хозяйстве.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Результаты диссертационной работы Мохорта М.С. опубликованы в 17 печатных работ, в том числе 1 монография, 4 статьи в научных изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертаций и 1 статья в иностранном научном издании, 2 статьи в других научных журналах, 6 материалов научно-технических конференций. Получен 1 патент Республики Беларусь, подано 2 заявки на выдачу патента Республики Беларусь на изобретение. Опубликованные научные результаты соответствуют содержанию диссертации и достаточны для подтверждения основных положений выносимых на защиту.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК Республики Беларусь

Диссертационная работа и автореферат оформлены в соответствии с Инструкцией о порядке оформления диссертации, диссертации в виде научного доклада, автореферата диссертации и публикаций по теме диссертации утвержденной Постановлением Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 28.02.2014 г. №3 (в редакции постановления Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 22.08.2022 г. №5).

8. Замечания по диссертации

1) В рамках основных научных и прикладных задач исследования, решение которых обеспечивает достижение поставленной цели, сформулирована задача определения оптимального режима основных технологических стадий (приготовление осадительной композиции, химическое взаимодействие с последующим осаждением малорастворимых кремнефторидов щелочных металлов, разделение, отмывка и отдувка фторсодержащих примесей). Вместе с тем оптимальность полученных режимов с математической точки зрения не доказана.

2) Возникает вопрос относительно отсутствия методического обеспечения для дальнейшего масштабирования обоснованных и разработанных режимов комбинированной очистки экстракционной фосфорной кислоты, элементы которых были апробированы на ОАО «Гомельский химический завод», на другие производственные объекты.

3) Автор создал на основе комбинированных подходов технологические процессы очистки экстракционной фосфорной кислоты. В то же время отсутствуют проектно-конструктивные требования к необходимому массообменному оборудованию (иным узлам и агрегатам) для их промышленной реализации.

4) Необходима детализация дальнейшего жизненного цикла отходов разработанных технологических процессов, в частности образующихся осадков (например, кремнефторидов щелочных металлов), для адекватной оценки комплексной безотходности созданного научно-прикладного решения.

5) В работе не представлен сравнительный анализ разработанной технологии комбинированной очистки экстракционной фосфорной кислоты с существующими аналогами в мировой практике.

б) В чём заключается принципиальное отличие разработанной технологии от результатов исследований, проведённых ранее по данной тематике?

9. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, которую он претендует

Научная квалификация Мохорта М.С. соответствует учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ.

Заключение

Диссертационная работа Мохорта Марка Сергеевича на тему «Технология очистки экстракционной фосфорной кислоты и получения кормовых, технических фосфатов» является завершённой научной квалификационной работой и содержит новые научные и экспериментальные результаты в области очистки экстракционной фосфорной кислоты и получения кормовых и технических фосфатов.

Считаю, что Мохорт М.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ за:

- новые научные данные о фазовом распределении ионогенных примесей фторидов, сульфатов, оксидов щелочных, щелочноземельных и поливалентных металлов, тяжелых металлов и мышьяка в системе $\text{CaSO}_4 - \text{H}_3\text{PO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ в производстве экстракционной фосфорной кислоты при переработке фосфатного сырья различного химического и минералогического составов;

- экспериментально установленные данные растворимости гексафторсиликата натрия в системе $\text{Na}_2\text{SiF}_6 - \text{H}_3\text{PO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ в области концентрированных растворов ортофосфорной кислоты в изотермическом и политермическом режимах в интервале изменения температуры 20–80°C;

- обоснованную и созданную методику определения содержания фтора в составе комплексных соединений в растворах очищенной ортофосфорной кислоты с учетом влияния ионогенных примесей, послужившую теоретической основой выбора комбинированного метода обесфторивания экстракционной фосфорной кислоты, включающего осаждение с использованием натрийсодержащих реагентов и последующую отдувку, а также прогнозирования остаточного содержания фторид-ионов;

- состав осадительной композиции и установленные рациональные параметры технологических стадий очистки экстракционной фосфорной кислоты, обеспечивающие снижение остаточного содержания фтора в кислоте с 0,263–1,800 до 0,015–0,043 мас. % для различных видов исходного фосфорсодержащего сырья, технологически приемлемого остаточного содержания примесей тяжелых металлов и мышьяка;

- обоснованную и разработанную ресурсосберегающую технологию

комбинированной очистки экстракционной фосфорной кислоты с получением целевого продукта в виде очищенной ортофосфорной кислоты, соответствующей нормативным требованиям для производства кормовых и технических фосфатов, а также побочного продукта – технического гексафторсиликата натрия.

Выражаю согласие на размещение отзыва на официальном сайте учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Официальный оппонент:

заведующий кафедрой
промышленной экологии
учреждения образования
«Белорусский государственный
технологический университет»
доктор технических наук, доцент



В.Н. Штепа

Подпись <u>Штепа В.Н.</u>
Свидетельствую: <u>(A)</u>
Специалист по кадрам БГТУ
« 22 » 05 2020 г.