

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Мохорта Марка Сергеевича «**ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ И ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВЫХ, ТЕХНИЧЕСКИХ ФОСФАТОВ**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ

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

Работа посвящена разработке новых методов получения очищенной экстракционной фосфорной кислоты (ОЭФК) с учетом перерабатываемых видов фосфатного сырья и использования ее для выпуска кормовых и технических фосфатов. Ни один из известных методов очистки экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) не позволяет получать фосфорную кислоту высокой степени чистоты, ряд способов связан с технологическими сложностями их реализации, либо использованием дорогостоящих реагентов, поэтому среди наиболее перспективных направлений является разработка комбинированных технологий производства ОЭФК, основанных на сочетании нескольких отдельных методов – химического выделения примесей и их отдувки, что и отражено в материалах диссертационной работы. Наиболее значимые результаты диссертации опубликованы в ведущих профильных научных изданиях Республики Беларусь и за рубежом.

Соответствие диссертационной работы Мохорта Марка Сергеевича по объекту, предмету и методам исследования, решаемым научным задачам и полученным теоретическим и практическим результатам отрасли технических наук, специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ не вызывает сомнения.

2. Актуальность темы диссертации

Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена необходимостью разработки эффективной технологии очистки производимой в РБ на Гомельском химическом заводе ЭФК с получением очищенной кислоты, пригодной для последующего производства востребованных импортозамещающих видов продукции – кормовых и технических фосфатов. Ни один из известных методов очистки ЭФК не позволяет получать фосфорную кислоту высокой степени чистоты, ряд способов связан с технологическими сложностями их реализации, либо использованием дорогостоящих реагентов

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

Основные результаты диссертационной работы Мохорта М.С. характеризуются высоким уровнем научной новизны, что подтверждается их опубликованием

ликованностью в ведущих изданиях. К наиболее важным и новым результатам, полученным при выполнении диссертационного исследования, следует отнести:

– новые научные данные о фазовом распределении 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 ЭФК, а также на стадии ее выпаривания 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 ОЭФК;

– 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 растворимых примесей, содержащихся в растворах неупаренной и упаренной ЭФК;

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

– экспериментально установленные показатели физико-химических и химико-технологических свойств суспензий и осадков, образующихся на отдельных технологических стадиях, а также обоснование возможности повышения эффективности обесфторивания ЭФК путем дополнительного введения стадии старения суспензии.

На защиту выносятся следующие положения:

1. 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 ЭФК при переработке фосфатного сырья различного химического и минералогического составов.

2. 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 $20-80^\circ\text{C}$ и разработанная методика определения содержания фтора в составе комплексных соединений в растворах очищенной ортофосфорной кислоты с учетом влияния ионогенных примесей, послужившие теоретической основой выбора комбинированного метода обесфторивания ЭФК, включающего осаждение с использованием натрийсодержащих реагентов и последующую отдувку, а также прогнозирования остаточного содержания фторид-ионов.

3. Состав осадительной композиции и установленные оптимальные па-

раметры технологических стадий очистки ЭФК, обеспечивающие снижение остаточного содержания фтора в кислоте с 0,263–1,800 до 0,015–0,043 мас. % для различных видов исходного фосфорсодержащего сырья, минимального остаточного содержания примесей тяжелых металлов и мышьяка.

4. Разработанная ресурсосберегающая технология комбинированной очистки ЭФК с получением целевого продукта – очищенной ортофосфорной кислоты, соответствующей нормативным требованиям для производства кормовых и технических фосфатов, а также побочного продукта – технического гексафторсиликата натрия.

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

Все основные выводы и положения базируются на результатах тщательно спланированных, теоретически обоснованных и качественно выполненных экспериментов, полученных в рамках настоящего исследования с использованием современных методик и оборудования, а также на сопоставлении результатов с литературными данными. Полученные в рамках независимых экспериментов результаты являются внутренне согласованными и интерпретированы на высоком научном уровне. Таким образом, достоверность основных выводов и защищаемых положений не вызывает сомнений.

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

Научная новизна и значимость полученных Мохортом М.С. результатов диссертации состоит в установлении данных по 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, разработке методики определения содержания фтора в составе комплексных соединений в растворах очищенной ортофосфорной кислоты с учетом влияния ионогенных примесей, разработка комбинированного метода обесфторивания ЭФК, включающего осаждение с использованием натрийсодержащих реагентов и последующую отдувку, установление оптимальных параметров технологических стадий очистки ЭФК, обеспечивающих снижение остаточного содержания фтора в кислоте с 0,263–1,800 до 0,015–0,043 мас. % для различных видов исходного фосфорсодержащего сырья, минимального остаточного содержания примесей тяжелых металлов и мышьяка, разработка ресурсосберегающей технологии комбинированной очистки ЭФК и ее опробывание в опытно-промышленных условиях с получением целевого продукта – очищенной ортофосфорной кислоты, соответствующей нормативным требованиям для производства кормовых и технических фосфатов, а также побочного продукта – технического гексафторсиликата натрия.

К несомненным достоинствам представленной диссертационной работы следует отнести хорошее соответствие между теоретическими и экспериментальными данными, полученными в опытно-промышленных условиях на экстракционной фосфорной кислоте

Результаты настоящего исследования будут использованы на Гомельском химическом заводе при производстве очищенной фосфорной кислоты как сырья для получения кормовых фосфатов.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати

По результатам выполненного исследования опубликовано 17 печатных работ (6,88 авт. листа), 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.

Опубликованность материалов диссертации удовлетворяет требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертация состоит из содержания, перечня сокращений и обозначений, введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Полный объем диссертации составляет 222 страницы, из них 48 страниц занимают 38 рисунков и 51 таблица, 53 страницы – 21 приложение, 24 страницы – список использованных источников, включающий 258 наименований и 17 публикаций соискателя. Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК Республики Беларусь. Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Анализ содержания представленной диссертации и автореферата позволяет заключить, что соискатель является высококвалифицированным научным работником, способным ставить и решать сложные исследовательские задачи. Уровень обсуждения полученных данных, а также логичный и детальный литературный обзор убеждают, что автор хорошо владеет обширным практическим материалом и теорией химических процессов. Публикации автора в ведущих научных журналах и апробация на международных конференциях позволяют судить о высоком качестве выполненного исследования и высоком научном уровне соискателя, который безусловно заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук.

9. Замечания по диссертации

1. Представленная диссертационная работа не содержит сведений по использованию очищенной экстракционной фосфорной кислоты для синтеза основной кормовой добавки – фосфатов кальция.

2. В материалах работы отсутствуют данные по очистке ЭФК от радиоактивных элементов, которые, хоть и в незначительном количестве, содержатся в перерабатываемой руде и частично должны переходить в фосфорную кислоту.

3. Неправильно указана размерность расхода воздуха при очистке продувкой кислоты – 6 литров в минуту, не указано на какое количество.

Сделанные замечания ни в коей мере не умаляют значимость полученных автором результатов, не затрагивают основной сущности работы и носят рекомендательный характер.

10. Заключение

Диссертационная работа М.С. Мохорта «Технология очистки экстракционной фосфорной кислоты и получения кормовых, технических фосфатов» является самостоятельным квалификационным исследованием, полностью соответствующим специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ и отвечает требованиям ВАК Республики Беларусь, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В соответствии с требованиями пп. 20, 21 «Положения о присуждении научных степеней и присвоении ученых званий» № 560 от 17.11.2004 г. (в редакции указа Президента Республики Беларусь № 190 от 02.06.2022 г.), соискателю Мохорту М.С. может быть присуждена ученая степень кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ за новые научно обоснованные результаты, включающие:

– 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 ЭФК, 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 поли-термическом режимах в интервале изменения температуры 20–80°C и содержания ортофосфорной кислоты 40–65 мас. %, соответствующие фактическим изменениям указанных параметров при получении ОЭФК;

– 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 ЭФК;

– новые научные данные о влиянии технологических параметров на процесс реагентной очистки неупаренной и упаренной ЭФК от вида и количества

ионогенных примесей, обеспечивая их выделение в составе малорастворимых кремнефторидов щелочных металлов, а также на стадию отдувки;

– экспериментально установленные показатели физико-химических и химико-технологических свойств суспензий и осадков, образующихся на отдельных технологических стадиях, а также обоснование возможности повышения эффективности обесфторивания ЭФК путем дополнительного введения стадии старения суспензии, что в совокупности вносит существенный вклад в теорию и практику технологии производства фосфорной кислоты и последующей ее переработки.

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

Заведующий лаборатории минеральных удобрений
Государственного научного учреждения
«Институт общей и неорганической химии
Национальной академии наук Беларуси»
Доктор химических наук,
член-корр. НАН Беларуси



В.В. Шевчук

21 мая 2026 г.

Подпись	Шевчук В.В.
УДОСТОВЕРЯЮ Ученый секретарь Института общей и неорганической химии НАН Беларуси, к.х.н.	
	Г.В. Бондарева