

## О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук, старшего научного сотрудника Маслобоева Владимира Алексеевича на диссертацию Сучкова Дениса Вячеславовича на тему: «Утилизация гипсосодержащих отходов минерально-сырьевого комплекса», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология

### 1. Актуальность темы диссертации

Тема диссертационного исследования Сучкова Дениса Вячеславовича представляется весьма своевременной и актуальной. Проблема обращения с отходами минерально-сырьевого комплекса является одной из ключевых экологических проблем современности. Накопление значительных объемов гипсосодержащих отходов, их негативное воздействие на окружающую среду и ограниченность мощностей для их размещения диктуют необходимость поиска эффективных решений в этом направлении. Особую актуальность данная тема приобретает в контексте задач по развитию отечественной минерально-сырьевой базы и вовлечению техногенных отходов в хозяйственный оборот в качестве вторичных ресурсов. Предлагаемые в диссертации подходы к утилизации гипсосодержащих отходов с получением востребованной продукции являются значимым шагом в решении этой проблемы, что подчеркивает важность и своевременность выбранного направления исследования.

### 2. Научная новизна диссертации

Научная новизна диссертационной работы Сучкова Дениса Вячеславовича заключается в разработке комплексного технического решения, направленного на снижение объемов накопления гипсосодержащих отходов и уменьшение их негативного влияния на окружающую среду. Ключевым аспектом этого решения является использование карбонатной конверсии фосфогипса с одновременным связыванием  $\text{CO}_2$ -содержащих дымовых газов. Данный подход позволяет не только утилизировать гипсовые отходы, но и получить ценные продукты в виде карбоната кальция и сульфатов щелочных металлов или аммония, востребованных в химико-металлургической

ОТЗЫВ  
ВХ. № 9-343 от 10.09.21  
АУ УС

промышленности. Научная гипотеза, выдвинутая автором о влиянии температуры на механизм превращения гипсовых отходов в карбонатных средах, находит экспериментальное подтверждение в виде установленных зависимостей свойств получаемого фосфомела от степени превращения фосфогипса, что расширяет научные представления об условиях протекания процессов карбонатной конверсии техногенных гипсов.

### **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

Научные положения, выносимые на защиту, представляются логично связанными и обоснованными результатами проведенных теоретических и экспериментальных исследований.

*Первое положение*, акцентирующее внимание на негативном воздействии гипсонакопителей на окружающую среду, подтверждается данными о миграции загрязняющих веществ из этих объектов в компоненты природной среды. Это подкрепляется экспериментальными данными о повышенной миграционной способности загрязняющих веществ (фосфатов, сульфатов, железа). *Второе положение*, раскрывающее новый подход к утилизации фосфогипса, базируется на количественных зависимостях, полученных в ходе экспериментов по карбонатной конверсии. *Третье положение*, связанное с перспективами использования крупнодисперсного фосфомела, основано на результатах анализа состава и свойств этого продукта. Совокупность представленных данных свидетельствует о высокой достоверности и обоснованности научных результатов диссертационного исследования.

Достоверность результатов диссертационного исследования обеспечивается применением современных методов анализа, использованием высокотехнологичного оборудования, а также воспроизводимостью ключевых зависимостей и отсутствием противоречий с известными фактами в данной области. В целом, все научные положения, выносимые на защиту, логически взаимосвязаны, соответствуют специальности 1.6.21. Геоэкология по пунктам 17 и 24 и представляют значимый вклад в развитие научных основ утилизации отходов.

#### **4. Научные результаты, их ценность**

Важнейшим научным результатом диссертации является разработка нового комплексного технологического решения по утилизации фосфогипса с одновременным связыванием  $\text{CO}_2$  из дымовых газов. Предложенный автором подход, основанный на карбонатной конверсии, позволяет достичь высокой эффективности утилизации гипсовых отходов (до 98,8%) и получить востребованную продукцию в виде карбоната кальция и сульфатных солей. Это открывает новые возможности для вовлечения гипсосодержащих отходов в хозяйственный оборот, снижая тем самым нагрузку на окружающую среду. Кроме того, полученные данные о закономерностях распределения загрязняющих веществ в подотвальных водах и поверхностных водных объектах углубляют научные представления о воздействии гипсонакопителей на компоненты экосистем. Предложенная автором методика оценки конверсии фосфогипса в карбонатных средах также расширяет арсенал инструментов для изучения подобных процессов.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 12 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus; получен 1 патент.

#### **5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

Теоретическая значимость диссертационной работы Сучкова Дениса Вячеславовича заключается в разработке новых научных подходов к утилизации гипсосодержащих отходов с использованием карбонатной конверсии. Полученные автором закономерности влияния различных факторов на эффективность этого процесса вносят вклад в развитие теоретических основ переработки техногенного минерального сырья.

Практическая значимость работы определяется возможностью

реализации предложенного комплексного технического решения, позволяющего получать востребованную продукцию из гипсовых отходов и одновременно снижать их негативное воздействие на окружающую среду. В дальнейшем возможно использование результатов диссертации в учебном процессе, что расширяет возможности подготовки специалистов экологического и химико-технологического профилей, и повышает значимость проведенного исследования.

## **6. Рекомендации по использованию результатов работы**

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать при разработке и внедрении комплексных технологических решений по утилизации гипсосодержащих отходов, образующихся в различных отраслях минерально-сырьевого комплекса. Полученные научные данные также могут быть применены в учебном процессе при подготовке студентов и аспирантов по направлениям, связанным с геоэкологией, рациональным природопользованием и химической технологией. Внедрение предложенных в диссертации подходов будет способствовать снижению экологической нагрузки, обусловленной накоплением гипсовых отходов, и обеспечит получение востребованной продукции с высокой добавленной стоимостью.

## **7. Замечания и вопросы по работе**

Представленная диссертационная работа производит весьма благоприятное впечатление и заслуживает высокой оценки. Несмотря на некоторые замечания, которые будут приведены ниже, в целом работа отличается научной новизной и практической значимостью, что позволяет квалифицировать ее как завершенное самостоятельное научно-квалификационное исследование.

1. Оценка экономического эффекта от внедрения технического решения (таблица 5 автореферата, таблица 4.4 диссертации). Непонятно, каким образом подсчитан доход от продажи продукции (868,51 млн.руб.), как рассчитывались капитальные затраты (2,5 млрд. руб.) и эксплуатационные затраты (78,03 млн.руб.).

2. Следовало бы привести состав производимого фосфомела как химический, так и минералогический, чтобы оценить качество фосфомела и его пригодность для различных областей применения. Минералогический состав также важен, поскольку примесные минералы апатитового концентрата (титаномагнетит, сфен, эгирин, полевые шпаты) не вскрываются в процессе производства ЭФК и переходят в фосфогипс и затем в фосфомел. В идеале нужно было бы разработать и привести в работе проект технических условий на фосфомел, согласованный с потенциальными потребителями.
3. Было бы целесообразно провести радиационную оценку предлагаемой технологии, поскольку стронций, являющийся концентратом естественных радионуклидов, также по всей технологической цепочке переходит в фосфомел, что может повышать содержание радионуклидов в конечном продукте.

Стоит отметить, что высказанные замечания носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором в дальнейших научных изысканиях. Они ни в коей мере не умаляют достоинств данной диссертации, ее фундаментального и прикладного потенциала.

Диссертационная работа выполнена на высоком методологическом уровне, характеризуется логичностью и последовательностью изложения. Автору удалось продемонстрировать глубокое понимание предмета исследования, обширные познания в соответствующих научных областях. Также следует положительно оценить качество оформления работы, включая обилие иллюстративного материала. Результаты исследования нашли отражение в публикациях автора и были апробированы на представительных научных форумах различного уровня. Содержание диссертации полноценно и адекватно представлено в автореферате.

В целом диссертация представляет собой завершенную научную работу, содержащую новые значимые результаты, которые могут быть применены для решения задачи повышения эффективности переработки техногенного сырья с получением дополнительной высокомаржинальной продукции.

## 8. Заключение по диссертации

Диссертация «Утилизация гипсосодержащих отходов минерально-сырьевого комплекса», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология, полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – **Сучков Денис Вячеславович** – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Официальный оппонент

Советник генерального директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук»

Доктор технических наук, старший научный сотрудник



Маслобоев Владимир Алексеевич

### Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук»

Почтовый адрес: 184209, Россия, г. Апатиты, Мурманская об., ул. Ферсмана, д. 14

Официальный сайт в сети Интернет: <https://www.ksc.ru/>

эл. почта: [v.masloboev@ksc.ru](mailto:v.masloboev@ksc.ru) служ. телефон: +7 (815) 557-97-33



Подпись *В.А. Маслобоева*  
ПО МЕСТУ РАБОТЫ УДОСТОВЕРЯЮ  
НАЧАЛЬНИК ОБЩЕГО ОТДЕЛА  
ФНИЦ КНЦ РАН  
*В.В. Коструб*  
"04" 09 2024 ГОДА