

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации  
Воробьева Кирилла Александровича на тему:  
«Обоснование технологии углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твердых коммунальных отходов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология (технические науки)

Диссертация Воробьева К.А. посвящена важной задаче современной геоэкологии и охраны окружающей среды – научному обоснованию и разработке технологии совместной утилизации твердых техногенных отходов (шлаки и зола мусоросжигательных заводов) и парникового газа (диоксид углерода) методом минеральной карбонизации. Актуальность исследования не вызывает сомнения и определяется острой необходимостью решения двух глобальных экологических проблем: сокращения выбросов  $\text{CO}_2$  в атмосферу в рамках выполнения климатических обязательств России и переработки постоянно растущих объемов твердых коммунальных отходов. Предложенный автором подход по соутилизации двух видов отходов различной природы открывает новые перспективы для перехода к циркулярной экономике и декарбонизации промышленности.

Научная новизна работы заключается в комплексном исследовании физико-химических свойств шлаков российских и белорусских мусоросжигательных заводов применительно к их использованию в качестве сырья для минеральной карбонизации.

Изучены химический и минеральный составы шлаков, проведена оценка их экологической опасности, включая определение класса опасности и анализ выщелачивания тяжелых металлов.

Установлено, что исследованные шлаки обладают карбонизационной емкостью и могут эффективно связывать  $\text{CO}_2$  с образованием стабильных карбонатных соединений.

Впервые для шлаков мусоросжигательных заводов определены оптимальные параметры процесса ускоренной карбонизации, а разработанные методика и экспериментальная модельная установка стандартизируют исследования процессов карбонизации различных видов техногенного сырья, что представляет значительный методический интерес для дальнейших исследований в данной области.

Установление количественных зависимостей степени карбонизации от состава сырья, параметров процесса и режимов обработки является важным вкладом в понимание механизмов минеральной карбонизации. Автором предложена технологическая схема переработки шлаков с интеграцией блока карбонизации, разработаны технологические маршруты и карта переработки, что свидетельствует о прикладной направленности исследования и его практической реализуемости.

Вместе с тем, при ознакомлении с авторефератом возникли следующие замечания:

1. В работе недостаточно раскрыто влияние региональных особенностей состава твердых коммунальных отходов на карбонизационную способность получаемых шлаков. Учитывая существенные различия в морфологическом составе ТКО различных регионов России, целесообразно было бы оценить, насколько предложенные технологические параметры применимы к шлакам других мусоросжигательных заводов страны.

2. Представляется целесообразным более подробное рассмотрение вопросов территориального планирования размещения установок минеральной карбонизации с учетом логистических факторов, близости источников  $\text{CO}_2$  и мусоросжигательных производств, а также геоэкологических ограничений для различных регионов Российской Федерации.

Отмеченные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационного исследования и носят рекомендательный характер для дальнейшего развития научного направления.

Судая по автореферату, работа выполнена на высоком научно-методическом уровне с использованием современных методов физико-химического анализа, отличается системностью подхода. Диссертация содержит научно обоснованные технологические решения в области геоэкологии, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики и улучшение экологической обстановки.

Диссертационная работа Воробьева К.А. соответствует требованиям, изложенным в Положении о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология (технические науки).

Кандидат биологических наук, доцент  
кафедры географии  
Чеченского государственного университета  
им. А.А. Кадырова

«16» февраля 2026 г.

Адрес: 364024, г. Грозный, ул. Шерипова, 32.  
Телефон: +7 (8712) 29-48-32  
e-mail: idris-54@mail.ru



Подпись Байракова И.А. заверяю: