

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Воробьева Кирилла Александровича**

«Обоснование технологии углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твердых коммунальных отходов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21.геоэкология

Актуальность исследования обусловлена тем, что выбросы углекислого газа от промышленности и жилищно-коммунального хозяйства вносят основной вклад в парниковый эффект влияющий на глобальное изменение климата. Поэтому, научное обоснование и разработка технологий улавливания, утилизации и захоронения углекислого газа, позволяющих снизить углеродный след и стабилизировать концентрации парниковых газов в атмосфере Земли является весьма злободневной и своевременной целью данного научного исследования.

Теоретическая значимость работы заключается в получении новых знаний о вещественном составе и свойствах отходов от сжигания ТКО, их реакционной способности и активности к связыванию углекислого газа, экспериментальной оценке секвестрационного потенциала шлаков и летучей золы сжигания ТКО для технологии ускоренной минеральной карбонизации, в установлении механизмов и закономерностей гидратации и принудительной карбонизации шлаков и летучей золы.

Научная новизна результатов исследований состоит в следующем:

- оценен теоретический потенциал карбонизации шлаков и золы, рассчитанный по данным химического анализа, минералогических исследований фазового состава и определен фактический потенциал связывания диоксида углерода на уровне 47–79 кг CO₂ на 1 т сухого вещества, что доказывает возможность полезного использования остатков от сжигания ТКО в технологии секвестрации или депонирования углеродсодержащих выбросов;
- разработана методика и создана модельная установка, позволяющие установить оптимальные параметры процесса ускоренной карбонизации и определить фактический потенциал связывания диоксида углерода различными материалами;
- установлены зависимости степени карбонизации золы и шлаков от сжигания ТКО от вещественного состава отходов и основных параметров процесса ускоренной минеральной карбонизации: времени гидратации и времени карбонизации, температуры, концентрации и давления газа, соотношения жидкой и твердой фаз;
- впервые предложена схема технологических маршрутов переработки техногенных отходов от сжигания ТКО методом минеральной карбонизации, обеспечивающая наиболее полную обработку и стабилизацию отходов сжигания ТКО с получением вторичного сырья для производства строительных материалов и снижением экологической опасности.

Практическая значимость работы состоит в определенных автором рациональных параметрах минеральной карбонизации углеродсодержащих выбросов шлаками и летучей золой от сжигания ТКО, в разработке развернутой схемы технологических маршрутов комплексной переработки остатков от сжигания ТКО и одновременного связывания углеродсодержащих выбросов. Реализация процессов минерализации выбросов углекислого газа путем карбонизации шлаков и летучей золы будет способствовать более безопасному их хранению, утилизации и вторичному использованию карбонизированных отходов с одновременным частичным связыванием диоксида углерода и сокращением его выбросов. Впервые предложена принципиальная схема комплексной переработки шлаков от сжигания

ТКО и депонирования ими углеродсодержащих выбросов, с получением вторичного сырья для производства строительных материалов и повышением экологической безопасности.

По расчетным данным количество депонируемого углекислого газа в отходящих дымовых газах мусоросжигательного завода шлаками этого же завода может составить 43 % от его количества выбросов CO₂ в год. Таким образом, предлагаемые решения позволят примерно в 2 раза снизить углеродный след предприятия.

Замечания по работе:

1. К сожалению, в тексте автореферата отсутствует экономическая оценка предлагаемых технологий, что не позволяет оценить перспективы их практической реализации и реальных инвесторов.
2. Желательно было бы предложить варианты утилизации летучей золы от сжигания ТКО, как наиболее вредного для окружающей среды техногенного отхода.
3. Нет детальной схемы аппаратурного оформления процессов принудительной карбонизации на кальций-магниевых отходах от сжигания ТКО, равно как и подготовки газовых выбросов МСЗ к карбонизации.

Приведенные выше замечания мало влияют на общую положительную оценку выполненной автором научно-квалификационной работы в части ее научной новизны, теоретической и практической значимости.

Диссертация Воробьева Кирилла Александровича «Обоснование технологии углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твердых коммунальных отходов» соответствует паспорту научной специальности 1.6.21. Геоэкология (технические науки) по пунктам 7 и 17, отвечает требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Ее автор - Воробьев Кирилл Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология (технические науки).

Доктор технических наук,

05.17.02 – технология редких и рассеянных элементов,

старший научный сотрудник, советник

Генерального директора ФГБУН

ФИЦ Кольский научный центр РАН

05 марта 2026 г.

184209, г. Апатиты, Мурманской обл., ул. Ферсмана, дом 14.

E-mail: v.masloboev@ksc.ru; тел. +7(911)3030870

Я, Маслобоев Владимир Алексеевич, даю согласие на включение в документы и обработку персональных данных, связанных работой диссертационного совета 24.1.096.01 при ФГБУН Институте проблем комплексного освоения недр имени акад Н.В.Мельникова РАН.

05 марта 2026 г.

Маслобоев Владимир Алексеевич

Маслобоев В.А.



Подпись *В. А. Маслобоева*
ПО МЕСТУ РАБОТЫ УДОСТОВЕРЯЮ
НАЧАЛЬНИК ОБЩЕГО ОТДЕЛА
ФИЦ КНЦ РАН
Л. В. Коструб
Л. В. КОСТРУБ
05 03 2026 ГОДА