

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на автореферат и диссертационную работу **Воробьева Кирилла Александровича** «Обоснование технологии депонирования углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твердых коммунальных отходов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 «Геоэкология» (технические науки)

Диссертационное исследование Воробьева Кирилла Александровича посвящено развитию технологических решений и научно-методических основ управления коммунальными отходами для улучшения состояния окружающей среды и реабилитации урбанизированных регионов и территорий, что соответствует Приоритетным направлениям научно-технологического развития страны.

Структурная схема экономики, производящей значительные объемы отходов, реально реализуется в подавляющем большинстве отраслей народного хозяйства от горнодобывающей промышленности и металлургии до коммунального хозяйства и представляет собой цепочку действий, приводящих в конечном итоге всегда к захоронению отходов. В настоящее время в условиях новых экономических вызовов Россия располагает достаточно весомым научным и технологическим потенциалом в области глубокой и экологически безопасной переработки техногенного сырья в виде разработанных и в различной степени апробированных инновационных ресурсосберегающих технологий, соответствующих мировому уровню, а по ряду технологий и превосходящих его, в том числе и разработанные в ИПКОН РАН - ведущей научной организации страны в области комплексного использования минеральных и техногенных ресурсов.

*Актуальность* данной работы связана с необходимостью снижения антропогенного влияния деятельности человека на состояние окружающей среды. Известно, что твердые коммунальные отходы (ТКО) занимают значительные площади при захоронении их на полигонах и загрязняют почвы, воду и воздух. Сортировка ТКО перед их захоронением только начинает развиваться в промышленном масштабе. Мировая наука предлагает утилизировать ТКО путем сортировки и последующего сжигания на мусоросжигающих заводах (МСЗ). Такие работы широко развиваются в передовых странах во всем мире стремительными темпами, в том числе и в России. Разработанная соискателем технология депонирования углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания ТКО после их геополимеризации обеспечивает возможность секвестрации углекислого газа в низкотемпературных технологиях. Это новый подход, имеющий теоретическое основание и практические наработки автора. В диссертации убедительно показано, что остатки от сжигания ТКО обладают значительным ресурсным потенциалом и потенциалом карбонизации, чтобы оказать воздействие на величину и направление потоков углерода. Однако в настоящее время на территории РФ он фактически недооценен.

В этой связи выполненное Воробьевым К.А. исследование, посвященное обоснованию и разработке технологии депонирования углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твердых коммунальных отходов, является весьма значимым и

своевременным. При этом особую ценность, на мой взгляд, представляет разработанная развернутая схема технологических маршрутов переработки техногенных отходов от сжигания ТКО и минеральной карбонизации, обеспечивающая вариативность выбора маршрута и направленная на формирование методологических основ по внедрению в работу мусоросжигательных заводов безотходных и малоотходных технологий для перехода к экологической (низкоуглеродной) трансформации отрасли обращения с отходами и реализации глобальных климатических проектов.

Снижение нагрузки на экосистемы обеспечивается путем утилизации отходов термической переработки ТКО (операции пневмокласификации, магнитной сепарации, компактирования) и минеральной карбонизации для перехода к экологической (низкоуглеродной) трансформации отрасли обращения с отходами.

Нельзя не согласиться с утверждением автора о том, что «Современным научным подходом к минеральной карбонизации природных минералов является использование в качестве исходного сырья отходов промышленного производства. При этом отходы производства должны обладать следующими свойствами: содержать кальций и магний в фазах, способных к гидратации; иметь низкую степень вредного воздействия на окружающую среду; иметь достаточный объем складированных отходов, близко к источникам выбросов» (диссертация, с. 4). Однако, как справедливо указывает сам диссертант, в настоящее время данная задача практически не реализуется: «...скопление на территории Российской Федерации большого количества промышленных и бытовых отходов имеет ряд негативных последствий: из хозяйственного оборота выведены большие площади земель; опасность проникновения загрязняющих веществ из хранилищ в грунтовые воды и в поверхностные водоемы; выделение метана на свалках; низкая степень вторичного использования ресурсов; невозможность учета воздействия на окружающую среду» (диссертация, с. 5). Поэтому, автор утверждает, что хранение и переработка отходов является одной из актуальных экологических проблем РФ, требующей скорейшего решения.

Автором формулируется оригинальная идея диссертационного исследования, которая состоит в том, что «...минеральный, химический, фазовый состав отходов от сжигания ТКО, присутствие и них в достаточном количестве кальций–магнийсодержащих фаз, способных к химическому связыванию диоксида углерода в процессе принудительной минеральной карбонизации, предопределяют использование их в качестве альтернативы природным материалам для секвестрации диоксида углерода с одновременным повышением экологической безопасности хранения карбонизированных отходов» (диссертация, с. 7).

Принятый в диссертации *подход* – «повышение комплексности использования техногенного сырья в виде остатков от сжигания ТКО и снижение экологической нагрузки на экосистемы регионов за счет утилизации в одном процессе техногенного газообразного диоксида углерода и техногенных отходов мусоросжигания» (диссертация, с. 7).

*Научная новизна* данного диссертационного исследования заключается в сформированном автором научно-методологическом подходе разработки технологических решений по секвестрации углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания ТКО,

основанном на расчете теоретического потенциала карбонизации по данным химического анализа, детальным минералогическим исследованиям фазового состава, оценке потенциальной опасности выщелачивания экоконтролируемых элементов по содержанию тяжелых металлов и микроэлементов в водных и буферных вытяжках, экспериментальном определении фактического потенциала связывания диоксида углерода. Автор разработал схему технологических маршрутов переработки техногенных отходов от сжигания ТКО и минеральной карбонизации, обеспечивающих наиболее полную обработку и стабилизацию отходов технологических процессов сжигания ТКО с получением вторичного сырья для производства строительных материалов и снижение экологической нагрузки.

Данный научно-методологический подход и разработанная схема технологических маршрутов, бесспорно, обогащает существующие к настоящему времени представления о повышении ресурсной и энергетической эффективности в соответствии с наилучшими доступными технологиями, утилизация отходов собственной производственной деятельности, утилизации энергетических ценных технологических газов, применении технологий улавливания и хранения парниковых газов. Все эти мероприятия призваны, в первую очередь, сохранить или улучшить состояние окружающей среды, снизить выбросы и сбросы загрязняющих веществ и предотвратить их влияние на окружающую среду, сократить выбросы парниковых газов, обеспечить энергосбережение и повышение эффективности использования ресурсов.

*Теоретическая значимость* работы заключается в углублении существующих и получении новых научных знаний о вещественном составе и свойствах отходов от сжигания ТКО, их реакционной способности и активности к связыванию диоксида углерода; в теоретической и экспериментальной оценке секвестрационного потенциала остатков от сжигания ТКО для технологии ускоренной минеральной карбонизации; в уточнении механизмов и установлении закономерностей гидратации и принудительной карбонизации шлаков и летучей золы. Полученные новые научные знания и практические результаты расширяют и углубляют современные представления о принудительной карбонизации систем на основе остатков от сжигания ТКО с одновременным связыванием диоксида углерода в стабильные карбонатные комплексы.

*Практическая значимость работы* состоит в установлении рациональных параметров процесса минеральной карбонизации углеродсодержащих выбросов шлаками и летучей золой от сжигания твердых коммунальных отходов, в разработке развернутой схемы технологических маршрутов комплексной переработки остатков от сжигания ТКО и одновременного связывания углеродсодержащих выбросов методом минеральной карбонизации. Реализация процессов минерализации выбросов  $\text{CO}_2$  путем карбонизации техногенных отходов будет способствовать, с одной стороны, более безопасному хранению, утилизации и вторичному использованию карбонизированных отходов, а, с другой стороны, – к связыванию половины диоксида углерода, образующегося при сжигании ТКО, и сокращению его выбросов.

*Достоверность и обоснованность результатов* проведенного исследования обеспечивается соответствующими заявленной проблематике, цели и задачам работы теоретико-методологическими подходами, проведенным анализом научной литературы,

использованием комплекса надежных и валидных диагностических методик, разработкой обоснованных критериев оценки профессионально важных качеств будущих врачей, достаточным объемом выборки испытуемых, корректным количественно-качественным анализом полученных результатов с применением современных статистических методов математической обработки эмпирических данных, личным участием автора на всех этапах проведенного исследования.

Текст диссертации Воробьева Кирилла Александровича представлен на 165 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 186 источников (в том числе 23 публикации соискателя), из них 107 на иностранном языке. В качестве иллюстраций в работе представлено 40 таблиц и 49 рисунков.

*Во введении* обосновывается актуальность проблемы исследования, дается общая оценка степени ее изученности, а также содержится описание научного аппарата диссертационной работы: формулируется цель, объект, предмет, гипотеза и задачи исследования, определяются теоретико-методологические основы исследования, методы и методики, указываются база исследования и его этапы, определяется научная новизна, теоретическая и практическая значимость, представлены сведения об апробации и внедрении результатов исследования, обозначены положения, выносимые на защиту.

*В первой главе* диссертации «Современное состояние и перспективы использования твердых отходов мусоросжигательных заводов для снижения углеродсодержащих выбросов» представлен аналитический обзор научной литературы и нормативно-правовых документов, на основе которого излагаются основные теоретические подходы к теме диссертации и приводятся данные по современной практике обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО).

Диссертант четко и подробно формулирует сведения об образовании, видах и составах остатков от сжигания ТКО. Кроме того, автор детально анализирует известные технологии обращения с остатками мусоросжигательных установок, близкие к этапу реализации, выделяя основные направления: строительные материалы, геотехнические сооружения, сельское хозяйство и реакционноспособные материалы. На основании анализа работ обобщены области утилизации золошлаковых отходов от сжигания ТКО и продукция на их основе (диссертация, с. 29-31).

Предпринятый в диссертационном исследовании обстоятельный теоретический анализ и ссылка на национальный Информационно-технический справочник по наилучшим технологиям «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)» (ИТС 9-2015) позволили автору выявить возможность секвестрации диоксида углерода с применением шлака, требуемые свойства которого приобретаются в процессе его вызревания (диссертация, с. 34-36). В соответствии с данным стандартом логически обосновывается схема применения технологий улавливания, хранения и использования CO<sub>2</sub> (диссертация, с. 38-42). Указывается, что секвестрация диоксида углерода может осуществляться путём геологического хранения в выработанных пространствах с использованием природных поглотителей (по типу озера), повторным использованием в технологических процессах и секвестрацией на основе минеральной карбонизации.

Особо следует отметить раскрытое соискателем содержание формируемого комплекса исследований. Автор утверждает, что «технологии использования шлаков мусоросжигательных установок, как и других подобных отходов, для секвестрации углекислого газа находится на исследовательском этапе и ограничиваются на данный момент техническими, технологическими, экологическими, правовыми и иными ограничениями» (диссертация, с. 49). Это стало основанием для постановки диссертантом проведения развернутого лабораторного исследования процессов минерального связывания диоксида углерода и оценки секвестрационного потенциала шлаков от сжигания ТКО для ускоренной минеральной карбонизации на основании термодинамических и фактических эмпирических данных о поглощающей способности изучаемых отходов, уточнение условий и механизмов гидратации и принудительной карбонизации шлаков, свойств получаемого материала для разработки научно обоснованных технологических основ процессов искусственной карбонизации шлаков мусоросжигательных заводов.

Полагаем, что в условиях реального объекта исследований, сформулированная оригинальная идея диссертационного исследования состоит в том, что минеральный, химический, фазовый состав отходов от сжигания ТКО, присутствие и них в достаточном количестве кальций- магнийсодержащих фаз, способных к химическому связыванию диоксида углерода в процессе принудительной минеральной карбонизации, предопределяют использование их в качестве альтернативы природным материалам для секвестрации диоксида углерода с одновременным повышением экологической безопасности хранения карбонизированных отходов.

Принятый автором подход – повышение комплексности использования техногенного сырья в виде остатков от сжигания ТКО и снижение экологической нагрузки на экосистемы регионов за счет утилизации в одном процессе техногенного газообразного диоксида углерода и техногенных отходов мусоросжигания. Соответственно, это убедительно свидетельствует о высокой практической значимости выполненного Воробьевым К.А. исследования.

*Вторая глава* диссертации «Исследование вещественного состава и технологических свойств твердых отходов мусоросжигательных заводов» посвящена изложению разработанной автором методике проведения исследований и приведены основные результаты исследований физических и химических свойств шлака и золы от сжигания ТКО, проведенных на двух регионально различных объектах: репрезентативные пробы твердых отходов были отобраны на «ЕФН-Экотехпром МСЗ 3», г. Москва, Российская Федерация и КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод» (БМПЗ), г. Брест, Республика Беларусь. Объектами исследования являлись пробы шлака и летучей золы МСЗ-3 и проба шлака Брестского мусороперерабатывающего завода, описаны и проанализированы исследование структуры и вещественного состава шлака и золы от сжигания ТКО (диссертация, с. 56-57).

С целью разработки технологии переработки шлаков от сжигания ТКО автором проведена экспериментальная работа по отбору проб шлаков и золы-уноса и изучению их вещественного состава и технологических свойств. Установлено, что тонкодисперсные

остатки, образующиеся в системах сжигания ТКО, являются сырьем техногенного происхождения, в значительной степени отличающимся по составу и свойствам от природного сырья, но имеющем много общего с остатками другим термических процессов – металлургическими шлаками и золошлаковыми отходами от сжигания углей. Качественные и количественные показатели переработки шлаков будет определяться свойствами отдельных минералов, минеральных фаз и минеральных ассоциаций в шлаках на макро- и микроуровнях, а также изменением этих свойств при вторичных гипергенных процессах нахождения минералов в составе отходов. Детально изучен вещественный состав проб шлаков двух объектов термической переработки ТКО и золы-уноса комплексом минералого-аналитических методов, а также их физических и химических свойств.

Проведены аргументированные выводы по главе.

В третьей главе «Изучение закономерностей перехода металлов из шлаков и золы в водную фазу при выщелачивании» представлено содержание экспериментальной части исследования, включая описание используемого в ней современного инструментария.

Экспериментальная работа анализ выщелачивания загрязняющих веществ из остатков от сжигания ТКО с позиции эколого-гигиенического аспекта их утилизации или хранения. Диссертант подробно описан ход проведенной экспериментальной работы. Показано, что при складировании шлака и золы от сжигания ТКО, и при их возможном использовании в качестве техногенного грунта, сырьевого компонента строительных и композиционных материалов, в технологии депонирования углеродсодержащих выбросов, и в целом в определении интегрированного подхода к использованию отходов от сжигания ТКО во всех рассматриваемых вариантах необходимо проведение тестов по выщелачиванию для оценки потенциального экологического риска, создаваемого экотоксикантами. Проведенные диссертантом тесты по выщелачиванию позволили изучить характеристики выщелачивания при различных условиях pH и сделать сравнительные выводы в соответствии с экологическими стандартами и критериями.

Также в ходе проведенного исследования диссертантом установлены крайне важные, на наш взгляд, факты, а именно:

- сравнение содержаний тяжелых металлов и микроэлементов в водных вытяжках шлаков с ПДК химических веществ в воде водных объектов показало, что по всем основным экоконтролируемым элементам концентрации гораздо ниже ПДКв;

- в водных вытяжках шлаков БМПЗ фиксируется несколько большее содержание кальция по сравнению со шлаками МСЗ 3, что предполагает потенциально более высокую емкость к связыванию CO<sub>2</sub>;

- из результатов испытаний на выщелачивание изучаемых шлаков следует, что перехода тяжелых металлов из шлаков практически не происходит, значит шлаки стабильны и пригодны для использования в технологии ускоренной карбонизации без каких-либо ограничений.

В целом в ходе проведенного экспериментального исследования автором убедительно показано, что присутствие тяжелых металлов в шлаках может оказывать как прямое, так и косвенное влияние на процессы карбонизации. С одной стороны, некоторые металлы могут выступать в качестве катализаторов или ингибиторов химических реакций,

а с другой, они могут образовывать труднорастворимые соединения, препятствующие доступу  $\text{CO}_2$  к реакционно-активным поверхностям минералов.

*В четвертой главе «Теоретические основы и практические результаты секвестрации диоксида углерода шлаками ТКО»* приведены результаты экспериментального изучения кинетических и термодинамических характеристик процесса минерального связывания диоксида углерода. Разработана методика исследования улавливания диоксида углерода шлаками ТКО в газовых средах осуществлялась на специально изготовленной модельной автором была предложена и изготовлена лабораторная установка по изучению сорбции газов шлаками мусоросжигательных заводов при различных переменных параметрах. На установку подана заявка на изобретение.

Автором проведены исследования на реальных объектах и приведены результаты экспериментального исследования максимально полного использования ресурсного потенциала шлаков и золы от сжигания ТКО и разработки технологии депонирования ими углеродсодержащих выбросов необходимо было изучение параметров, влияющих на процесс карбонизации опытных образцов в газовой среде. Изменяли продолжительность карбонизации, давление и концентрацию газа, температуру в камере и соотношение жидкого и твердого по массе. Варьируемые параметры были выбраны с учетом проведенных теоретических исследований процесса карбонизации кальцийсодержащих материалов и преследовали целью установление оптимальных условий осуществления принудительной карбонизации исследуемых образцов шлаков и золы в условиях повышенных концентраций и давления углекислого газа.

Изучение влияния времени воздействия  $\text{CO}_2$  на степень карбонизации образцов показало, что основной прирост массы образцов, по которому рассчитывалась степень карбонизации, происходит в первые 6 часов, после чего процесс стабилизируется и масса изменяется незначительно. Степень карбонизации шлака 1 несколько ниже, чем шлака 2, что объясняется меньшим содержанием в его составе фаз, способных к карбонизации. Степень карбонизации летучей золы значительно выше, чем шлаков, что в основном связано с высоким содержанием в ней портландита, псевдоволластонита, то есть минералов, способных к карбонизации.

*В пятой главе «Разработка технологических маршрутов комплексной переработки остатков от сжигания ТКО и одновременного связывания углеродсодержащих выбросов»* показаны результаты выработанных технологических маршрутах комплексной переработки и использования шлаков от сжигания ТКО, предполагающих поэтапную обработку, стабилизацию и реновацию отходов в продукцию либо депонирование. В состав предлагаемых решений входят операции фракционирования и выделения металлов из шлаков, что позволяет подойти к технологиям минеральной карбонизации выбросов  $\text{CO}_2$  с использованием техногенных отходов в хозяйственной деятельности предприятий на новом научно-методологическом и инженерном уровне.

Сформированы основные операции усреднения и подготовки материала к переработке, установлены технологические процессы необходимые для выделения из шлаков вторичной продукции для металлургической или строительной отрасли, этап ускоренной минеральной карбонизации с компостированием стабилизированных продуктов

переработки. Проведенные исследования показали возможность получения из изученных образцов шлаков и золы шлакового щебня, песка для строительных работ, вторичной металлосодержащей продукции и золошлаковых компактов из карбонизированных шлаков и золы.

*В заключении* работы подведены основные итоги исследования и сформулированы обобщающие выводы, подтверждающие гипотезу исследования.

Основное содержание и результаты выполненного Воробьевым К.А. теоретико-экспериментального исследования нашли свое отражение в 23 авторских публикациях, в том числе 10 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, из них в 3 статьях, рекомендованных ВАК по специальности 1.6.21 «Геоэкология» (технические науки).

По своему содержанию текст диссертации представляет собой завершённый, самостоятельный научный труд, решающий важную проблему в области геоэкологии. Некорректных заимствований и других нарушений научной этики в нем не обнаружено. Текст диссертации четко структурирован и логично изложен, написан ясным, профессионально грамотным языком, дает достаточно полное представление о выполненном исследовании.

Автореферат диссертации отражает основное содержание исследования, а его структура включает все необходимые элементы.

Высоко оценивая результаты данного диссертационного исследования и признавая заслуги его автора, в то же время считаем необходимым отметить некоторые замечания и пожелания:

1. В диссертации не представлен расчет предотвращенного экологического ущерба и ожидаемого экономического эффекта (хотя бы ориентировочного) в результате внедрения предлагаемых технологических решений.
2. В качестве объектов исследования достаточно подробно изучались шлаки и зола от сжигания ТКО. Почему при расчете потенциала секвестрации выбросов дымовых газов мусоросжигательного завода в п. 5.3 произведен расчет только применительно к карбонизации шлаков?
3. Как процесс брикетирования, или формирования компактов, с применением лигносульфоната повлияет на потенциал карбонизации? Возможно ли в качестве вяжущего использовать другие отходы, в том числе МСЗ.
4. Из схемы на рис. 10 автореферата и 5.7. диссертации не совсем ясно, как будет организована технология ускоренной карбонизации, какая требуется подготовка шлаков — охлаждение, сегрегация, классификация, обработка реагентами и т.д. Как будет принудительно организовываться продувка газом?
5. В диссертации не раскрыты границы применимости полученных результатов (возможность их переноса на иные типы шлаков/зол и другие исходные условия).

Все указанные замечания и пожелания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки представленной к защите работы.

Диссертационная работа Воробьева К.А. «Обоснование технологии депонирования углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твердых коммунальных отходов» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой на

основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические решения депонирования углеродсодержащих выбросов шлаками от сжигания твердых коммунальных отходов. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности 1.6.21 «Геоэкология» (технические науки) в части п. 17; отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в актуальной редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Воробьев Кирилл Александрович заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. «Геоэкология» (технические науки).

**Официальный оппонент:**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры безопасности и экологии горного производства  
Федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования «Национальный  
исследовательский технологический университет «МИСИС»

**Чмыхалова Светлана Валерьевна**

  
\_\_\_\_\_ подпись

«18» февраля 2026 г.

Адрес: 19049, г. Москва, Ленинский пр., д. 4  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»  
Тел. 8(499)230-25-56; e-mail: chmykhalova.sv@misis.ru

Я, Чмыхалова Светлана Валерьевна,  
даю согласие на включение в документы и обработку персональных данных, связанных с  
работой диссертационного совета 24.1.096.01 по защите диссертаций на соискание ученой  
степени кандидата наук, на соискание степени доктора наук, созданного при ФГБУН  
Институте проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В. Мельникова  
Российской академии наук (ИПКОН РАН), г. Москва.

Подпись оппонента, к.т.н., доцента Чмыхаловой С.В. заверяю

Проректор НИТУ МИСИС по безопасности  
и общим вопросам

И.М. Исаев

«18» 02 2026 г.



**Список опубликованных научных трудов к.т.н., доцента  
Чмыхаловой Светланы Валерьевны**

1. Лубенская Н.А., Чмыхалова С.В., Гришин В.Ю. Предпосылки для формирования и развития рынка услуг по рекультивации нарушенных земель // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021, № 10-1. – С. 88-100.
2. Чмыхалова С.В. Разработка основ методологии учета аэрологических рисков при работе транспортных машин с двигателями внутреннего сгорания // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021, № 10-1. – С. 74-87.
3. Chmykhalova S.V. Effectiveness evaluation of mining as a natural and technical system with a decrease in the content of a useful component of the ore-raw material base // Eurasian mining. – 2021, № 2. – P. 36-40.
4. Chmykhalova S.V. Toward a reclamation effort estimation procedure for open pit mines // Eurasian Mining. – 2023, № 1. – С. 83-85.
5. Чмыхалова С.В., Гришин В.Ю., Пыталев И.А. Рекультивация нарушенных горным производством земель с учетом особенностей отвода земель под предприятия горной промышленности // Безопасность труда в промышленности. – 2023, № 4. – С. 28-33.
6. Горбачева В.Д., Чмыхалова С.В. Оценка качества медно-никелевых руд талнахского месторождения // Горный журнал. – 2023, № 6. – С. 68-72.
7. Чмыхалова С.В., Гришин В.Ю., Пыталев И.А. Проблемы угледобывающей отрасли, жизненный цикл предприятий по добыче угля и последующая рекультивация нарушенных земель // Уголь. – 2023, № 1 (1163). – С. 70-75.
8. Чмыхалова С.В., Алкинани Ф.Д.С., Травин И.А., Коновалов Д.И. Системный подход и современные решения в сфере обращения отходов для социально-экономического управления природопользования // Прогрессивная экономика. – 2024, № 10. – С. 117-132.
9. Чмыхалова С.В., Алкинани Ф.Д.С., Коновалов Д.И. Материальный баланс системы "отходы потребления - сырье - готовая продукция" // Инженерный вестник Дона. – 2024, № 5 (113). – С. 729-746.
10. Алкинани Ф.Д.С., Чмыхалова С.В. Совершенствование системы сбора коммунальных отходов в городах России и республики Ирак // Инженерный вестник Дона. – 2025, № 2 (122). – С. 559-573.
11. Алкинани Ф.Д.С., Чмыхалова С.В. Внедрение системы обращения с отходами (ТКО) и трансформация ее в экологическую безопасность региона // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2025, № 12 (специальный выпуск 31). – С. 3-16.