

**ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ
И АГРОХИМИИ**

**СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПА СО РАН)**

630090 Новосибирск 90, проспект
Академика Лаврентьева, д. 8/2
Для телеграмм: Новосибирск 90, Почва
Тел/факс: (383) 363-90-25
E-mail: soil3639025@mail.ru
ИНН 5406015286

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФГБУН ИПА СО РАН

д-р.биол.наук

В.А. Андроханов

« 2 »

09

2025 г.



08.09.2025 № 15343-05-2171/168

На № _____ от _____

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертацию Хао Цзе «РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ УГЛЕЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ИХ РАЗМЕЩЕНИИ ИЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ», представляемую на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

Актуальность диссертационной работы Хао Цзе обусловлена тем, что угольная промышленность, оставаясь важнейшим элементом глобальной энергетики, порождает значительные и постоянно увеличивающиеся объемы отходов. Их длительное воздействие на окружающую среду представляет собой серьезную и системную проблему в рамках экологической политики России, остающуюся недостаточно изученной.

Диссертационное исследование Хао Цзе направлено на разработку методологического аппарата для прогнозирования и оценки такого воздействия, что особенно значимо в контексте ужесточения требований к промышленной безопасности. Традиционные подходы к обращению с отходами угольной промышленности сопряжены с рисками миграции токсичных макро- и микроэлементов, а также с генерацией кислых вод вследствие окисления сульфидных минералов. Таким образом, объективная оценка последствий размещения или применения отходов становится не только теоретической задачей, но и практической необходимостью для угледобывающих регионов.

Актуальность работы подчеркивается также существующим нормативно-методическим пробелом. В то время как национальный стандарт ГОСТ Р 58914–2020 регламентирует статические тесты для оценки потенциальных рисков отходов, для прогнозирования долговременного поведения отсутствуют стандартизированные методики кинетических тестов. Работа Хао Цзе направлена на восполнение этого пробела.

Разработанные и внедрённые ею методики и рекомендации, успешно апробированные на действующих угледобывающих предприятиях России, подтверждают востребованность проведенных исследований.

Анализ качества диссертационной работы показал, что текст изложен на 122 страницах стандартного машинописного текста, включает введение, 6 глав с 42 таблицами и 31 рисунком, заключение, перечень литературы, который содержит 126 источников, из них – 86 зарубежных, и приложение. Результаты диссертационного исследования опубликованы соискателем в 10 научных работах, включая 4 статьи в международных базах Scopus и WoS, в том числе – 2 статьи в изданиях, включенных в рекомендуемый ВАК перечень.

Объектом исследования диссертационной работы являются отходы добычи углей – вскрышные и вмещающие породы. Для проведения исследований пробы пород были отобраны не в местах их складирования, а в местах образования – непосредственно на уступах добычных карьеров на месторождениях, относящихся к Канско-Ачинскому и Буреинскому (Ургальское месторождение) угольным бассейнам. Такой способ отбора, по мнению автора, позволяет избежать искажения информации о составе проб и его воздействии на окружающую среду, которое неизбежно при отборе проб из мест складирования. Образцы были подобраны таким образом, чтобы контрастно различаться по содержанию серы – ключевого фактора, определяющего потенциальную опасность отходов.

Методы исследования. Представляемая работа направлена на решение задачи методического обеспечения прогнозирования долговременного поведения отходов угледобычи. Цель работы – экспериментальное моделирование. В связи с этим соискателем были использованы не только необходимые стандартные методы анализа, такие как рентгеновский дифракционный и флуоресцентный анализы, атомно-абсорбционная и атомно-эмиссионная спектрометрия, капиллярный электрофорез, методы определения химического состава отходов и водных вытяжек, но и лабораторные эксперименты. Бесспорно, сильнейшей стороной работы является разработка и внедрение авторской ноу-хау методики оценки долговременного воздействия отходов на окружающую среду, а также стандарта организации для оценки потенциала нейтрализации в отходах добычи и обогащения минерального сырья.

Научная новизна исследования. Автор подробно проанализировал состояние проблемы и выявил различные методические подходы при реализации методов оценки долговременного воздействия вскрышных и вмещающих пород, отходов добычи и переработки рудного сырья и т.п. на водные объекты. Критический анализ литературных источников позволил автору сформулировать основные задачи работы.

Еще при анализе литературных источников автором была затронута проблема отбора проб для реализации разных вариантов кинетических тестов. Для исследования автором были выбраны типичные осадочные вскрышные породы, отличающихся по минеральному и химическому составу, в том числе по содержанию серы. Отбор этих проб был произведен

либо непосредственно из массива, либо сразу после проведения взрывных работ. Это полностью исключало влияние атмосферных воздействий на образцы и обеспечивало их представительность.

Автор предложил новую оригинальную методологию исследований, включающую подробное изучение минерального и химического состава горных пород, оценку мобильности основных загрязняющих элементов по стандартному статическому тесту, экспериментальное моделирование поведения горных пород в условиях одновременного протекания процессов окисления минералов и их выщелачивания. В результате проведенных исследований автором были получены новые результаты и закономерности, в том числе: выявлено влияние содержания серы в породах на риски образования кислых вод и состав приоритетных загрязнителей; установлено, что длительное нахождение проб пород в условиях повышенной влажности и полного доступа кислорода приводит к окислению серосодержащих минералов, последовательному уменьшению содержания серы и экстремальному изменению мобильности макро- и микроэлементов в составе породы; экспериментальное моделирование долговременной вымываемости пород на основе разработанного кинетического теста позволило выявить экстремальное изменение показателей, отражающих воздействие серосодержащей породы на водные объекты при длительном размещении; впервые показано, что вымывание водорастворимых элюатов из серосодержащей вскрышной породы, приводит к ускорению и увеличению глубины процессов окисления серосодержащих минералов. В результате установлено, что наибольшее негативное воздействие серосодержащей породы реализуется на начальных этапах ее размещения; по мере вымывания водорастворимых веществ воздействие породы на окружающую среду снижается, что проявляется в уменьшении мобильности макро- и микроэлементов и рисков образования кислых вод.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов определена тематикой проведенного исследования и заключается в следующем. Работа вносит вклад в фундаментальные знания о процессах, протекающих в отходах угледобычи при их длительном взаимодействии с атмосферной влагой и газами. Установленные закономерности изменения мобильности макро- и микроэлементов, кинетики окисления сульфидов и трансформации потенциала кислотопродуцирования представляют теоретическую ценность для развития наук о Земле, геоэкологии и химической технологии. Практическая значимость работы заключается в разработке и внедрении конкретных продуктов:

- «Методика оценки долговременного воздействия отходов на окружающую среду» (зарегистрирована в Депозитарии ноу-хау НИТУ «МИСиС»).
- Стандарт организации СТО 1–ФХУ–2024 «Оценка потенциала нейтрализации...».
- Рекомендации, используемые в Стандарте организации АО «Ургалуголь» (СТО 1-ОТ/2024).

Применение полученных результатов и продуктов на действующем предприятии угольной промышленности является убедительным доказательством востребованности и

практической ценности проведенного исследования. Такой уровень характеризует работу с наилучшей стороны.

Достоверность результатов исследования, степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена экспериментальными исследованиями на пробах вскрышных пород, отобранных на участках добычи стандартизированными методами; применением апробированных и модифицированных методик и стандартов для оценки долговременного воздействия отходов; использованием современного сертифицированного оборудования с высокими метрологическими характеристиками.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы. Разработанные в рамках диссертационной работы рекомендации по порядку опробования отходов используются в действующем на предприятии АО «Ургалуголь» Стандарте организации «Методика отбора вскрышных пород в местах их образования» (СТО 1-ОТ/2024) для оценки классификационных признаков вскрышных и вмещающих пород в рамках производственного экологического контроля. Автором разработана программа тестирования отходов, образующихся при добыче углей для установления степени их долговременного воздействия на водные объекты, включающая: порядок отбора, подготовки и хранения проб; методы определения химического состава; предварительную оценку воздействия по статическому тесту и по потенциалу нейтрализации отходов; порядок принятия решения о необходимости проведения кинетического теста для установления степени долговременного воздействия. Полученные автором результаты работы могут быть использованы в деятельности научно-исследовательских, проектных и экспертных организаций для выявления возможных прямых, косвенных и иных экологических воздействий планируемой деятельности по размещению или использованию отходов добычи и переработки углей на окружающую среду, а также для прогноза изменения состояния окружающей среды, в том числе ее отдельных компонентов.

Замечания и вопросы к диссертационной работе.

1. В тексте диссертации и автореферата задачи исследования сформулированы в первой главе. Целесообразно продублировать формулировку задач во введении.

2. В разделе 1.2.2. (стр. 21, второй абзац), указывается, что «невыветрелые породы выделяют более низкие концентрации растворенных твердых веществ, чем выветрелые породы». А далее делается вывод, что «...невыветрелые породы имеют самый высокий экологический риск». Исходя из первого утверждения, наоборот, невыветрелые породы имеют низкий экологический риск.

3. Недостаточно четко обозначен район исследования. Фраза «...на месторождении бурого угля Канско-Ачинского бассейна...» (стр. 33 диссертации) не дает понимания на каком именно месторождении отобраны пробы? КАБ – обширный бассейн, включает

несколько десятков месторождений. Хотелось бы знать на каком именно месторождении отобраны пробы?

4. Замечание по объектам исследования. В разделе 2.1. (стр. 33 диссертации) упоминается предварительное опробование на месторождении бурого угля КАБ, по результатам которого выбраны конкретные две пробы (У1 и У2) с разным содержанием серы. Однако данные о размере выборки при предварительном опробовании не приводятся: из какого количества проб, в какой повторности были выбраны пробы У1 и У2? Согласно данным в разделе 3.2, в пробах У1 и У2 содержание серы составляет 0,03% и 1,63% соответственно. Почему именно эти две пробы, именно с таким содержанием серы выбраны для проведения эксперимента? По какой причине с одного месторождения взяты 2 пробы, а с другого (Ургальского) – только одна.

5. В тексте диссертации проигнорирован анализ естественного гранулометрического состава пород вскрыши и вмещающих пластов изученных месторождений. Этот параметр является ключевым при проведении рекультивации отвалов. Состав пород может существенно различаться даже в пределах одного пласта или участка добычного карьера. А в отвалы зачастую идет хаотичная смесь из скальных и глинистых пород. Как известно, удельная поверхность – один из ключевых параметров, определяющих скорость химических процессов, в том числе окисления сульфидов. Для эксперимента соискатель создал искусственно однородный материал с высокой удельной поверхностью. Это может затруднить экстраполяцию результатов кинетических тестов, полученных в лаборатории, на реальные условия, складывающиеся в местах не только хранения отходов, но и их образования. Кроме того, измельчение проб для эксперимента ставит под сомнение необходимость отбора проб на разных месторождениях. Учет грансостава, минералогического и химического состава пород разных месторождений позволил бы получить более интересные результаты.

6. В таблицах 3.8. (стр. 55) отсутствуют данные по соотношению AP/NP. В таблицах из главы 5 такие соотношения приведены выборочно, хотя риски образования кислых вод указываются во всех случаях. Как это объясняется?

7. Для проведения кинетического теста оптимально было бы использовать несколько проб с высоким содержанием серы, тогда выявленные тенденции по снижению количества серы при окислении можно было бы подтвердить статистически.

8. Отсутствует информация о количестве параллельных определений (n) и оценка статистической значимости наблюдаемых изменений. На имеющихся графиках представлены пределы погрешностей измерения, но не показаны доверительные интервалы. Введение элементарной статистической проверки гипотез сделало бы выводы более весомыми и убедительными.

9. Раздел 4.2. (стр. 58). Чем обусловлен выбор интервалов опробования при проведении испытаний? Почему интервалы неравномерны? Было ли это связано с наблюдаемой кинетикой процессов или с техническими возможностями?

10. Почему не были проведены определения минералогического состава проб в ходе кинетического теста? Тогда автор мог бы сделать выводы какой именно серосодержащий минерал и какими темпами окисляется и как это влияет на прогноз рисков образования кислых вод? Эти данные могли бы усилить теоретическую часть работы, а на практике – позволить уже на этапе статических тестов оценивать потенциал нейтрализации пород.

11. В таблице 3.8 (стр. 55), таблице 5.9 (стр. 95), на рисунке 6.1 (стр.100) для пробы У1 указан риск образования кислых вод. рН пробы составил меньше 7 (табл. 3.5., стр. 48). Для таких отходов рекомендуется проведение модифицированного кинетического теста. Однако, в выводах, п.5 (стр. 103) указывается, что для пород месторождения КАБ с низким содержанием серы (это проба У1) не требуется проведение модифицированного кинетического теста. Чем объясняется такое противоречие?

12. При проведении модифицированного кинетического теста интервал обработки пробы отличается от интервала простого кинетического теста. И если к длительности теста (25 недель) вопросов нет, поскольку в кинетическом тесте ключевые изменения произошли в период до 25 недель, то к размерам интервалов есть вопрос: почему не проводить обработку в камере с той же периодичностью, что и в кинетическом тесте? Это позволило бы сравнивать эффективность модифицированного метода. Общая претензия к проведению тестов – набор сравниваемых параметров, интервалы обработки должны быть сходными, что позволит корректно сравнивать результаты разных тестов.

13. Устойчивая высокая влажность (60%) и высокие температуры для естественных условий на территории России в целом не характерны, особенно на юге Европейской части и в Сибири, где располагаются обширные угольные бассейны. Описываемые условия больше характерны тропическому океаническому климату. Вероятно, реализация модифицированного метода будет географически ограничена.

Указанные замечания несколько снижают оценку, но не умаляют ценность диссертационной работы. Цели и задачи, поставленные соискателем, выполнены полностью. Актуальность и значимость полученных результатов не вызывает сомнений. Автор лично получил материалы работы, анализировал данные, участвовал в их обработке и публикации. Диссертация написана хорошим литературным языком, имеет достаточный иллюстративный материал в графической и табличной форме.

Аннотация полностью соответствует структуре диссертации и отражает ее содержание.

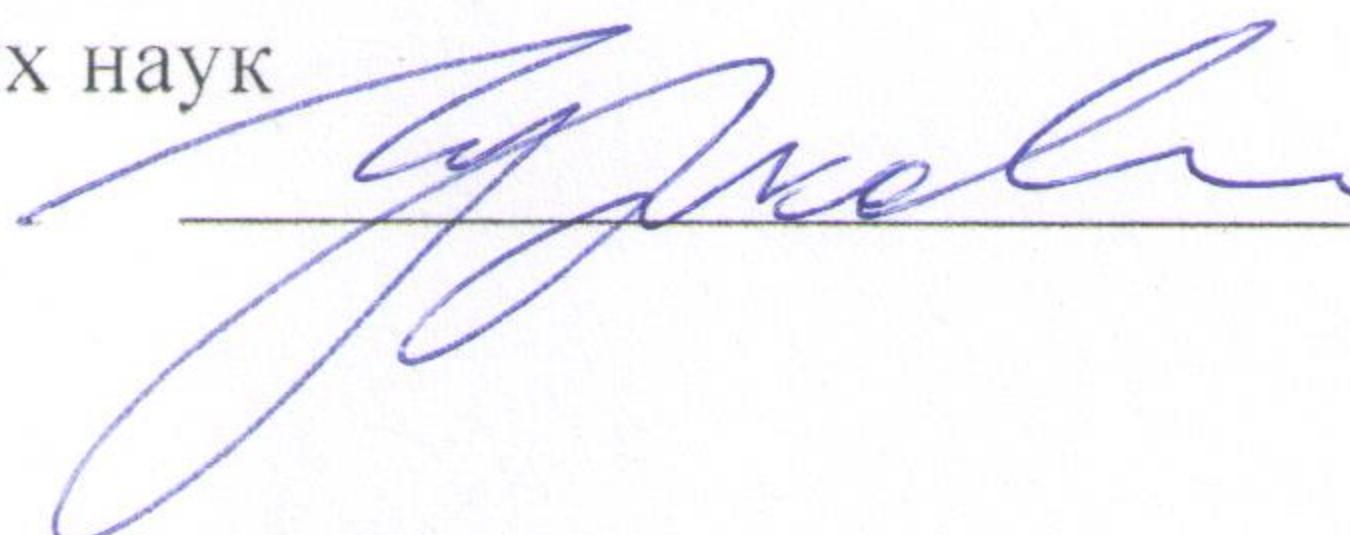
Заключение по диссертационной работе. Диссертация Хао Цзе «Разработка методов оценки долговременного воздействия отходов добычи углей на окружающую среду при их размещении или использовании для рекультивации» соответствует паспорту специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная научная задача разработки методического обеспечения для оценки долговременного воздействия вскрышных и вмещающих пород, образующихся при добыче

и переработке углей, на окружающую среду при их размещении или использовании для рекультивации.

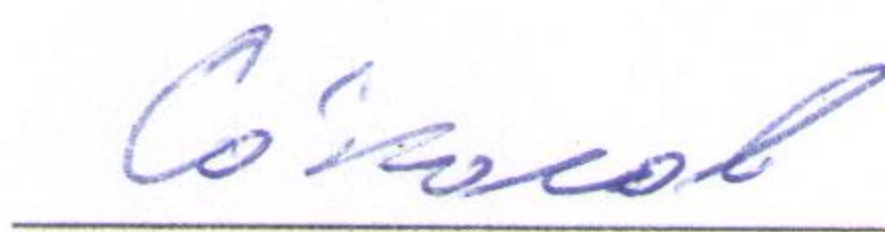
Содержание и структура диссертационной работы и автореферата соответствуют требованиям п. 2 «Положения о порядке присуждения ученых степеней НИТУ МИСИС», в том числе условиям пункта 2.6, а ее автор, Хао Цзе, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Диссертация и отзыв обсужден на заседании лаборатории рекультивации почв ФГБУН ИПА СО РАН 02.09.2025, протокол № 4.

Старший научный сотрудник
лаборатории рекультивации почв
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Институт почвоведения и агрохимии
Сибирского отделения РАН
кандидат биологических наук

 Гуркова Евгения Александровна

Заведующий лабораторией рекультивации почв
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Институт почвоведения и агрохимии
Сибирского отделения РАН
доктор биологических наук

 Соколов Денис Александрович

05.09.2025 г.

Почтовый адрес организации: 630090, Новосибирск, проспект Лаврентьева 8/2, телефон:
+7(383)363-90-25, e-mail: soil3639025@mail.ru

