

Заключение диссертационного совета МГУ.016.1
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от 19 декабря 2025 г. № 34

О присуждении Пэн Ичжоу, гражданину КНР,
ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Пороговые уровни загрязнения тяжёлыми металлами Cd, Pb и As красноцветных грунтов по данным фитотестирования (западная часть Сычуаньской впадины, Китай)» по специальности 1.6.21. Геоэкология принята к защите диссертационным советом 22.10.2025 г., протокол № 32.

Соискатель Пэн Ичжоу, 1995 года рождения, в 2021 году окончил магистратуру геологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по направлению «Экологическая геология». С 2021 по 2024 год обучался в очной аспирантуре геологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», в период с 01.10.2024 г. по 30.09.2025 г. для завершения работы над диссертацией был прикреплен к кафедре инженерной и экологической геологии геологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Соискатель в настоящее время не работает.

Диссертация выполнена на кафедре инженерной и экологической геологии геологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Научный руководитель:

– Григорьева Ия Юрьевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, доцент кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Официальные оппоненты:

– Лаврусевич Андрей Александрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой урбоэкологии экологического факультета ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»;

– Терехова Вера Александровна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры земельных ресурсов и оценки почв факультета почвоведения ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»;

– Галкин Александр Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры экологии и географии факультета химико-биологических и

географических наук Учреждения образования «Витебский государственный университет имени П. М. Машерова»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их компетентностью, значительным опытом работы в области геоэкологии, оценки влияния антропогенных факторов на экологическое состояние грунтов и методы его биодиагностики, а также наличием публикаций требуемого научного уровня за последние 5 лет и высокой степенью квалификации в области исследований, к которой относится диссертация соискателя. Все это позволяет им профессионально и компетентно оценить значимость, научную новизну и обоснованность защищаемых положений диссертации соискателя.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 5 работ, из них 5 статей опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности и отрасли наук:

1. **Peng Y.**, Grigorieva I. Yu. Purple soil inheritance and source of parent rock material and tectonic background in the Sichuan Basin, China // *Geology, Ecology, and Landscapes*. – 2025. – Vol. 9. – No. 2. – Pp. 718–731. Объем публикации: 1,2 п.л., объем вклада соискателя: 0,8 п.л. Импакт-Фактор 0,73 (SJR), <https://doi.org/10.1080/24749508.2023.2265125>.

2. **Peng Y.**, Grigorieva I. Yu. Prediction of the impact of ecological restoration technology on the restoration of heavy metal pollution in agricultural soil // *Geology, Ecology, and Landscapes*. – 2025. – Vol. 9. – No. 3. – Pp. 775–791. Объем публикации: 1,2 п.л., объем вклада соискателя: 0,9 п.л. Импакт-Фактор 0,73 (SJR), <https://doi.org/10.1080/24749508.2024.2328900>.

3. **Пэн И.**, Григорьева И. Ю. Причины унаследованности состава и свойств красноцветных грунтов современной коры выветривания в пределах западной части Сычуаньской впадины Китая // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. – 2024. – № 3. – С. 44–58. Объем публикации: 1,1 п.л., объем вклада соискателя: 0,7 п.л. Импакт-Фактор 0,43 (РИНЦ), EDN: SPQXSV.

4. **Peng Y.**, Grigorieva I. Yu. Assessment of heavy metal pollution on agricultural land in Chengdu city under different anthropogenic pressures based on APCS-MLR modelling // *Ecological Indicators*. – 2024. – Vol. 165. – Article No. 112183. Объем публикации: 1,5 п.л., объем вклада соискателя: 1,1 п.л. Импакт-Фактор 7,40 (JIF), <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112183>.

5. **Peng Y.**, Grigorieva I. Yu. Model multifactor analysis of soil heavy metal pollution on plant germination in Southeast Chengdu, China: Based on redundancy analysis, factor detector, and XGBoost–SHAP // *Science of the Total Environment*. – 2024. – Vol. 954. – Article No.

На автореферат поступило 10 дополнительных отзывов, все положительные.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований: реализован комплексный подход к выявлению источников накопления тяжёлых металлов (Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Hg) в красноцветных грунтах с применением моделей APCS-MLR, PMF и методов корреляционного анализа, что обеспечило принципиально новую дифференцированную оценку вклада природных и антропогенных факторов и позволило уточнить в пределах изучаемой территории пространственную структуру источников техногенного воздействия; разработан новый комплексный подход к эколого-геологическому анализу состава и свойств красноцветных грунтов, включающий интегрированную методику фитотестирования (на основе культур *Brassica. napus* L. и *Sorghum. bicolor* L.) в сочетании с многофакторными статистическими инструментами (RDA, XGBoost–SHAP), что позволило системно выявить и количественно подтвердить ведущую роль Cd и As в подавлении роста растений; определены пороговые концентрации (IC₅₀ и EC₁₅₀) содержания Cd, Pb и As при одиночном и смешанном загрязнении красноцветных грунтов, а также выявлена смена антагонистического взаимодействия металлов синергическим и аддитивным при повышенных дозах, что углубляет представления о совокупной токсичности исследуемых тяжёлых металлов и As; на примере грунтов с различным содержанием карбоната кальция (29 и 5 %) установлена ведущая роль CaCO₃ в снижении биодоступности и фитотоксичности As, Cd и Pb; раскрыты механизмы миграции и трансформации данных металлов в карбонат-содержащих красноцветных грунтах.

Теоретическая и практическая значимость заключается в том, что на основе анализа состава красноцветных грунтов западной части Сычуаньской впадины определены приоритетные загрязнители, установлены их источники и дана количественная оценка уровней загрязнения. Определены пороговые уровни токсичности (IC₅₀ и EC₁₅₀) при одиночном и смешанном воздействии, что позволило подтвердить ведущую роль Cd, Pb и As в ингибировании роста растений и обосновать их использование в качестве ориентиров для последующих фиторемедиационных исследований. Применение для фитотестирования распространённых в регионе культур — рапса и сорго — обеспечивает практическую возможность упрощённой оценки степени загрязнения и повышения эффективности мониторинга, а полученные результаты могут служить научной основой для разработки региональных экологических нормативов. Сформирована модель миграции и

биологической доступности Cd, Pb и As в красноцветных грунтах с учётом их химико-минерального состава, уточняющая механизмы действия многокомпонентного загрязнения в системе «грунт–растение». Учет установленных дозо-эффектных зависимостей при комбинированном воздействии тяжёлых металлов повышает точность прогнозирования токсичности и способствует совершенствованию экотоксикологических подходов. Выявлена регуляторная роль CaCO_3 в биологической доступности Cd, Pb и As, что открывает возможности для оптимизации методов восстановления территорий, в пределах которых встречаются загрязнённые красноцветные грунты.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Красноцветные грунты в пределах западной части Сычуаньской впадины широко загрязнены тяжелыми металлами, их содержание превышает фоновые значения, достигают пороговых уровней. Основными источниками повышенного содержания Cr, Cu и Pb является унаследованность состава красноцветных грунтов от исходных пород и органические удобрения сельскохозяйственных животных; As и Cd – применение пестицидов и минеральных удобрений; Zn и Ni – промышленные сточные воды.

2. Существующий в данный момент состав, состояние и свойства красноцветных грунтов в западной части Сычуаньской впадины значительно подавляют рост рапса (*B. Napus* L.) и сорго (*S. bicolor* L.). Основные факторы воздействия — содержание мышьяка (As) и кадмия (Cd), а также карбоната кальция (CaCO_3).

3. Пороговые уровни загрязнения красноцветных грунтов Cd, Pb и As в условиях одиночного и смешанного загрязнения зависят от содержания CaCO_3 . В грунте с высоким содержанием CaCO_3 (29 %) одиночное загрязнение Cd ($1\text{--}20 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$) стимулирует рост рапса, тогда как влияние на сорго незначительно. Pb ($100\text{--}2000 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$) и As ($20\text{--}500 \text{ мг}\cdot\text{кг}^{-1}$) индуцируют дозозависимое ингибирование. При смешанном загрязнении ингибирование роста усиливается, при этом смеси с As наиболее токсичны. В грунте с низким содержанием CaCO_3 (5 %) все пороговые уровни ниже, ингибирующий эффект проявляется на ранних стадиях.

4. Механизм воздействия Cd, Pb и As на культуры высших растений при одиночном и смешанном загрязнении существенно различается в красноцветных грунтах с разным содержанием CaCO_3 , что приводит к различиям при оценке фитотоксичности. При одиночном загрязнении Cd, Pb и As оказывают специфическое воздействие, тогда как при смешанном загрязнении ионы этих металлов конкурируют за связывание с Ca^{2+} и CO_3^{2-} , образуя комплексы, изменяющие их ионную активность и вызывающие в растениях ответные реакции, связанные с антагонистическими, синергетическими или аддитивными взаимодействиями.

На заседании 19 декабря 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Пэн Ичжоу ученую степень кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.6.21. Геоэкология, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета МГУ.016.1,
доктор геол.-мин. наук, профессор

Трофимов В.Т.

Ученый секретарь
диссертационного совета МГУ.016.1,
доктор геол.-мин. наук, доцент

Харитонов Н.А.

19 декабря 2025 г.