

**ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на диссертационную работу Пэн Ичжоу**

**«Пороговые уровни загрязнения тяжёлыми металлами Cd, Pb и As
красноцветных грунтов по данным фитотестирования
(западная часть Сычуаньской впадины, Китай)»,
представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических
наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология**

Пэн Ичжоу после окончания с отличием магистратуры Геологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова по направлению «Экологическая геология» в 2021 г. поступил в очную аспирантуру на кафедру инженерной и экологической геологии того же факультета, которую окончил в 2024 г., где сосредоточился на изучении загрязнения грунтов тяжёлыми металлами и применении фитотестирования для их изучения.

Диссертационная работа *Пэн Ичжоу* представляет собой завершённое научное исследование, направленное на решение актуальной для геоэкологии задачи — количественной оценки загрязнения красноцветных грунтов тяжёлыми металлами (Cd, Pb и As) в западной части Сычуаньской впадины методами фитотестирования. В работе выполнен анализ литературных источников, посвящённых составу, свойствам и специфике красноцветных грунтов, рассмотрены существующие подходы к их токсикологической оценке и нормированию, а также обоснованы методические возможности фитотестирования в условиях многокомпонентного загрязнения с учётом вариаций содержания CaCO_3 . Проведена лабораторная характеристика репрезентативной серии образцов; осуществлены фитотесты с использованием рапса (*Brassica napus* L.) и сорго (*Sorghum bicolor* L.) как на исходных образцах, так и при их модельном загрязнении; построены кривые «концентрация–эффект» и количественно определены пороговые уровни токсичности для отдельных металлов и их сочетаний. Особое внимание уделено анализу влияния содержания CaCO_3 на токсичность Cd, Pb и As и на ростовые реакции тест-культур. Обсуждены закономерности миграции, трансформации и взаимодействия данных элементов в системе «грунт–растение», имеющие существенное эколого-геохимическое значение. Исследование отличается системным и прикладным характером: выполнена оценка уровней загрязнения и факторов их формирования в пределах исследуемой территории; выделены приоритетные загрязнители и показана их токсическая значимость для сельскохозяйственных культур; полученные количественные пороговые уровни обладают практической значимостью для задач экологического мониторинга, риск-ориентированной стратификации территорий и совершенствования процедур экологической оценки на региональном уровне.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. 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.

2. Разработан новый комплексный подход к эколого-геологическому анализу состава и свойств красноцветных грунтов, включающий интегрированную методику фитотестирования (на основе культур *B. napus* L. и *S. bicolor* L.). В сочетании с многофакторными статистическими инструментами (RDA, XGBoost-SHAP) это позволило системно выявить и количественно подтвердить ведущую роль Cd и As в подавлении роста растений.

3. Определены пороговые концентрации (IC_{50} и EC_{150}) Cd, Pb и As при одиночном и смешанном загрязнении красноцветных грунтов, выявлена смена антагонистического взаимодействия металлов синергическим и аддитивным при повышенных дозах, что углубляет представления о совокупной токсичности исследуемых тяжёлых металлов и As.

4. На примере грунтов с различным содержанием карбоната кальция (29 и 5%) установлена ведущая роль $CaCO_3$ в снижении биодоступности и фитотоксичности Cd, Pb и As; раскрыты механизмы миграции и трансформации данных металлов в карбонат-содержащих красноцветных грунтах.

Практической значимостью диссертационной работы Пэн Ичжоу является то, что:

1. На основе анализа состава красноцветных грунтов из района Сычуаньской впадины определены приоритетные загрязнители, выявлены их источники и проведена оценка существующих уровней загрязнения.

2. Рассчитаны пороговые уровни токсичности (IC_{50} и EC_{150}) при одиночном и смешанном загрязнении, которые позволили подтвердить ключевую роль Cd, Pb и As в угнетении роста растений и служат ориентиром для последующего проведения работ по фиторемедиации.

3. Использование для фитотестирования широко культивируемых в рассматриваемом регионе культур (рапса и сорго) позволит упростить оценку уровня загрязнения и повысить эффективность мониторинга, а полученные в работе результаты могут быть применены при разработке региональных экологических стандартов.

4. Сформирована модель миграции и биологической доступности Cd, Pb и As в красноцветных грунтах с учётом их химико-минерального состава, что проясняет механизмы влияния многокомпонентного загрязнения в системе «грунт–растение».

5. Учёт выявленных «дозо–эффектных» соотношений при совместном воздействии тяжёлых металлов повышает точность прогноза загрязнения и позволяет совершенствовать экотоксикологические подходы.

6. Установлена регуляторная роль CaCO_3 в биодоступности Cd, Pb и As, что даёт возможность оптимизировать методы восстановления территорий распространения загрязнённых красноцветных грунтов.

Основные результаты исследований доложены на Всероссийских и международных конференциях, опубликованы в 5 статьях, все из которых в рецензируемых научных изданиях, признанных Диссертационным советом МГУ имени М.В.Ломоносова.

В ходе выполнения диссертационной работы Пэн Ичжоу проявил себя как самостоятельный исследователь с высокой методологической культурой и чёткой исследовательской логикой. Терпеливость, настойчивость и внимание к деталям обеспечили качественное выполнение объемного и научно значимого исследования с воспроизводимыми результатами. Следует отметить, что в работе получены количественные пороговые уровни и разработана система их интерпретации, которые обладают значимой научной ценностью и практическим значением: с одной стороны, они могут быть использованы для мониторинга, идентификации рисков и дифференцированного управления загрязнением красноцветных грунтов тяжёлыми металлами в западной части Сычуаньской впадины (Китай); с другой стороны, они предоставляют верифицируемые количественные доказательства для обоснования и разработки региональных предельно допустимых концентраций (ПДК) для сельскохозяйственных земель и сопутствующих нормативных стандартов.

Представленная диссертация выполнена автором лично и является завершённой научно-квалификационной работой. Работа *Пэн Ичжоу* отвечает всем критериям и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно Положению о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, и может быть рекомендована к защите в диссертационном совете на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Доцент кафедры инженерной и
экологической геологии
геологического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова,
кандидат геол.-минерал. наук

И.Ю. Григорьева

По
Зав

Почтовый адрес: 119234 Москва, ГСП-1,
Ленинские горы, МГУ, Геологический факультет, кафедра инженерной и экологической
геологии.

Тел.: (495) 939-15-22; e-mail: grigorievaiy@my.msu.ru

28.04.2025

Я, Григорьева И.Ю., даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.