

Review

of the PhD dissertation abstract by Peng Yizhou, titled “*Thresholds of purple soil contamination by heavy metals Cd, Pb and As based on phytotesting (the Western Sichuan Basin, China)*”, submitted for the degree of Candidate of Geological and Mineralogical Sciences (PhD equivalent) in specialty 1.6.21 – Geoecology.

The dissertation addresses the ecological risk of Cd, Pb, and As contamination in purple soils of the western Sichuan Basin. The central objective is to establish contamination thresholds based on phytotesting and to interpret their dependence on soil genesis, mineralogical background, and exposure conditions.

Two representative soil types differing in carbonate content and two agricultural crops (rapeseed and sorghum) were used as model systems. Under standardized laboratory conditions, the author examined dose–response relationships for Cd, Pb, and As under both single and combined exposure scenarios, deriving threshold values applicable to environmental management. The research design is methodologically consistent: regional background characterization of soils is followed by controlled laboratory plant testing, nonlinear dose–effect modeling, and evaluation of metal interactions using dimensionless toxic-unit indices. The logical framework—from regional context to threshold definition and management implications—is coherent and complete.

The geological and geomorphological context is presented adequately. The author demonstrates how parent-rock inheritance, carbonate background, and monsoonal processes determine the dual nature of local purple soils—susceptibility to external inputs and specific geochemical behavior. The work convincingly argues that unified background values and total concentration limits cannot reflect the actual ecological risk to crops, and that regionally adjusted, plant-effect-based thresholds provide a more realistic and operational framework.

The experimental design is systematic and balanced. Two soil types act as natural contrasts, while interspecies and inter-organ comparisons reveal sensitivity patterns. For single-element exposure, standard dose–effect models identify stimulation and inhibition ranges; for mixed contamination, the toxic-unit approach distinguishes antagonistic, additive, and synergistic interaction domains. Relative growth rate and observed plant parameters validate model outputs, ensuring analytical robustness. The author correctly interprets thresholds as conditional, varying with soil type, crop, and organ, rather than as fixed constants—an approach consistent with modern ecotoxicological methodology.

The key results are internally consistent. In carbonate-rich purple soils, effective toxicity of heavy metals decreases, and threshold levels increase accordingly. Cadmium exhibits a biphasic response in rapeseed—low-dose stimulation and high-dose inhibition—while Pb and As show predominantly inhibitory effects, with roots being more sensitive than shoots. Under combined exposure, interaction types vary with concentration and combination, shifting between antagonism, additivity, and synergy, depending on ion competition and soil chemical binding. These findings, supported by both experimental and model data, explain the variation in metal activity under identical nominal concentrations across soils of different genesis.

The study's novelty lies in three points:

- (1) thresholds are contextualized within the framework *parent rock – mineral composition – ion activity – plant response*, providing geochemical justification for their variability;
- (2) multmetal interactions are quantified through validated composite indices rather than theoretical assumptions;
- (3) threshold spectra are linked to crop and organ specificity, forming a practical tool for agroecological assessment.

Reliability is ensured through transparent sampling, standardized laboratory protocols, and statistically sound modeling. Results are consistent with the regional geological–mineralogical context and mineral–chemical trends and have been verified through peer-reviewed publications and conference presentations. The author maintains academic precision and avoids unsupported mechanistic generalizations.

Minor improvements could include additional mechanistic characterization (e.g., selective extraction or quantitative mineralogy) to further link threshold values with metal speciation, and broader validation across crop types and time scales to extend applicability. These comments are advisory and do not affect the overall evaluation.

In conclusion, the dissertation is scientifically sound, methodologically rigorous, and contributes significantly to the understanding of heavy-metal threshold behavior in purple soils. The work provides a practical basis for differentiated ecological assessment and management strategies in regions with contrasting carbonate backgrounds.

The dissertation meets the requirements of Lomonosov Moscow State University for awarding the degree of Candidate of Geological and Mineralogical Sciences in specialty 1.6.21 – Geoenvironmental Sciences, and the author deserves the conferral of the degree.

Reviewer's Information:

Full name: Cai Lingling

Academic degree: Doctor of Philosophy

Academic title: Associate Professor

Position: Vice Chair of the department

Department / Structural division: School of Engineering

Full institution name: China University of Petroleum - Beijing at KARAMAY

Institution address (postal code, city, street, building): 834000 No. 355, Anding Road, Karamay District, Karamay, Xinjiang Uygur Autonomous Region

Institution website: <https://www.cupk.edu.cn/>

Work email:

Work phone:

Statement of Consent:

I, Cai Lingling (full name of the reviewer), hereby give my consent to the inclusion of my personal data in the documents related to the work of the Dissertation Council and to their subsequent processing.

“28”“11” 2025

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пэн Ичжоу

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

Диссертация посвящена оценке экологического риска загрязнения кадмием (Cd), свинцом (Pb) и мышьяком (As) красноцветных грунтов западной части Сычуаньской впадины. Центральная цель работы — установить пороговые уровни загрязнения на основе фитотестирования и интерпретировать их зависимость от генезиса грунтов, минералогического фона и условий воздействия.

В качестве модельных систем использованы два репрезентативных типа грунтов, различающихся по содержанию карбонатов, и две сельскохозяйственные культуры (рапс и сорго). В стандартизованных лабораторных условиях автор исследовал зависимости «доза-эффект» для Cd, Pb и As как при раздельном, так и при совместном воздействии, получив пороговые значения, применимые в практике экологического регулирования. Исследовательский дизайн методологически последователен: характеристика регионального фона грунтов сменяется контролируемыми лабораторными фитотестами, нелинейным моделированием дозо-эффектных зависимостей и оценкой взаимодействия металлов с использованием безразмерных индексов токсических единиц. Логическая схема — от регионального контекста к определению порогов и выводам для природопользования — является последовательной и завершённой.

Геологический и геоморфологический контекст представлен адекватно. Автор показывает, как наследие пород-матриц, карбонатный фон и муссонные процессы определяют двойственную природу местных красноцветных грунтов — их восприимчивость к внешнему поступлению загрязнителей и специфическое геохимическое поведение. Работа убедительно показывает, что унифицированные фоновые значения и предельно допустимые суммарные концентрации не отражают реальный экологический риск для сельскохозяйственных культур, и что регионально адаптированные пороговые уровни, основанные на эффекте для растений, формируют более реалистичную и практически применимую основу.

Экспериментальный дизайн является системным и сбалансированным. Два типа грунтов выступают в роли естественных контрастов, а межвидовые и межорганные сравнения позволяют выявить закономерности чувствительности. При воздействии отдельных элементов стандартные дозо-эффектные модели выделяют диапазоны стимуляции и ингибиции; при смешанном загрязнении подход токсических единиц позволяет различать области антагонистических, аддитивных и синергетических взаимодействий. Относительная скорость роста и наблюдаемые параметры растений используются для валидации модельных результатов, что обеспечивает аналитическую надёжность выводов. Автор справедливо трактует пороговые уровни как условные величины, изменяющиеся в зависимости от типа грунта, культуры и органа растения, а не как фиксированные константы, что соответствует современной экотоксикологической методологии.

Ключевые результаты внутренне согласованы. В карбонат содержащих красноцветных грунтах эффективная токсичность тяжёлых металлов снижается, и

соответствующие пороговые уровни возрастают. Кадмий проявляет двухфазный эффект в отношении рапса — стимуляция при низких дозах и ингибирирование при высоких, тогда как Pb и As оказывают преимущественно подавляющее действие, при этом корни более чувствительны, чем ростки. При совместном воздействии тип взаимодействия изменяется в зависимости от уровня и сочетания концентраций, смещаясь между антагонизмом, аддитивностью и синергизмом в зависимости от конкуренции ионов и их химического связывания в грунте. Полученные результаты, подтверждённые как экспериментальными данными, так и модельными расчётами, объясняют различия в активности металлов при одинаковых номинальных концентрациях в грунтах различного генезиса.

Научная новизна работы заключается в трёх положениях:

(1) пороговые уровни рассматриваются в рамках последовательности «порода-матрица – минеральный состав – ионная активность – ответ растения», что обеспечивает геохимическое обоснование их изменчивости;

(2) многокомпонентные взаимодействия металлов количественно оцениваются с помощью апробированных комплексных индексов, а не на основе теоретических допущений;

(3) спектры пороговых значений увязаны со специфичностью сельскохозяйственных культур и органов растений, что формирует практический инструмент агроэкологической оценки.

Надёжность полученных результатов обеспечивается прозрачной схемой отбора проб, стандартизованными лабораторными протоколами и статистически корректным моделированием. Результаты согласуются с региональным геолого-минералогическим контекстом и минерало-химическими тенденциями и подтверждены публикациями в рецензируемых изданиях и докладами на научных конференциях. Автор выдерживает высокую академическую точность и избегает ничем не подкреплённых механистических обобщений.

В качестве возможного направления для уточнения результатов можно отметить более детализированную механистическую характеристику (например, с использованием селективного извлечения или количественной минералогии) для более тесной привязки пороговых значений к формам нахождения металлов, а также более широкую валидацию на разных видах сельскохозяйственных культур и временных масштабах для расширения области применимости полученных выводов. Указанные замечания носят рекомендательный характер и не влияют на общую оценку работы.

В заключение следует отметить, что диссертация является научно обоснованной, методологически строгой и вносит существенный вклад в понимание порогового поведения тяжёлых металлов в красноцветных грунтах. Представленная работа формирует практическую основу для дифференцированной экологической оценки и разработки стратегий управления в области природопользования и агроэкологии в регионах с контрастным карбонатным фоном.

Работа соответствует требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Сведения о оппоненте:

ФИО автора отзыва (полностью): Цай Линлин

ученая степень: Кандидат технических наук

ученое звание: Доцент

должность: Заместитель заведующего кафедрой

Структурное подразделение организации: Инженерный факультет
Полное наименование организации: Китайский нефтяной университет (Пекин) в г. Карамай
Адрес организации (индекс, город, улица, дом): 834000, КНР, Синьцзян-Уйгурский автономный район, г. Карамай, район Карамай, ул. Андин, д. 355
Интернет-сайт организации: <https://www.cupk.edu.cn/>
e-mail автора отзыва (рабочий): cailinlin@cupk.edu.cn
телефон автора отзыва (рабочий)

Заявление о согласии:

Я, Цай Линлин, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Дата: 28. ноября 2025 г.

/Печать/ Китайский нефтяной
университет (Пекин),
Карамайский кампус,
Инженерный факультет,
6502030053740

/Подпись/ Цай Линлин

Перевод данного текста сделан мной, переводчиком Ромашкиной Натальей Викторовной

Российская Федерация

Город Москва

Восьмого декабря две тысячи двадцать пятого года

Я, Квитко Федор Александрович, нотариус города Москвы, свидетельствую подлинность подписи переводчика Ромашкиной Натальи Викторовны.

Подпись сделана в моем присутствии.

Личность подписавшего документ установлена.

Зарегистрировано в реестре: № 62/137-н/77-2025- 94-3364

Уплачено за совершение нотариального действия: 400 руб. 00 коп.

Ф.А. Квитко

Всего прошнуровано, пронумеровано и скреплено печатью 6 лист(а)(ов)

Нотариус