

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

ЗАМУЛИНОЙ ИННЫ ВАЛЕРЬЕВНЫ

«Трансформация свойств гидроморфных почв под влиянием длительного техногенного загрязнения тяжёлыми металлами»,
представленную на соискание ученой степени **кандидата** биологических наук
по специальности 1.5.19 – Почвоведение (биологические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования. Тема является актуальной, так как сочетает фундаментальный интерес к почвенным процессам с острой практической потребностью в инструментах для оценки и минимизации экологических рисков в зонах техногенного воздействия.

Функционирование почв, сформированных на загрязнённых техногенных отложениях, определяется уровнем полиэлементного загрязнения, физико-химическими, минералогическими и органоминеральными свойствами, влияющими на закрепление, миграцию и подвижность тяжелых металлов. В условиях постоянного или периодического переувлажнения почвы (пойменные, болотные, аллювиальные) особенно восприимчивы к накоплению поллютантов: вода способствует миграции загрязнителей, а восстановительные условия в профиле препятствуют их трансформации в менее опасные формы. В итоге в гидроморфных почвах формируются устойчивые техногенные геохимические аномалии, и процессы самоочищения идут слабо. Изучение того, как именно длительное загрязнение меняет их свойства (физико-химические, биологические), помогает понять механизмы этого накопления и оценить риски. В связи с этим актуальным является комплексное изучение техногенно нарушенных почв бывших шламонакопителей и разработка подходов к оценке их устойчивости, буферной способности и экологического состояния в условиях длительного загрязнения. Для понимания природы происходящих процессов необходимо иметь знать, какие компоненты техногенно

сформированной гидроморфной почвенной системы определяют её устойчивость в условиях длительного полиэлементного загрязнения, что определяет не только современное экологическое состояние таких почв, но и риск вторичной мобилизации загрязняющих веществ при изменении гидрологических условий.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается большим объемом полевых данных, корректностью методологии проведенных исследований и репрезентативностью использованных методов. Выводы четко сформулированы и аргументированы. В основе диссертационного исследования лежат оригинальные материалы, полученные лично автором в результате полевых и лабораторно-аналитических исследований с 2016 по 2022 гг. Организация и проведение полевых работ, пробоподготовка, аналитические определения, статистический анализ полученных материалов, построение картографических моделей, обобщение и интерпретация полученных результатов выполнены автором при корректирующем и направляющем участии научного руководителя. Планирование исследований и анализ полученных результатов, формулировка положений, защищаемой диссертации, и выводов произведено лично автором при поддержке научного руководителя. Статистический анализ и интерпретация полученных результатов выполнена лично автором. Диссертационная работа выполнена на междисциплинарном уровне, охватывающем целый спектр научных дисциплин, таких как экология, почвоведение, природопользование.

Основные положения диссертации прошли обсуждение на международных и всероссийских конференциях. По теме диссертации опубликовано 30 научных работ, в том числе 7 статей в изданиях, входящих в базы данных международных индексов научного цитирования Scopus и/или Web of Science, приравниваемых к K1 журналов, входящих в Перечень

рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ, по научной специальности 1.5.19. Почвоведение (биологические науки).

Исследование выполнено при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета («Приоритет 2030»), Министерства науки и высшего образования РФ, соглашения № 075-15-2025-686 и № FENW-2026-0019.

Научная новизна и практическая значимость работы. *Научная новизна* заключается в том, что впервые для гидроморфных почв юга России, сформировавшихся на территории бывшего шламонакопителя, установлена совокупность механизмов, определяющих их трансформацию при длительном полиэлементном загрязнении; дана оценка загрязнения почв с применением независимых геохимических критериев (Kc, Zc, I-geo, EF); показано, что устойчивость исследуемых почв к тяжёлым металлам определяется сменой доминирующих механизмов инактивации: от карбонатного и кислотно-щелочного барьеров к преимущественному связыванию органическим веществом, полуторными оксидами и тонкодисперсными фракциями; установлены особенности трансформации физических и химических свойств почв под воздействием длительного загрязнения; выявлена трансформация минералогического состава (смена терригенного комплекса на аутигенный сульфатно-гидроксидный) и органического вещества.

Автором предложен индикатор деградационных изменений органического вещества на основе содержания водорастворимого органического углерода холодной экстракции и на его основе разработана шкала оценки состояния почв. кроме того, автором, впервые для гидроморфных почв установлены закономерности распределения Cu, Zn и Pb по гранулометрическим фракциям (от <0,08 мкм до 5 мкм) во взаимосвязи с фракционным составом соединений (метод Тессье), что позволило идентифицировать ведущие фазы-носители металлов.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты позволяют оценить трансформацию свойств гидроморфных почв под влиянием хронического загрязнения, определить их устойчивость к техногенной нагрузке и прогноза риска вторичной мобилизации тяжёлых металлов. Разработанная шкала оценки состояния почв на основе отношения фракций водорастворимого органического вещества может быть использована для экспресс-диагностики деградационных изменений органического вещества при техногенном загрязнении.

Характеристика территории и используемые показатели могут быть применены при разработке природоохранных нормативов, программ восстановления загрязненных почв и при организации экологического мониторинга. Закономерности распределения ТМ по гранулометрическим фракциям могут служить основой для прогнозирования миграционной способности металлов и оценки риска их поступления в сопредельные среды. Результаты дифференциации Fe-минералов по степени устойчивости к смене окислительно-восстановительных условий позволяют рекомендовать использование свежих влажных образцов для корректной оценки подвижности тяжёлых металлов в гидроморфных почвах.

Результаты работы используются в учебном процессе на кафедре почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета в курсах: «Современные методы исследований в почвоведении», «Химическое загрязнение почв» и «Управление земельными ресурсами».

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций. Достоверность научных положений и выводов обусловлена комплексным подходом и обеспечена большим объемом натурных исследований, собранным и проанализированным материалом, использованием классических и современных методик оценки свойств почв. Использование традиционных методов исследований, современных методов статистической обработки информации и картографического моделирования в сочетании со

значительным объемом первичных полевых данных также позволяет говорить о достоверности полученных результатов и выводов.

Личный вклад соискателя. Соискатель непосредственно участвовала в разработке программы исследования, выполнила лабораторные анализы на базе Академии биологии и медицины им. Д.И. Ивановского ЮФУ, провела статистическую обработку, обобщение и интерпретацию полученных результатов. Доля личного участия соискателя в выполнении работы составляет 80 %.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов и списка использованной литературы, содержащего 243 наименования, из которых 97 иностранных источников. Объем работы – 161 страница машинописного текста, содержит 33 рисунка, 21 таблицу, 1 приложение.

Анализ диссертации по главам.

В первой главе диссертации «Обзор литературы» (стр. 12-34) представлен обзор отечественной и зарубежной научной литературы по теме исследования. Рассмотрены генезис, геохимия и экологическая роль гидроморфных почв юга России; источники, масштабы и геохимические барьеры в миграции и аккумуляции Cu, Zn и Pb в почвах; формы нахождения тяжелых металлов в почвах; закономерности и механизмы распределения тяжелых металлов по гранулометрическим фракциям почв, а также рассмотрена роль органического вещества в закреплении и подвижности тяжелых металлов в почвах.

Во второй главе «Объекты и методы исследования» (стр. 35-44) представлены условия почвообразования территории оз. Атаманское, содержится информация о полевых, химико-аналитических и инструментальных методах исследования, методах обработки данных. Исследования проводили с использованием общепринятых в почвоведении, экологии методов. Для обработки результатов исследования автор

использовала различные методы статистического анализа: вариационно-статистический, дисперсионный, корреляционный. Для построения предиктивных моделей, описывающих вариации почвенных характеристик, использовали программное обеспечение STATISTICA 10.0.

Третья глава «Геохимическая оценка состояния почв территории техногенного воздействия в пойме р. Северский Донец» (стр. 45-58) содержит информацию о валовом элементном составе почв, представлена оценка загрязнения почв импактной территории и устойчивости почв по отношению к тяжелым металлам.

В четвертой главе «Структурно-функциональные характеристики гидроморфных почв и их роль в устойчивости к загрязнению» (стр. 59-98) представлены данные физико-химических свойств; раскрыта роль органического вещества в стабилизации почвенной системы через водорастворимые формы органического вещества, фракционно-групповой состав гумус, структурно-функциональный анализ гуминовых кислот. В главе охарактеризованы физические и минералогические свойства гидроморфных почв в условиях загрязнения тяжелыми металлами.

В пятой главе «Содержание и фракционный состав тяжелых металлов в тонкодисперсных фракциях почв» (стр. 99-109) показано, что ведущими фазами-носителями ТМ в тонкодисперсных фракциях являются гидроксиды железа, органическое вещество и карбонаты. При возрастании техногенной нагрузки карбонаты и терригенные минералы частично замещаются сульфатами, что сопровождается перераспределением ТМ из остаточной фракции в обменную, связанную с карбонатами и гидроксидами Fe–Mn и увеличением подвижности металлов, особенно Zn.

В шестой главе «Методологические аспекты анализа содержания подвижных соединений тяжёлых металлов в гидроморфных почвах» (стр. 110-126) приведены результаты влияния условий хранения образцов почв, на определение содержания соединений меди, цинка и свинца; особенности

определения подвижных форм железа как индикатора буферной способности по отношению к окислительно-восстановительным процессам.

В выводах приводятся полученные автором основные результаты диссертационного исследования. Выводы сформулированы корректно, отражают содержание диссертационного исследования и отвечают поставленным задачам и цели исследования.

К работе имеются некоторые вопросы и замечания:

1. Рисунок 2.2. расположен далеко от ссылки, в конце подраздела, по некоторым рисункам аналогично. Например, рис. 3.7.
2. На рисунке 2.2. нет условных обозначений: что обозначают треугольники, только можно догадаться; нет мест расположения почвенных разрезов, характеристика которых приводится в приложении А.. Причем, описание разрезов усеченное, представлена только морфологическое описание профиля и нет привязки и характеристики места заложения разрезов, как положено по плану по ГОСТу.
3. В некоторых случаях ссылки в тексте даны не по хронологии, например, на стр. 39.
4. В тексте ссылки на одни и те же рисунки и таблицы приводятся по несколько раз, как в первый раз. Достаточно ссылаться один раз или при необходимости указывать (см. табл.).
5. В таблице 3.1 приводятся статистические показатели. Следует с осторожностью интерпретировать коэффициент вариации при значениях свыше 100%, поскольку в таких случаях показатель теряет прогностическую силу: разброс данных настолько велик относительно среднего, что само среднее арифметическое перестаёт быть репрезентативной характеристикой совокупности. Использование коэффициента вариации в качестве единственной меры варьирования при значениях более 100% может привести к ложным выводам. Высокий CV указывает на сильную относительную неоднородность совокупности, и для корректной интерпретации необходимо проверить данные

на наличие аномалий, оценить форму распределения и, возможно, дополнить анализ другими мерами разброса (например, межквартильным размахом, дисперсией).

6. В характеристике объекта исследования не указано какие промышленные стоки каких предприятий попадали в оз. Атамановское. Известны ли эти данные? Вопрос возникает в контексте того, почему выбраны для анализа загрязнения именно эти ТМ: Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, Co. Что послужило основанием для выбора этих металлов для оценки загрязнения?

7. На странице 60 «В составе почвенного поглощающего комплекса доминирует Ca^{2+} , а соотношение $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ составляет в среднем около 9 единиц (рис. 4.3). Существенное преобладание кальция над магнием может быть обусловлено как природными особенностями почвообразующих пород, так и, возможно, техногенным привнесением соединений кальция в составе промышленных стоков.». На мой взгляд, не совсем корректная интерпретация полученных результатов. В научной литературе приводятся разные диапазоны: от 2:1 до 8:1 (то есть кальция должно быть в 2–8 раз больше, чем магния). Некоторые источники указывают диапазон 2–7 как приемлемый.

8. На странице 61 абзац:

А) «Полученные данные свидетельствуют о том, что длительное техногенное воздействие привело к трансформации физико-химических свойств почв, выражающейся в крайней неоднородности кислотно-основных условий и карбонатного состояния» – непонятно, как вы это определили, если нет исходных данных или данных фоновой почвы, чтобы утверждать, что произошли изменения свойств почв.

Б) «Различия в значениях pH в пределах одного генетического типа почв является диагностическим признаком интенсивного и полиэлементного загрязнения» – а какой конкретно генетический тип почв? Нет карты почв, гидрологии, чтобы утверждать такое положение. С этим утверждением можно поспорить.

В) «Доминирование Ca^{2+} в обменном комплексе при высоких значениях соотношения $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ может оказывать двойственное влияние на поведение тяжёлых металлов...» – кальций должен доминировать над магнием, и это норма. Возможно стоит искать другое объяснение и интерпретацию полученных результатов.

9. В таблицах 4.4 и 4.5 представлены данные фракционно-группового состава гумуса. Сколько образцов почв проанализировано по каждой категории загрязнения? Может быть об этом стоит написать в методике сколько образцов приходится для каждой категории загрязнения, то есть какой объем выборки был. Если он различен был для разных показателей, то тогда указывать или в таблицах или в методике все-таки расписать. Рис. 4.7 – тоже непонятно, какой объем выборки использован.

10. Страница 91. Минералогический состав аллювиальной почвы приводится для разной категории загрязнения. То есть для всех 4 категорий изучали только аллювиальную почву? А две другие, которые фигурировали в объектах исследования? Методика определения минералогического состава не указана и в сколько образцах? Какими эталонами пользовались для расшифровки?

11. Страница 99 «Все исследуемые почвы относятся к тяжелосуглинистым разновидностям с содержанием физической глины 46,2–56,4%». Однако, ранее, в разделе 4.3.1 на стр. 84 указано, что «Распространены песчаные (6,4%), супесчаные (6,4%), легкосуглинистые (14,9%), среднесуглинистые (38,6%), тяжелосуглинистые (23,4%) и легкоглинистые (10,6%) разновидности.»

12. Таблица 5.2; 6.1, 6.2 и др. – какой объем выборки?

13. В выводах логично и корректно представлены основные результаты диссертационного исследования. Для более чёткого восприятия итогов столь масштабной работы, на мой взгляд, целесообразно конкретизировать отдельные положения, что позволит лучше оценить научную ценность полученных результатов.

Отмеченные замечания и вопросы ни в коей мере не подвергают сомнению достоверность результатов и выводов рассматриваемой диссертации и носят исключительно рекомендательный характер.

Общее заключение. Диссертация *Замулиной Инны Валерьевны* является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. Работа написана грамотным научным языком, хорошо иллюстрирована. Материал представлен в логической последовательности, стиль изложения и оформление соответствуют уровню требований, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Полученные результаты, выводы, сформулированные положения научно обоснованы, достоверны, подтверждены значительным натурным и аналитическим материалом, имеют существенную научную значимость и большую практическую ценность, статистически обработаны. Автореферат диссертации отражает содержание диссертации. Поставленные задачи решены, цель исследования достигнута, работа прошла успешную апробацию на многих международных и всероссийских конференциях.

Диссертационная работа *Замулиной Инны Валерьевны* на тему «Трансформация свойств гидроморфных почв под влиянием длительного техногенного загрязнения тяжёлыми металлами» отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней в ЮФУ» (№32-ОД от 27.02.2026 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, *Замулина Инна Валерьевна*, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19 - Почвоведение (биологические науки).

Официальный оппонент:

Самофалова Ираида Алексеевна, доктор биологических наук по специальности 1.5.19 – почвоведение, доцент почвоведения, профессор кафедры агрохимии и почвоведения Института фундаментальных и

прикладных агроэкобиотехнологий и сельского хозяйства федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова».

13 августа 2026 года



614990, Россия, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23, Пермский государственный аграрно-технологический университет, Институт фундаментальных и прикладных агроэкобиотехнологий и сельского хозяйства.

Тел. +79922007654, e-mail:

e-mail: samofalovairaida@mail.ru

<https://pgsha.ru/faculties/agrohim/cathedras/soil/employees/>

Проректор по научно-инновационной работе
и международному сотрудничеству
Акманаев Эльмарт Данифович

