

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу **Плахова Германа Анатольевича** «Профильное распределение тяжелых металлов в городских почвах (на примере Ростова-на-Дону)», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19 – Почвоведение (биологические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования.

Антропогенный фактор уже давно признан как один из ведущих факторов почвообразования, но наиболее агрессивно, по отношению к естественным почвам, он проявляется в городах.

Неслучайно в последнее время мы становимся свидетелями развития самостоятельного направления, связанного с урбопедогенезом. Почвообразовательный процесс в городских почвах имеет свою специфичность, но он еще больше усложняется в связи с высоким уровнем поступления в них химических элементов, связанных с антропогенной деятельностью человека. По свидетельству исследователей, занимающихся изучением городских почв, именно почвы «служат естественным биофильтром, способным абсорбировать и преобразовывать антропогенные вещества, смягчая их негативное воздействие на биогеохимические циклы».

Справедливо ожидать, что нормирование качества городских почв должно учитывать урбанистическую специфику городских почв, связанную с зонированием территории – селитебная зона, рекреационная зона, промышленная зона.

Именно эти задачи и поставил в своей работе диссертант, уделив первостепенное внимание накоплению тяжелых металлов в различных функциональных зонах города Ростова-на-Дону и их распределению в почвенном профиле в зависимости от степени трансформации естественных почв в этих зонах или сформированных урбостратоземов.

Актуальность диссертационной работы Плахова Германа Анатольевича не вызывает сомнений.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Обоснованность и достоверность научных положений доказывается большим объемом экспериментального материала. Было изучено 27 полнопрофильных разрезов, а также 450 образцов из поверхностного

десятисантиметрового слоя. Всего было отобрано и проанализировано 960 почвенных образцов.

Давая оценку полученным результатам, автор ссылается на многочисленные отечественные и зарубежные литературные источники, что позволяет ему научно обосновать свои положения, самостоятельно выдвинуть гипотезы и проанализировать их с точки зрения современных достижений почвоведения, химии, биологии. Выводы, сделанные автором, аргументированы и подтверждены всесторонним анализом всего массива данных. Автор не ограничился использованием одного статистического метода, а использовал 4, предварительно дав им подробную характеристику, учтя возможность отсутствия нормального распределения выборки или малый ее объем.

Автор получил признание научного сообщества, опубликовав 5 научных работ, 3 из них – статьи в журналах, входящих в базы данных международных индексов научного цитирования Scopus и Web of Science; две – в журналах из списка рецензируемых научных изданий ЮФУ и ВАК, и доложив основные положения на конференциях всероссийского и международного уровней.

Научная новизна работы.

Автор получил новые данные о распределении тяжелых металлов по профилю черноземов миграционно-сегрегационных и урбостратоземов. Им установлена приуроченность накопления ТМ к горизонтам урбик, которая свидетельствует об их антропогенном происхождении.

Пополнена база данных, подтверждающая зависимость валового содержания и обменных форм тяжелых металлов от гранулометрического состава, концентрации органического вещества (приуроченность к гумусово-аккумулятивным горизонтам), повышенного содержания карбонатов кальция.

Впервые для городских территориальных зон изучены закономерности валового сосредоточения ТМ в структурных фракциях черноземов миграционно-сегрегационных и урбостратоземов и приуроченность кислоторастворимой формы ТМ (растворимых в азотнокислой вытяжке) к определенным фракциям структуры.

Показано, что максимальное концентрирование цинка наблюдается во фракциях <0,25 и 3–5 мм как в черноземах, так и в урбостратоземах, напротив, медь и свинец сосредотачиваются в более крупных агрегатах черноземов. В урбостратоземах максимум валового количества свинца приурочен к глыбистым агрегатам, а меди – к отдельностям размерностью 5–7 мм. Распределение

подвижных соединений изученных металлов по фракциям структуры в целом диаметрально противоположно.

Теоретическая и практическая значимость.

Теоретическая значимость результатов проведенных исследований состоит в том, что установленные закономерности в распределении ТМ по структурным фракциям вносят вклад в понимание процессов закрепления и передвижения их в почве, а, следовательно, будут положены в основу нормирования качества почв. Изучение этих процессов в почвах разных функциональных зон Ростовской агломерации является первым шагом к разработке нового подхода к нормированию качества почв в городских системах, с учетом разных функциональных зон, имеющих разный уровень трансформации естественных почв и урбостратоземов.

Практическая значимость работы состоит в том, что результаты доступны в виде баз данных и могут быть использованы для построения картограмм содержания изученных ТМ в почвах Ростовской агломерации.

Степень завершенности и качество оформления диссертации.

Работа является завершенным научным исследованием, состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа содержит 151 страницу текста, 11 таблиц, 48 рисунков и 4 приложения. Список литературы включает 240 источников, из них 148 на иностранных языках.

Диссертационная работа хорошо структурирована, логически выстроена и оформлена, научные положения, практические рекомендации и выводы, изложенные в диссертации, отражены в автореферате в полной мере.

Анализ диссертации по главам.

Во введении представлены актуальность работы, сформулированы цели, задачи, основные положения. Показаны новизна работы, ее практическая и теоретическая значимость, а также апробация работы, ее структура и соответствие паспорту специальности.

В Главе 1 представлен аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы по тематике диссертационной работы.

Автор подробно коснулся научного обоснования таких терминов, как «городские почвы», «тяжелые металлы», «форы тяжелых металлов». Оценивает прямые и косвенные эффекты, меняющие почвы в городских системах. Приводит детальную характеристику химического состава городских почв.

В обзоре литературы в полном объеме дана характеристика специфичности объекта исследования и научно обоснован выбор показателей для лабораторных исследований.

Автор показал высокий уровень систематизации литературных данных.

В Главе 2 «Объекты и методы исследования» дана детальная характеристика условий почвообразования в Ростовской агломерации с акцентом внимания на формировании урбостратоземов.

Охарактеризован растительный покров. Приведена карта-схема почвенного покрова городских и пригородных территорий Ростовской агломерации. Карты-схемы заложения почвенных разрезов и отбора поверхностных горизонтов. Важно отметить, что все точки отбора имеют геопривязку, которая так необходима для дальнейших мониторинговых исследований и построения картограмм загрязнения. В данной главе автор дает подробное описание методик исследования. Это очень важно, т.к. позволяет четко определиться, поведение каких форм тяжелых металлов и каких металлов рассматривается в работе (Cr, Zn, Pb, Mn, Cu, Cd). Подробно описаны используемые статистические методы.

Глава 3 «Закономерности накопления и миграции тяжелых металлов в почвах Ростовской агломерации». В этой главе представлены основные результаты работы.

В подглаве 3.1. «Содержание тяжелых металлов в почвах Ростовской агломерации» анализируются результаты накопления и распределения валового содержания и подвижных форм тяжелых металлов в двух функциональных зонах – селитебной и рекреационной. Установлено, что даже в пределах рекреационной зоны как валовое содержание ТМ, так и количество их подвижных форм зависит от местоположения и хозяйственной деятельности человека. Чаще всего эта зависимость обусловлена рельефом местности, либо удаленностью от основных источников загрязнения, имеет значение и характер рекреации. Почвы селитебных территорий характеризуются значительной пестротой, как содержания, так и состава изученных ТМ. Но и здесь автор отмечает наличие некоторых закономерностей. В частности, поверхностные урбогоризонты зачастую обогащены изучаемыми элементами, что свидетельствует о превалировании антропогенной составляющей. В целом эта подглава констатирует практически повсеместное загрязнение цинком и свинцом. Отмечается роль карбонатного барьера в миграции подвижных форм ТМ по профилю изученных почв.

Подглава 3.2. содержит статистический анализ содержания подвижных форм тяжелых металлов. В связи с тем, что для всех изучаемых элементов данные не соответствуют нормальному распределению, автор использует методы непараметрической статистики. Характеристика медианы и межквартильного размаха свидетельствует о значительном варьировании подвижности всех металлов в горизонтах урбик и позволяет выявить нюансы в распределении металлов по профилю. А применение метода ранговой корреляции Спирмена позволило автору подтвердить закономерности, отмеченные в подглаве 3.1 и отметить взаимосвязь подвижных форм свинца и цинка с содержанием физической глины.

Подглава 3.3 посвящена анализу миграции тяжелых металлов по профилю городских почв. В ней автор подтвердил установленный ранее факт неравномерного распределения ТМ в профиле как антропогенно-измененных, так и естественных почв, графически показана корреляция содержания изученных металлов, особенно хрома, с содержанием илистых частиц.

В **подглаве 3.4** приведены результаты интерполяции данных методом наименьших квадратов, раскрывающие взаимосвязь валового содержания тяжелых металлов и их обменных форм с органическим и неорганическим углеродом и физической глиной. Этот анализ позволил автору показать, что при антропогенном загрязнении, как в черноземах, так и в урбостратоземах проявляется связывающая роль карбонатов в отношении свинца: чем выше валовое содержание свинца, тем больше доля обменных соединений этого элемента в общем количестве. Установлено, что в черноземах миграционно-сегрегационных содержание обменных форм цинка и меди увеличивается с ростом содержания органического углерода. В урбостратоземах такая связь отсутствовала в отношении цинка, а доля обменных форм меди увеличивалась при низком общем содержании металла и низких значениях неорганического углерода.

Подглава 3.5 посвящена анализу степени подвижности тяжелых металлов в естественных и антропогенно-измененных почвах. Степень подвижности автор оценивает по доли подвижных соединений в валовом количестве и показывает, что изучаемые металлы весьма заметно различаются по этому показателю. Высокая степень подвижности характерна для соединений свинца и цинка. И очень низкая — для меди, кобальта и хрома. При этом в урбостиратифицированных почвах по сравнению с черноземами подвижность всех металлов, за исключением меди, выше.

В подглаве 3.6. дан анализ распределения цинка, меди и свинца в разных структурных фракциях. Построены ряды по размерности структурных фракций в соответствии с валовым содержанием в них ТМ и их кислоторастворимых форм. Показано, что как в естественных, так и антропогенно-измененных почвах для цинка максимум валового количества приходится на микроагрегаты, в то время как большее количество меди и свинца сосредотачивается в крупных структурных отдельностях, особенно ярко эта закономерность проявляется в отношении свинца. В то же время по подвижным формам обнаружено четкое различие поведения металлов в черноземах и урбостратоземах. В черноземах максимальное количество кислоторастворимой формы цинка обнаруживается в глыбистых агрегатах (>10 мм), в отношении меди и свинца такой закономерности нет (относительно равномерное распределение во всех структурных фракциях). В урбостратифицированных почвах содержание кислоторастворимых соединений изученных металлов равномерно распределяется по всем фракциям.

Следует отметить, что глава безусловно важная, интересная, приведенные в ней факты зачастую отличаются новизной.

Глава 4 посвящена оценке распределения и накопления тяжелых металлов в почвах Ростовской агломерации. Для этого использован как широко применяемый в этих целях суммарный показатель загрязнения, так и менее известный, но также апробированный в литературе суммарный показатель токсического загрязнения. Автор также применил картографический анализ распределения ТМ в поверхностном слое почв, используя для этой цели Кс – коэффициент техногенной концентрации, что для условий города дает ценную информацию о пространственном варьировании этого показателя и выполнено, как минимум для Ростовской агломерации, впервые. Наибольшее накопление свинца, как и следовало ожидать, наблюдается в историческом центре города, а также на основных трассовых развязках, где зафиксированы значительные превышения фоновых значений содержания металла – в 3–19 раз. Ближе к периферии города содержание элемента постепенно снижается. Причем снижение прямо пропорционально развитости дорожно-транспортной сети и плотности дорожного трафика, что лишний раз подчеркивает ключевую роль автомобильных выхлопов, как основного источника поступления свинца в окружающую среду. Довольно похожа и пространственная картина накопления цинка в поверхностном слое почв агломерации. Для остальных элементов характерен очаговый характер распределения, носящий явные индивидуальные

черты, что связано с особенностями использования соединений каждого металла в быту, а также особенностями зоны. Результирующая картограмма, построенная по величине суммарного показателя загрязнения, свидетельствует, что территория с максимальной величиной Z_c (10–16), уровень загрязнения которой тем не менее оценивается как минимальный, приурочена к грузовым районам Ростовского порта на правом и левом берегу р. Дон.

В этой же главе дано сравнение с данными других авторов, свидетельствующее, что накопление металлов увеличилось, но оценочный уровень не изменился: все территории остались в градации «минимальное загрязнение», хотя в ряде случаев произошел рост показателей загрязнения в несколько раз.

В этой же главе автор акцентирует внимание на оценке почв придорожных зон городских территорий. Показано, что наиболее высокие концентрации Mn, Co, Sr, Pb наблюдаются в придорожных территориях промышленных зон то четко отражается на величине показателей техногенной аномальности. В то же время превышение предельных допустимых концентраций обнаружено только по содержанию цинка в почвах Левобережья Ростова-на-Дону и мышьяка в почвах селитебной зоны.

В заключение работы приводятся выводы, список использованной литературы и приложения. В выводах обобщаются полученные автором основные результаты диссертационного исследования. Выводы сформулированы корректно и отражают содержание диссертационного исследования.

Содержание приложений свидетельствует о большом объеме выполненной работы и достоверности полученных результатов, об этом же убедительно свидетельствует и анализ результатов с применением различных статистических методов.

При анализе диссертационной работы возникли следующие вопросы и замечания:

1. Чем обоснован выбор именно такого набора тяжелых металлов для исследований (Cr, Zn, Pb, Mn, Cu, Cd), он значительно короче, чем приведенный в СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

2. Почему при постановке второй задачи указывается Cd, подвижная форма которого не нормируется, и по тексту диссертации не приводятся экспериментальные данные по этому металлу.

3. При постановке третьей задачи автор акцентирует внимание на исследовании последствий антропогенного воздействия на содержание подвижных форм тяжелых металлов в профиле черноземов Ростовской агломерации. Хотелось бы услышать дополнительно, что за антропогенные воздействия и каковы же их последствия на содержание именно подвижной формы тяжелых металлов.

4. Требуется дополнительное пояснение, почему для характеристики почвы в целом по категории «подвижные формы тяжелых металлов», автор использовал вытяжку ацетатно-аммонийного буфера с $\text{pH}=4,8$, а для гранулометрических фракций кислоторастворимую форму в азотнокислой вытяжке (1н HNO_3)? На странице 68 впервые появляется такая категория как «обменные формы», что включено в нее?

5. В приложении 1 приведены данные по содержанию валовой формы меди в рекреационной зоне с превышением ПДК по всему профилю, этот факт требует дополнительных пояснений.

6. Почему в селитебной зоне (приложение 3) в одних разрезах анализируется кобальт, а в других он заменен на хром. И какой хром определялся, т.к. в СанПиН 1.2.3685-21, валовые значения нормируются по шестивалентному хрому, а подвижные формы по трехвалентному.

7. Учитывая объем и разнохарактерность примененных методов анализа третьей и четвертой глав автору следовало в конце каждой дать обобщение отмеченных закономерностей.

Общее заключение.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования, а лишь подчеркивают важность и значимость представленного материала. Весом личный вклад диссертанта, который определяется участием во всех аспектах представленного исследования, начиная с планирования серии экспедиций, лабораторных экспериментов и заканчивая обработкой полученных результатов. Поставленные задачи решены, цель исследования достигнута, работа прошла успешную апробацию на многих международных конференциях и в полном объеме представлена научному сообществу в виде публикаций.

По своей актуальности, современным методам исследования, объему фактического материала и качеству его обработки, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа Плахова Германа Анатольевича «Профильное распределение тяжелых металлов

в городских почвах (на примере Ростова-на-Дону) является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне, автореферат отражает диссертацию в полном объеме. Диссертационная работа и автореферат отвечают требованиям «Положения о присуждении ученых степеней в ЮФУ» (№270-ОД от 29.09.2023 г.), предъявляемым диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Плахов Герман Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19. Почвоведение (биологические науки).

Официальный оппонент:

Назаренко Ольга Георгиевна – доктор биологических наук по специальности 03.00.27 – почвоведение, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение Государственный центр агрохимической службы «Ростовский» (ФГБУ ГЦАС «Ростовский»), директор, тел.: 7(905)450-38-14, e-mail: nazankoo@mail.ru

Адрес места работы:

346735, пос. Рассвет Аксайского района Ростовской обл., ул. Институтская, д.2
Тел.: 7(86350)37-1-29, E-mail: agromi-61_1@mail.ru

Назаренко Ольга Георгиевна

05.12.2023

Подпись О.Г. Назаренко удостоверяю

Специалист по кадрам
ФГБУ ГЦАС «Ростовский»

Е.Д. Петровская

