

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА  
на диссертацию Дзюба Екатерины Алексеевны  
«Геохимическая идентификация антропогенной трансформации природной среды на  
территории Пермского края»  
по специальности 1.6.21. Геоэкология на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Одним из приоритетных направлений экологических исследований последних лет стала оценка состояния природной среды и региональных особенностей ее трансформации под влиянием антропогенной нагрузки. В крупных промышленных районах происходит глубокое преобразование природной среды, сопровождающееся ее загрязнением и механическим нарушением, изменением потоков вещества и энергии. К числу таких регионов относится Пермский край с развитой горнодобывающей промышленностью, где сосредоточены крупные нефтяные, калийные и угольные месторождения. В основу диссертационного исследования положена оценка геохимических особенностей и причинно-следственных связей распределения химических элементов в почвах Пермского края, а также анализ их изменения в результате антропогенной трансформации природной среды, поэтому **актуальность диссертационного исследования** Дзюба Е.А. не вызывает сомнения. Выбранная диссертантом тема соответствует **пунктам 1.6.** Глобальные и региональные экологические кризисы – комплексные изменения окружающей среды, приводящие к резкому ухудшению условий жизни и хозяйственной деятельности. Геоэкологические последствия природных и техногенных катастроф и **1.8.** Природная среда и геоиндикаторы ее изменения под влиянием урбанизации и хозяйственной деятельности человека: химическое и радиоактивное загрязнение почв, пород, поверхностных и подземных вод и сокращение их ресурсов, наведенные физические поля, изменение криолитозоны **паспорта специальности «Геоэкология».**

**Цель работы** – геохимическая идентификация антропогенной трансформации природной среды на территории Пермского края на основе установления регионального содержания ряда макро- и микроэлементов и техногенных процессов, оказывающих влияние на изменение геохимических особенностей. Для достижения этой цели соискателем были решены следующие **задачи:**

1. Дана характеристика природных и антропогенных факторов, влияющих на геохимические особенности территории Пермского края.
2. Установлены региональные фоновые содержания макро- и микроэлементов в почвах природных районов Пермского края.
3. Охарактеризованы геохимические особенности почв территорий, подверженных техногенному воздействию.
4. Разработано природно-техногенное геохимическое районирование Пермского края.

**Научная новизна полученных результатов** заключается в установлении региональных фоновых содержаний химических элементов (Sr, Pb, As, Zn, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, V, Ti) в почвах Пермского края в целом, а также отдельных природных и техногенных районов, необходимых для оценки антропогенной трансформации природной среды. Дан анализ формирования геохимических особенностей территории в зоне влияния нефтедобычи, Кизельского угольного бассейна (КУБа) и Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМС). Разработано ландшафтно-геохимическое районирование Пермского края с учетом природных районов и техногенного воздействия.

**Личный вклад автора не вызывает сомнения.** В основу диссертационного исследования положены результаты анализа 1187 проб почв, отобранных соискателем при выполнении гранта РФФИ (№ 20-45-596018) и научно-исследовательских работ по договорам с ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ». Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяется большим фактическим материалом, полученным при проведении полевых, химико-аналитических, экспериментальных и камеральных исследований. Материалы исследований апробированы на 14 всероссийских и международных конференциях. По теме диссертации опубликована 21 научная работа, в том числе, 4 статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, 4 в журналах, входящих в базу научного цитирования Scopus (из них 2 в журналах Q1-Q2), 9 входящих в РИНЦ и 3 РИД.

**Теоретическая значимость работы** определяется расширением знаний о геохимической трансформации природной среды под влиянием добычи нефти, угля и калийно-магниевых солей.

**Практическая ценность** полученных результатов связана с необходимостью учета фоновых геохимических показателей и результатов геохимического районирования при принятии управленческих решений, разработке природоохранных мероприятий и снижению негативных последствий на предприятиях по добыче нефти, угля и калийных солей на территории Пермского края и других регионов РФ.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и 9 приложений. Она изложена на 235 страницах и включает 36 таблиц, 58 рисунков, список литературы из 422 источников, в том числе 56 на иностранном языке.

В первой главе «**Современные представления о геохимических исследованиях**» (с. 11-30) на основе обобщения литературного материала рассмотрены теоретические основы и современное состояние научных исследований по этому направлению. Большое внимание уделено вопросам изучения миграции химических элементов, закономерностей аккумуляции и рассеивания вещества, приводятся различные подходы к классификации химических элементов. Здесь же представлены основные факторы, определяющие химический состав почв и его изменение под влиянием антропогенной нагрузки. Показано, что миграция и аккумуляция тяжелых металлов в почвах естественных ландшафтов определяется типом почвообразования, поэтому при оценке рассеивания и концентрации химических элементов необходимо учитывать не только кларки, но и региональные фоновые содержания. В этой же главе приведен анализ воздействия добычи калийных солей, угля и нефти на распределение макро- и микроэлементов в почвах, представлены различные подходы к эколого-геохимическому районированию территорий. На основе анализа проведенных геохимических исследований на территории Пермского края делается вывод о недостаточной изученности почв и необходимости учета как природных особенностей, так и техногенной нагрузки при почвенно-геохимическом районировании территории.

В качестве замечания (*замечание 1*) следует отметить, что соискателю необходимо было ознакомиться с первоисточниками, а не приводить двойное цитирование на работы В.И. Вернадского, А.Е. Ферсмана, В.М. Гольдшмидта, Н.П. Солнцевой по учебникам В.А. Алексеенко, М.А. Глазовской или монографии Е.П. Янина (последняя отсутствует в списке литературы).

Во второй главе «**Природные и антропогенные факторы, влияющие на формирование геохимических свойств на территории Пермского края**» (с. 31-48)

рассмотрены физико-географические особенности района исследований, дана характеристика основных видов антропогенного воздействия – добычи нефти, угля и калийных солей. Автор справедливо отмечает, что территория Пермского края отличается большим разнообразием природных условий. Поэтому анализ трансформации природной среды следует проводить на основе выделения шести природных районов, установленных по биогеоценотической организации и географической соразмерности: Северный Урал, Западный Урал, Средняя тайга, Южная тайга, Хвойно-широколиственные леса и Кунгурская лесостепь. В начале этой главы соискатель дает подробное описание почв и растительности природных районов, а затем рассматривает общие физико-географические условия Пермского края, что приводит к ненужному дублированию части информации и размытому неконкретному описанию геологических и гидрометеорологических особенностей территории. По мнению оппонента, в этой главе необходимо было дать всю физико-географическую характеристику по природным районам, уделив больше внимания геологическому строению, преобладающим горным породам и их геохимической специализации (*замечание 2*). Как справедливо утверждает автор, основное влияние на химический состав компонентов ландшафтов оказывают горные породы. Отсутствие в работе геологической карты и данных об элементном составе почвообразующих пород изученных районов снижает информативность приведенного материала и выводов (*замечание 3*).

В третьей главе «**Методы и материалы исследования**» (с. 49-76) дается детальная характеристика методик отбора, подготовки, анализа проб и обработки полученных результатов. В основу диссертационного исследования положены результаты химического анализа проб почв из двух генетических горизонтов – органогенного/гумусового и подгумусового. При этом, в большинстве изученных почв районов тайги подгумусовый слой представлен подзолистым горизонтом, а в черноземах Кунгурской лесостепи – иллювиальным горизонтом. Сравнение химического состава элювиального и иллювиального горизонтов некорректно, поэтому, по мнению оппонента, правильнее было бы на всех пробных площадках провести отбор и анализ проб из органогенных и срединных/иллювиальных горизонтов, а для оценки радиальной миграции веществ изучить опорные разрезы с анализом химического состава всех генетических горизонтов почвенного профиля (*замечание 4*). Содержание химических элементов в почвах определено рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-G», представлен диапазон измерений, но не указана их погрешность (*замечание 5*). Математическая обработка результатов включала расчет основных статистических показателей с использованием аппарата описательной статистики, расчет коэффициентов концентрации (КК) и рассеивания (КР), определение регионального и локального геохимического фона, суммарного показателя загрязнения почв, корреляционный и кластерный анализы. Оценка уровня загрязнения почв дана согласно СанПиН 1.2.3685-21.

В этой главе автором дается детальное описание пробных площадок, физико-химических свойств почв и содержания нефтепродуктов. По сути, соискатель снова возвращается к физико-географической характеристике фоновых и антропогенно нарушенных участков, дополняя материал главы 2. В этом случае неизбежно возникают повторы, которых можно было бы избежать при размещении всей необходимой информации в одной главе. При этом в разделе Методика можно было бы ограничиться лишь указанием количества пробных площадок и их привязкой к природным районам (*замечание 6*).

В главе четыре «Региональное фоновое содержание некоторых макро- и микроэлементов на территории Пермского края» (с. 77-107) на основе анализа полученных данных обосновывается первое защищаемое положение «Для территории Пермского края характерна лито-халькофильная специализация с накоплением в почве Cr, As и Ti, полученные средние фоновые содержания макро- и микроэлементов в почвах для Пермского края и природных районов Пермского края могут применяться как эталонные для выявления антропогенной трансформации природной среды». На основе анализа содержания макро- и микроэлементов в почвах, значений коэффициентов концентрации и рассеивания, геохимических рядов коэффициентов концентрации и результатов кластерного анализа соискатель делает справедливый вывод о том, что на фоне общего накопления в почвах Cr, As и Ti на территории каждого из природных районов формируется характерный химический состав почв, отличный от других природных районов. В главе приведены результаты расчета фонового содержания 11 макро- и микроэлементов в почвах Пермского края в целом и отдельных природных районов, которые имеют важное значение при оценке антропогенной трансформации природной среды. Следует согласиться с утверждением автора, что характерной чертой Северного Урала является накопление Pb; Западного Урала – Cr; в Средней тайге - Mn; в Южной тайге - Sr; в районе Хвойно-широколиственных лесов - высокое накопление Cr и Mn; в Кунгурской лесостепи - Co. Вместе с тем, в работе нет объяснения установленных закономерностей и анализа связи изменения состава почв с горными породами и их сменой на территории Пермского края (*замечание 7*). Судя по всему, по этой же причине осталось не выясненным происхождение установленного феномена района Кунгурской реликтовой лесостепи, который по геохимическому спектру более тяготеет к таежной зоне, чем к хвойно-широколиственным лесам.

Некорректным представляется также вывод о высокой обратной зависимости между концентрацией химических элементов и высотой над уровнем моря. В этом случае должна рассматриваться не собственно высота под уровнем моря, а латеральная миграция химических элементов в почвенной катене и перераспределение элементов в ряду от автономных к подчиненным позициям (*замечание 8*).

Пятая глава «Геохимические особенности почв территорий, подверженных техногенному воздействию» (с. 108-150) является одной из основополагающих в диссертационном исследовании. В ней рассматриваются и обосновываются два защищаемых положения, выносимых на защиту. В главе приводится анализ результатов исследования почв на техногенно трансформированной территории Пермского края, находящейся под влиянием добычи нефти, калийно-магниевых солей и угля. На основе обобщения аналитических и экспериментальных данных показано, что маркерами техногенного загрязнения почв нефтью служат V, Ni, Fe и Zn. Посттехногенная трансформация природной среды на территории Кизеловского угольного бассейна выражается в накоплении Co, Mn, Ni, As, Cr, Zn и Sr (второе защищаемое положение). Под влиянием добычи калийно-магниевых солей в почвах на территории Верхнекамского месторождения происходит накопление Co, Mn, V, Cr, Zn и Fe (третье защищаемое положение). Интересной для идентификации техногенеза представляется установленная соискателем аккумуляция Co и Fe в подгумусовом/ подзолистом горизонте, поскольку в естественных условиях в элювиальном горизонте отмечается их выщелачивание.

Для оценки геохимической трансформации природной среды автором широко использованы геохимические ряды, отражающие интенсивность накопления или рассеяния химических элементов в почвах. Однако определить информативность

значений/превышений (КК, КР=1,1-1,2) в рядах коэффициентов концентрации и рассеяния химических элементов без учёта ошибки измерения не представляется возможным (*замечание 9*).

В шестой главе «**Природно-техногенное геохимическое районирование Пермского края**» (с. 151-158) рассматривается пространственная дифференциация химического состава органогенного горизонта почв на территории Пермского края. На основе сравнительного анализа состава фоновых и антропогенно трансформированных почв, результатов корреляционного и кластерного анализа установлены основные факторы, определяющие химизм почв территории исследований. Дана оценка значимости и вклада природных и техногенных факторов. Предложены принципы природно-техногенного геохимического районирования Пермского края, включающие зонально-азональные признаки, геохимическую специализацию и ассоциативность элементов, характеризующих техногенную трансформацию. В качестве замечания следует отметить, что для проверки выделенных индикаторных ассоциаций химических элементов по геохимическим рядам эффективно было бы использовать метод главных компонент факторного анализа, позволяющий установить вещественные парагенезисы, их происхождение и вклад в техногенную трансформацию природной среды (*замечание 10*). Основное внимание уделено техногенному загрязнению природной среды при разработке угольных месторождений Кизеловского угольного бассейна и Верхнекамского месторождения калийных солей. При этом воздействие добычи нефти при природно-техногенном районировании края не учтено, несмотря на то что в пятой главе убедительно показана трансформация природной среды при разработке месторождений углеводородов. Принятие такого решения требует более детального обоснования (*замечание 11*).

**Заключение** содержит 4 вывода (с. 159-160), которые в целом отвечают поставленным в работе задачам и подтверждены результатами собственных исследований, отличаются оригинальностью, новизной, теоретической и практической значимостью. Автореферат диссертации отражает основное содержание работы, которая полностью соответствует заявленной специальности (1.6.21. Геоэкология).

Из общих замечаний по работе необходимо отметить, что текст диссертации плохо вычитан и содержит неточности в употреблении научных терминов. Так, например, серые лесные почвы называются серыми (стр. 64, 66, рис. 3.3.2 и др.), доверительный интервал/доверительная вероятность 95% – уровнем значимости (стр. 54-55), в названиях таблиц и рисунков (например, таблицы 4.1-4.6 и рисунки 4.2-4.3) нет указания о химическом составе какого компонента ландшафта/какого генетического горизонта почв идет речь и т.д. В приложении 2 представлены значения потенциальной кислотности почв с нейтральной и слабокислой реакцией среды, в то время как в насыщенных основаниями почвах (при  $pH_{H_2O} > 5,5$ ) этот показатель не определяется. В работе отсутствуют научные/латинские названия растений, хотя они представлены в приложениях.

Завершая рассмотрение содержания исследования, необходимо подчеркнуть, что диссертационная работа представляет самостоятельное оригинальное исследование. Основные выводы и рекомендации диссертации представляются правомерными. Положения, выдвинутые на защиту, в необходимой мере обоснованы. Замечания, отмеченные в отзыве, не ставят под сомнение главные научные результаты диссертационного исследования.

Диссертационная работа Дзюба Екатерины Алексеевны на тему «Геохимическая идентификация антропогенной трансформации природой среды на территории

Пермского края» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертация соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменения на 29 мая 2017 года), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Официальный оппонент:

профессор кафедры геоэкологии  
Института наук о Земле Федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Санкт-Петербургский  
государственный университет»

199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7/9

8 (812) 328-20-00, [spbu@spbu.ru](mailto:spbu@spbu.ru), <https://spbu.ru>

доктор географических наук (25.00.23 физическая география и  
биогеография, география почв и геохимия ландшафтов)

профессор по специальности «Геоэкология»

21.02.2023

Марина Германовна Опекунова

Я, Опекунова Марина Германовна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку

Подпись М.Г. Опекуновой удостоверяю

Подпись руки *М. Г. Опекуновой*

*А. Д. Селезнев* / *А. Д. Селезнев* / *21 февраля 23*