

ОТЗЫВ

официального оппонента д.б.н., профессора Лопатовской Ольги Геннадьевны на диссертационную работу Цагааны Бямбасурэн «ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА Г. УЛАН-БАТОР» представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология

Актуальность диссертационного исследования заключается в том, что в настоящее время выбор способа оценивания степени загрязнения почвенно-растительного покрова различными токсикантами и их соединениями является серьёзной проблемой для г. Улан-Батор. Современные методы позволяют определять элементный состав почв и растительных объектов, однако для достоверности полученных данных требуется ряд обоснованных аналитических методов и методик. Очень сложная система «почвы-растения» требует оценивания не только в статике, но и в динамике.

При экологических исследованиях городских почв и растений требуется применение многомерных методов статистического анализа. Автор диссертации выявляет оптимальные способы получения и структурирования первичных геохимических данных, критерии оценки экологического состояния окружающей среды на примере г. Улан-Батор.

В связи с этим, *целью исследований* стало выявление эколого-геохимических особенностей почвенно-растительного покрова г. Улан-Батор путём изучения взаимоотношения между макро- и микроэлементами; установлении источников поступления микроэлементов в поверхностные почвы и растения, а также интерпретации выявленных геохимических связей.

Для достижения поставленной цели были определены и решены ряд задач:

1. Изучить макро- и микроэлементный состав городских почв и растений, произрастающих на них, с целью определения валовых содержаний и форм нахождения биофильных и токсичных элементов;
2. Составить рациональные схемы анализа проб сопряжённых сред "почва – растение" для получения надёжной первичной геохимической информации при минимальных финансовых и временных затратах;
3. Сравнить и выбрать из индивидуальных и комплексных индексов загрязнения (PI, Igeo, Zc и PI – для почв; показателей фотосинтеза, интенсивности ферментогенеза и токсичности – для растений) наиболее полно описывающие экологическую ситуацию для городских почв и растений;
4. Оценить применимость статистических методов анализа и моделирования пространственных данных для установления источников загрязнения; построения карт загрязнения и выявления границ повышенного уровня загрязнения.

Диссертант лично участвовала в отборе образцов в период с 2010 по 2019 гг. и анализе проб почв и растений.

Впервые установлены закономерности миграции и аккумуляции химических элементов в почвенно-растительном покрове г. Улан-Батор на основе аналитических данных, полученных с помощью разработанных рациональных схем анализа почв и растений. Выявлены структуры первичной геохимической информации, с помощью которых возможна характеристика элементного и вещественного составов почв, и построение карт с их пространственным распределением. Комплексный индекс загрязнения Zc чётко выделяет очаги накопления потенциально токсичных элементов и даёт характеристики загрязнения почв г. Улан-Батор, по сравнению с индексом PI. Для надёжного выявления очагов заражения и поиска их источников целесообразно сочетать индексный подход с геостатистическим оцениванием на основе факторного анализа. Оценено влияние генетических особенностей растений и природных ландшафтно-климатических условий на перенос микроэлементов в системе "почва – растение".

Практическая значимость несомненная. Результаты исследования обеспечили получение надёжной геохимической информации при минимальных финансовых затратах. Доказано преобладание генетической устойчивости растений вида *Thymus L.* На изменение элементного состава органов по сравнению с влиянием почвенно-климатических условий произрастания. Показана контрастность показателя токсичности (отношение содержаний токсичного Pb и биофильного Mn) для оценки экологического состояния травянистых и древесных растений.

Защищаемые положения отражают суть диссертационной работы.

1. Предложенные рациональные схемы химического анализа образцов сопряжённых сред "почва – растение" обеспечивают необходимым и достаточным объёмом данных процедуры геостатистического моделирования для установления распределения макро- и микроэлементов, выявления источников их поступления в эти среды.

2. Для корректной интерпретации экологической ситуации и классификации источников поступления микроэлементов в городские почвы с помощью многомерного статистического анализа структура аналитико-геохимических данных должна содержать информацию о макро- и микроэлементном составе, а также показателях pH и Сорг.

3. Для описания экологического состояния городских почв и растений, произрастающих на них, необходимо сочетание геостатистического картирования (поиск и выделение источников загрязнения) и вычисление двух индексов: комплексный индекс загрязнения почв (Zc) и показатель токсичности для растений (отношение содержаний Pb/Mn). Оценивание степени загрязнения почв г. Улан-Батор выявило только точечные потенциально опасные участки.

Достоверность защищаемых положений обеспечивается анализом большого объёма собранного и обработанного фактического материала за многолетний период, применённых и аттестованных методик выполнения измерений. Необходимая для диссертации корректность результатов обработки гарантирована применением современного математического аппарата.

Обоснованность научных положений и выводов вытекает из полученных соискателем данных многолетних полевых и лабораторных исследований, теоретического анализа результатов.

Оценка содержания диссертации. Диссертационная работа изложена на 232 страницах; состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и четырёх приложений.

В *первой главе* приводятся общие сведения об изучаемой территории и методах исследования (краткая характеристика территории исследования, общая характеристика территории Монголии, обзор литературы по изучению элементного состава почв и растений, особенности пробоотбора, анализ почв и растений, а так же способы обработки геохимических данных). Довольно обширный литературный материал позволил определить в первую очередь новизну исследований, поставить цель исследований, задачи и актуальность работы.

Представлены разнообразные индексы загрязнения, используемые для комплексной геохимической оценки состояния почвенной среды. Для построения карты загрязнения и выявления границы повышенного уровня загрязнения проведено цифровое почвенное картирование. Проведен анализ имеющихся методов математической статистики.

Автор определяет необходимость в установлении подвижности разных элементов в сопряжённых средах, а также знание о макросоставе почв при изучении геохимических барьеров, где механизмы закрепления микроэлементов минералами обусловлены процессами сорбции, окисления-восстановления и образованием новых минералов-носителей. Выявлена целесообразность с помощью методов многомерного статистического анализа изучить взаимоотношения между макроэлементами и потенциально токсичными микроэлементами в почвенном покрове г. Улан-Батор; а также проинтерпретировать

выявленные геохимические связи с целью установления источников поступления микроэлементов в поверхностные городские почвы.

Вопросы по главе 1:

1. Автор использует термин «механический состав почв» (с. 18), затем дает название «гранулометрический состав почв» (стр. 20). Следовало бы привести к единому названию, тем более, что это равнозначные термины).

2. Что понимает автор под «содержание гумуса 2.85 % мас.» (с. 19.)? Это процентное содержание гумуса или органического вещества (на той же стр. говорится одновременно об органическом веществе и гумусе)?

3. При характеристике рН почвы следовало бы пояснить, какие изученные автором почвы имеют кислую, нейтральную или щелочную среду (привести пример).

Во *второй главе* представлено изучение элементного состава образцов сопряжённых сред "почва – растение" на территории г. Улан-Батор, показан отбор материала почв и растений, составлен рациональный химический анализ почвенно-растительного покрова, приведена оценка применимости аналитических методов для определения элементного состава и рациональные схемы химического анализа образцов сопряженных сред «почва-растение». Была получена наиболее полная и надёжная первичная геоэкологическая информация. Контроль правильности результатов анализа каждой методики выполнен с использованием российских и международных стандартных образцов состава почв и растений. В пробах почв определены валовые содержания и концентрации подвижных форм макро- и микроэлементов. Данные представлены в Приложении.

Вопросы по главе 2:

1. Почему не заложен полноценный почвенный разрез с описанием всех генетических горизонтов? Это позволило бы дать название почв согласно Почвенной классификации. В таком случае не было бы таких нелепых названий, как «Кульбуразем перемешанный грунт».

2. Можно ли назвать техногенные поверхностные образования на насыпных, намывных перемешанных грунтах почвой?

Третья глава посвящена геоэкологической обработке экспериментальных данных. Показано, что за весь период исследования, среднее медиальное значение валовых содержаний большинства элементов по городу сопоставимо с результатами, полученными с фоновых территорий. Валовые содержания Ca, Mg, Mn, Co, V, Tl и Cd – ниже, а медиальные значения валовых содержаний Al, Sr, B, Cr, W, Mo, Sn, Pb, Cu, Zn, Ag, Ge, Sb – выше, косвенно указывают на их накопление.

Статистический анализ показал, что на территории города может располагаться один или более источник поступления потенциальных поллютантов, а значительные изменения в содержаниях подвижных форм подтверждают наличие точечных загрязнений. Проведённый статистический анализ распределения микроэлементов указывает на несколько типов геохимических барьеров, присутствующих на территории города.

Вопросы по главе 3:

1. Связано ли накопление и содержание органического вещества с проективным покрытием (растений) на исследуемой территории?

2. На стр. 102 автор пишет: «В каждом из районов достаточно уверенно выделяется песчаная фракция, которая представлена кремнием, калием, натрием и рН». Каким образом рН можно считать песчаной фракцией?

3. На стр. 102. автор пишет: «Причём в районах, где наблюдается растительный покров, к элементам песчанной фракции подключается органический углерод, и чем ближе районы к реке, тем выше вероятность вхождения в группы фосфора и серы. Последнее указывает на увеличение глинистых и илистых фракций почв». Прошу пояснить, как увеличенная илистая (глинистая фракция) указывает на наличие фосфора и серы? Одновременно с этим «Указанные факты подтверждают заключения [Баярсайхан, 2009а] о изменении почв в сторону лёгкой глины в центральной части города, а также то, что

большую часть общего механического состава занимает фракция песков». Что преобладает глина или пески?

4. Каким образом кислый pH влияет на подвижность металлов?

Четвертая глава дна из центральных и посвящена оценке эколого-геохимического состояния почв г. Улан-Батор.

С помощью индивидуальных индексов загрязнения, используемых для геохимической оценки состояния почвенной среды, установлено число проб, которые характеризуют разные уровни заражения потенциальными поллютантами. Показатели индексов PI и Igeo варьируют от отсутствия загрязнения до очень высокого загрязнения, косвенно указывая на минеральное и химическое разнообразие почвенного покрова.

Оценки эколого-геохимического состояния поверхностной почвы г. Улан-Батора токсичными и потенциально токсичными элементами, полученные с помощью индивидуальных и комплексных индексов (PI, Igeo, Zc и IPI), характеризуют территорию города, в основном, как "умеренно" загрязнённую.

Индекс Igeo признан более полезным, чем индекс PI, поскольку даёт более детализированные и устойчивые к аналитическим погрешностям оценки в случае опасного накопления тех или иных микроэлементов с возможностью привязки к местности.

Использование комплексных индексов позволило автору пространственно оценить миграцию и аккумуляцию возможных поллютантов. Геостатистическое оценивание сделало возможным поиск источников загрязнения и очагов заражения.

Вопросы по главе 4:

1. На стр. 120, рис. 4.1-4.2 показано «Пространственное распределение потенциально токсичных и токсичных элементов в поверхностной почве г. Улан-Батор». Возможно ли составить подобные карты по элементам?

2. Рис. 4.3 довольно мелкий и на нем трудно различимы макро- и микроэлементы.

3. Возможно ли оценить степень заражения почв только по данным факторного анализа.

Глава пятая посвящена оценке эколого-геохимического состояния ландшафтов г. Улан-Батор по данным элементного состава растений.

В главе показано исследование элементного состава сопряженных сред "почва – растение" г. Улан-Батор, проведено оценивание степени загрязнения почв с использованием древесных и травянистых растений в качестве индикаторов, выявлены точечные потенциально опасные участки, установлены ряды распределения элементов в последовательностях "почва – ветки – листья (хвоя)" для древесных растений и "почва – корни – стебли – листья – цветы" для травянистых растений. Показано, что для изученных травянистых растений список химических элементов и их накапливаемое количество зависят от содержания элементов в почве, видовых особенности растений и природных ландшафтно-климатических условий.

В *заключение диссертации* соискатель отвечает на поставленные задачи, показывает их решение. Цель исследования достигнута. Исследования подтверждены методами математической статистики, выводы обоснованы. Диссертационная работа логически структурирована, иллюстрирована картами, рисунками, выполнена на высоком профессиональном уровне.

Заключение. Анализ материалов (диссертационной работы и автореферата) представленных на оппонирование, позволяют утверждать, что диссертация Цагааны Бямбасурэн «Эколого-геохимические особенности почвенно-растительного покрова г. Улан-Батор» является завершённой научно-квалификационной работой по актуальной тематике в области взаимоотношений макро-микроэлементов, установлении источников поступления микроэлементов в поверхностные почвы и растения, интерпретации выявленных геохимических связей.

Представленная к защите диссертационная работа соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, пп. 9-11, 13-14 «Положения о присуждении

ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (в редакции от 25 января 2024 года), а ее автор Цагааны Бямбасурэн, заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Отзыв подготовила:
Официальный оппонент
доктор биологических наук
по специальности 03.02.13 – Почвоведение,
профессор кафедры почвоведения
и оценки земельных ресурсов
Биолого-почвенного факультета
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный
университет»

Лопатовская Ольга Геннадьевна

Адрес: 664003. г. Иркутск,
ул. К. Маркса, д. 1
Иркутский государственный университет, тел. +79021701887
e-mail: lopatovs@gmail.com

Я, Лопатовская О.Г., даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.
«27» ноября 2024 г.

Подпись Лопатовской О.Г.
Заверяю Ученый секретарь
Совета университета

Курганова Наталья Викторовна

