

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Семеновой Виктории Валентиновны «Аккумуляция тяжелых металлов представителями рода тысячелистник (*Achillea* L.) в условиях высотной зональности Северо-Восточного Кавказа», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – Экология (биологические науки)

Актуальность и новизна диссертационного исследования

Огромная потребность человеческой цивилизации в различных металлах определяет общебиосферные процессы «металлизации» природных сред и биоты при интенсивном вовлечении в хозяйственный оборот все новых элементов. Добыча, обработка и дальнейшее использование металлов сопряжено с большими потерями и техногенным рассеянием, а также с последующим накоплением их в природных средах. Повышение концентраций металлов в атмосфере, природных водах, в почвенном покрове ведет к их активному накоплению в живых организмах, в том числе в организме человека. При достижении определенных концентраций в экосистемах эти элементы становятся токсичными, что и послужило основанием для выделения особой группы металлов и металлоидов (полуметаллов), названной «тяжелыми металлами». Из-за очень высокой токсичности и трансформирующей способности некоторых из них тяжелые металлы включили в особую группу загрязняющих веществ супертоксикантов.

Источниками тяжелых металлов для окружающей среды является не только промышленность, добыча полезных ископаемых и транспорт. Основная масса тяжелых металлов сосредоточена в горных породах земной коры, откуда они мигрируют в почвообразующие породы, почвы, микроорганизмы, растения, в организмы животных и человека. Этот природный источник тяжелых металлов особенно ярко проявляет себя в горных системах, где мощность почвы обычно невелика, и ее корнеобитаемые слои активно взаимодействуют с почвообразующими породами, получая от них богатый спектр макро- и микроэлементов, включая тяжелые металлы.

В этой связи большой интерес представляет диссертационная работа Семеновой Виктории Валентиновны, в которой она анализирует особенности накопления тяжелых металлов (Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Pb, Cd) в почвенном покрове и в фитомассе четырех видов рода *Achillea* L. в условиях высотной поясности Дагестана в норме и при техногенном загрязнении от автомобильных дорог.

Результаты этой работы позволяют выявить фоновые уровни содержания металлов в почвах и анализируемых растениях разных высотных поясов в зависимости от типа почв и их свойств, установить вклад антропогенного полиметаллического загрязнения природных сред в

геохимические и биогеохимические характеристики района исследований, в частности их основных объектов – почв и растений рода *Achillea* L.

Биогеохимические особенности и видовые различия в металлоаккумуляции у представителей рода *Achillea* L. ранее в горном Дагестане не изучались. Достаточно широкое распространение и лекарственные свойства тысячелистников подтверждают важность осуществленных автором исследований, в том числе для получения экологически чистого лекарственного сырья, а также для разработки технологий фиторемедиации почв при полиметаллическом загрязнении. Эти обстоятельства подтверждают новизну и актуальность темы диссертационного исследования, выполненного Семеновой Викторией Валентиновной.

Общая характеристика диссертационной работы

Для объективной оценки степени обоснованности научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе Семеновой В.В., дадим общую характеристику ее материалов.

Рецензируемая диссертационная работа выполнена на 141 страницах машинописного текста. Она состоит из введения, 5-и глав, заключения, выводов, списка использованной литературы, а также 23 таблиц приложений, размещенных на 57 страницах и не включенных в общий объем диссертации.

Во введении раскрывается актуальность темы исследования, которая обосновывается недостаточной изученностью проблемы и важностью результатов диссертации для раскрытия некоторых экологических проблем Дагестана, в том числе полиметаллического загрязнения почвенного и растительного покрова, получение экологически чистого растительного лекарственного сырья, выявление видов для использования в технологиях фиторемедиации загрязненных почв. Автор формулирует цель и основные задачи исследования, подчеркивает его новизну, теоретическую и практическую значимость, выделяет положения, выносимые на защиту, а также показывает апробацию материалов диссертации.

В главе 1 представлен обзор литературы по теме диссертации, основанный на изучении и анализе 266 источников, из которых 29 – зарубежные публикации. В обзоре оценивается роль тяжелых металлов в жизни растений, в частности их участие в физиолого-биохимических процессах в растительных организмах, важность оценки полиметаллического загрязнения лекарственного растительного сырья, взаимосвязь содержания тяжелых металлов в почвах и растениях, а также техногенное влияние на аккумуляцию тяжелых металлов компонентами экосистем.

В главе 2 рассматриваются физико-географические условия Северо-Восточного Кавказа в пределах Дагестана.

В главе 3 дается характеристика объектов исследования, в частности основных типов почв и биологических особенностей изучаемых видов рода *Achillea* L.

В главе 4 представлены методики исследований. В целом механизм отбора средних растительных и почвенных образцов описан грамотно и

понятно. Кратко описаны методики количественного определения содержания тяжелых металлов в почвах и растениях, даны ссылки на необходимые источники, показана чувствительность используемых методов, раскрывается методика оценки степени достоверности результатов исследования.

Анализ материалов, представленных в главах 2-4, показывает, что в данной работе они без какого-либо ущерба для нее могли быть объединены в одну главу «Условия, объекты и методы исследования». При этом представление и анализ полученных результатов, которые сведены в общую главу 5, правильнее было бы разбить на несколько глав. В этом случае автору не пришлось бы большую часть количественных данных переносить в приложение, что в определенной степени затрудняет восприятие анализируемого материала.

Основная экспериментальная глава 5 состоит из пяти разделов, каждый из которых раскрывает определенные аспекты диссертационного исследования. Так, в разделе 5.1 кратко оцениваются фоновые уровни содержания анализируемых тяжелых металлов в почвах Республики Дагестан. С использованием геохимических спектров для каждой высотной зоны показан уровень накопления элементов в почвах. Для всех 4-х зон выявлено обогащение Cd, для 3-х (кроме среднегорной) – Pb, для одной (высокогорной) – еще и Cu. Кроме почв на различных высотных поясах горного Дагестана, рассматривается фоновое валовое содержание тяжелых металлов в конкретных типах почв каждого пояса, по этим данным построены убывающие ряды концентрации элементов для каждого типа почв в каждом высотном поясе. В этом разделе дана статистическая оценка достоверности различий полученных фоновых концентраций элементов в изучаемых почвах с их кларками для почв мира. Это интересные и важные данные, позволяющие оценивать современный уровень содержания тяжелых металлов на фоновых участках в основных высотных поясах изучаемого региона Северо-Восточного Кавказа.

В разделе 5.2 рассматривается роль выбросов автотранспорта в накоплении тяжелых металлов в исследуемых почвах и растениях. На наш взгляд, правильнее было бы сначала оценить фоновые уровни накопления металлов в надземной и подземной фитомассе изучаемых видов тысячелистников, а уж затем оценивать вклад загрязнения, но автор решил действовать иначе. Показано влияние высотной поясности и удаленности участка от дороги на уровень накопления металлов в почвах и растениях. Выявлено влияние некоторых свойств почвы на подвижность металлов, в частности гранулометрического состава и гумусности. Установлено влияние интенсивности движения транспорта: чем оно выше, тем выше концентрации металлов в почве и растениях. Для оценки влияния факторов на аккумуляцию металлов в почве использован дисперсионный анализ, показавший существенное влияние типа почвы и характера почвообразующих пород на изучаемые процессы.

В разделе 5.3 анализируются особенности накопления и распределения металлов в различных органах изучаемых видов тысячелистника на фоновых и антропогенно нарушенных участках в условиях высотной поясности. Выявлены видовые различия и влияние природных и антропогенных факторов на аккумуляцию металлов в конкретных органах разных видов тысячелистника. На примере тысячелистника обыкновенного показано влияние высотной зональности.

В разделе 5.4 рассматривается взаимосвязь накопления тяжелых металлов в растениях с их содержанием в почве соответствующих местообитаний. Эта связь оценивалась по коэффициентам парной корреляции для концентрации подвижных и потенциально подвижных форм металлов в почве с их содержанием в надземной фитомассе 2-х видов тысячелистника. Роль высотной поясности в данном случае не учитывалась.

Последний раздел 5.5 посвящен изучению влияния эдафических факторов на накопление тяжелых металлов растениями рода Тысячелистник, среди которых используются тип почвы, содержание гумуса и pH. Тип почвы в полной мере нельзя относить к эдафическому фактору, это понятие гораздо шире, но его влияние на биогеохимические особенности растений оценивать вполне правомерно. Анализ в этом разделе построен автором на оценке коэффициента биологического поглощения и коэффициента биогеохимической подвижности. Поскольку коэффициент биологического поглощения рассчитывался как коэффициент концентрации, полученные результаты оказались существенно заниженными, но вполне информативными.

В разделе «Заключение» кратко перечислены основные направления выполненного исследования и их главные результаты.

Выводы, сформулированные автором, в целом соответствуют задачам диссертационного исследования, которое характеризуется научной новизной, теоретической и практической значимостью.

Список использованной литературы достаточен для полноценного анализа рассматриваемой в диссертации проблемы. Приложения подтверждают большой объем проделанной автором экспериментальной работы. Автореферат диссертации и публикации Семеновой В.В. отражают основное ее содержание.

Достоверность материалов диссертации

Достоверность научных положений и выводов диссертации Семеновой В.В. подтверждается научно обоснованным выбором полигонов и объектов для проведения полевых экспериментальных исследований, применением традиционных и современных методик, длительным периодом сбора фактических данных, их общим большим объемом, необходимым количеством повторностей по всем изучаемым показателям, результатами статистической обработки первичных данных, их сравнительным анализом с привлечением литературных материалов, широкой апробацией основных результатов диссертации.

Теоретическое и практическое значение диссертационного исследования

Анализ текста диссертации Семеновой В.В. позволяет заключить, что основные ее научные положения и выводы достаточно обоснованы и подтверждены большим объемом достоверных фактических данных, которые в основном логично и вдумчиво проанализированы автором. Полученные результаты вносят существенный вклад в общую экологию, экологию растений и экологическую биогеохимию, они значительно расширяют представления о биологии и экологии изученных видов рода *Achillea* L., произрастающих в разных экологических условиях Северо-Восточного Кавказа.

Проведенные исследования позволили автору сформулировать практические рекомендации, касающиеся использования видов рода *Achillea* L. как лекарственного сырья, а также возможности применения *Achillea millefolium* L. для целей фиторемедиации загрязненных тяжелыми металлами почв.

В целом диссертантка получила очень большой первичный материал, анализ которого был сопряжен с определенными трудностями, с большинством из которых она успешно справилась.

Замечания

К сожалению, диссертационная работа Семеновой В.В. не свободна от некоторых недостатков, которые будут охарактеризованы ниже в форме замечаний и рекомендаций.

1) Вопреки названию диссертационной работы, только одна из задач исследования связана с высотной поясностью изучаемого региона. При формулировке научной новизны и положений, выносимых на защиту, значение высотной поясности также почти не учитывается.

2) В обзоре литературы и при анализе собственных данных используются уже частично устаревшие источники 70-90 гг. XX века, хотя новые публикации также цитируются. Не полностью раскрыты понятие «тяжелые металлы» и проблема избыточного накопления большинства тяжелых металлов в растениях, подробно анализируется только избыток Pb и Cd. Автор в этом разделе не анализирует источники о фолитарном поглощении металлов растениями, хотя особенности этого процесса привлечены для объяснения собственных результатов. Не полностью использованы возможности анализа зарубежных публикаций по теме диссертационной работы.

3) В главе 2 описание природных условий Дагестана никак не привязано к конкретным пробным площадям или территориям, на которых проводились исследования. Эту проблему легко сняла бы достаточно подробная картосхема с обозначением высотных поясов, упоминаемых в тексте населенных пунктов и точек отбора образцов почвы и растений.

4) При характеристике низменного Дагестана упоминается микрорельеф, но по отмеченным высотам (от 26 до 200 м) – это, очевидно, мезорельеф.

5) В главе 3 на стр. 50 дана систематическая таблица тысячелистников, в которой почему-то отсутствует класс Двудольные и порядок Астроцветные. Кроме того, здесь нет четких пояснений о том, как распределялись изучаемые виды в пределах высотных поясов. Из контекста работы получается, что не на всех территориях присутствовали все 4 вида тысячелистника.

6) В главе 4 текстовое описание пунктов отбора образцов трудно воспринимается человеком, не знакомым с географией Дагестана. Возможно, этот материал следовало бы поместить в таблицу и сопроводить подробными картосхемами расположения пунктов отбора (название поселений, высотная поясность). Карта на рис. 3 (стр. 57) не имеет легенды, поэтому слабо помогает разобраться с возникающими вопросами.

7) Из текста диссертации следует, что «оценку степени накопления элементов проводили на основе коэффициента биологического поглощения». С методической точки зрения это верно, но расчет этого коэффициента осуществлен как отношение содержания элемента в сухой наземной или подземной части растений (мг/кг сухой массы) к его содержанию в почве, т.е. как коэффициента концентрации. Ошибка досадная, но ценности полученных результатов она не снижает, так как оба показателя (КБП и Кк) отражают металлоаккумулирующую способность растений в конкретных условиях произрастания.

8) Несколько раз (например, на стр. 63) в тексте главы 5 упоминается, что на основе критерия Шапиро-Уилка не выявлено отклонений данных от нормального распределения, но никаких доказательств этому не предоставлено.

9) Собственные данные автора о содержании тяжелых металлов в фитомассе тысячелистников сравниваются с ПДК и максимально допустимыми уровнями (МДУ), но не уточняется, что это за показатели. ПДК для тысячелистников не существует, как и для высших растений в целом. Ссылки на литературные источники по тексту раздела отсутствуют. В методической главе 4 никакие нормативные показатели для почв и растений не упоминаются.

10) Несколько раз по тексту работы указывается на увеличение подвижности Fe, Ni, Cu и Zn в почвах со щелочными показателями pH, но известно, что эти элементы более подвижны и доступны растениям в кислой среде.

11) В диссертации видами-аккумуляторами названы те виды тысячелистника, которые накапливают наибольшие количества тяжелых металлов. Поскольку реально выявленные максимальные концентрации относительно невелики, правильнее было бы предлагать эти виды тысячелистника не для фиторемедиации почв, а для биоиндикации полиметаллического загрязнения почвенного покрова изучаемых территорий.

12) В работе нет объяснения тому, что автор понимает под устойчивостью видов тысячелистника к тяжелым металлам. В задачи диссертационного исследования этот аспект не входил и собственно

устойчивость видов автор не изучал, но в тексте работы и в последнем выводе идет речь об устойчивости отдельных видов тысячелистника к определенным тяжелым металлам.

Заключение

Выявленные недостатки не снижают общего благоприятного впечатления от диссертационной работы Семеновой В.В., а указывают на сложность решаемой проблемы. Автором получен большой фактический материал, который достаточно глубоко и на высоком научно-методическом уровне проанализирован в материалах диссертации. В целом диссертация Семеновой В.В. по объему, новизне, теоретической и практической значимости является законченной научно-квалификационной работой. В диссертации изложены научно-обоснованные результаты многолетних исследований, которые раскрывают эрудированность и профессионализм автора.

Диссертационная работа соответствует критериям, изложенным в п.п. 9-14 «Положение о порядке присуждения ученых степеней» Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а соискатель Семенова Виктория Валентиновна заслуживает присвоения искомой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – Экология (биологические науки).

Профессор кафедры экологии,
ботаники и охраны природы
Самарского национального
исследовательского университета
имени академика С.П. Королёва,
доктор биологических наук



Н.В. Прохорова



Прохорова Наталья Владимировна
443086, г. Самара, Московское шоссе, 34,
Телефон 8 (846) 334-54-43, E-mail: natali.prokhorova.55@mail.ru
ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва»
Профессор кафедры экологии, ботаники и охраны природы