

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Семеновой Викторией Валентиновны** «АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРЕДСТАВИТЕЛЯМИ РОДА ТЫСЯЧЕЛИСТНИК (*ACHILLEA* L.) В УСЛОВИЯХ ВЫСОТНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА», представленную к защите в диссертационный совет Д 212.166.12 при Нижегородском государственном университете им. Н. И. Лобачевского на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – экология (биология)

Диссертационное исследование В. В. Семеновой посвящено одной из проблем экологии и фармации – изучению содержания тяжелых металлов (ТМ) в лекарственном сырье. Подобного рода работы имеют важное практическое значение, т.к. тяжелые металлы влияют на синтез биологически активных соединений в растениях. Последние обладают высокой физиологической активностью по отношению к человеку, способствуя поддержанию нормальной жизнедеятельности его организма. Актуальность избранной темы определяется тем, что оценка влияния природного фактора – высотной зональности и антропогенного – автотранспортной нагрузки на содержание ТМ в органах разных видов рода *Achillea* ранее не проводилась. Высокое разнообразие природно-климатических условий Северо-Восточного Кавказа, определяемых высотной зональностью, позволяет использовать эту территорию для проведения подобного рода исследований. Тема диссертации полностью соответствует заявленной научной специальности – экология (биология).

Цель работы и задачи исследования сформулированы в соответствии с заявленной темой. Основное содержание работы соответствует поставленным задачам. Методы исследования, используемые в работе, адекватны поставленным задачам, получен репрезентативный оригинальный материал. Степень обоснованности каждого из сформулированных в диссертации научных положений, выводов и рекомендаций, можно считать достаточной.

Научная новизна полученных результатов заключается в том, что автором диссертационного исследования впервые установлено, что содержание ТМ в органах тысячелистника обыкновенного различается в зависимости от типа почв, подвижности элементов в почвах, а также от загрязняющего воздействия выбросов автотранспорта. Исследована видовая специфика в накоплении ТМ, выявлены виды тысячелистника, аккумулирующие ТМ в надземной фитомассе, и виды, устойчивые к избыточному накоплению ТМ.

Фундаментальная значимость работы определяется ее вкладом в развитие экологии и фармации – получение новых знаний о содержании тяжелых металлов в представителях рода *Achillea* и зависимости данного показателя от различных природных и антропогенных экологических факторов. Изучение содержания химических элементов в лекарственном сырье позволяет создавать на его основе новые ценные лекарственные препараты комбинированного действия, а также может служить критериями качества этого сырья. Практическая значимость определяется возможностью провести топографические исследования и паспортизацию мест заготовки сырья в данном регионе с указанием содержания потенциально опасных ТМ для человека, а также внести дополнения в инструкцию по заготовке лекарственных растений. Кроме того, результаты исследований позволяют рекомендовать определенные виды тысячелистника для фиторемедиационной очистки почв от загрязнения ТМ.

По материалам диссертации опубликована 21 печатная работа, из них семь – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации. Основные результаты апробированы на 12 международных и российских научных конференциях.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов, списка литературы и приложения. Текст работы изложен на 141 странице, включает 21 таблицу, 16 рисунков. Список литературы включает 266 источников, в том числе 29 – на иностранных языках.

Во введении автор обосновывает актуальность исследования, формулирует цель, задачи работы, основные положения, выносимые на защиту. Отмечена теоретическая и практическая значимость работы и новизна полученных результатов. Указан личный вклад автора, который заключается в проведении лабораторных и аналитических исследований, а также в совместных с научным руководителем полевых сборах материала, в анализе полученных данных, формулировании основных положений и выводов работы.

Глава 1. Литературный обзор

Данная глава состоит из четырех разделов. Представлена общая характеристика микроэлементов, формы нахождения химических элементов в клетках растений, их биологическая роль, участие в обменных процессах (фенольном, азотистом, нуклеиновом, ауксиновом), нарушения в растительных организмах, которые возникают при недостатке и избытке тех или иных химических элементов. Показано, что содержание тяжелых металлов в растениях определяется химическим составом почв и развитием промышленного производства. Освящены работы, отражающие видоспецифичность лекарственных растений в отношении накопления ТМ в органах растений. Сделан акцент на противоречивых сведениях, имеющихся в литературе, в части накопительных особенностей лекарственных растений. Резюмировано, что лекарственные растения еще недостаточно исследованы на содержание микроэлементов. Подчеркнуто, что установление взаимосвязи между организмами и геохимической средой имеет важное практическое значение.

Раскрыты некоторые важные с точки зрения содержания работы понятия: кларк концентраций, биофильность, биогеохимическая активность вида. В разделе «Взаимосвязь содержания тяжелых металлов в почвах и растениях» представлена информация о металлофитных флорах, об особенностях защитных механизмов у организмов-исключателей, о растениях-аккумуляторах, имеющих механизмы устойчивости к ТМ. Рассмотрены вопросы техногенного поступления поллютантов в окружающую среду и его влияния на содержание ТМ в почве и растениях.

Замечания к главе 1.

1. В обзоре литературы использованы в основном работы отечественных авторов, преимущественно 60–90 гг. Данные исследований последних лет не вошли в обзор (например, Титов и др., 2011; Ильин, 2012; Минкина и др., 2011, 2017; Самойленко и др., 2017; Харитонов и др., 2017; Копылова, 2018; Шелковников и др., 2018; Hall, Williams, 2003; Genotypic variation..., 2005). В других странах эти проблемы изучались не менее активно, и результаты этих работ важны и актуальны.

2. В разделе 1.2 «Тяжелые металлы в лекарственных растениях» освящены только несколько источников, непосредственно касающиеся рассматриваемой проблемы.

3. Заголовок раздела 1.4 «Техногенное влияние на содержание тяжелых металлов в почвах и растениях» шире содержания. В данном разделе рассматривается только влияние автотранспортной нагрузки на содержание химических элементов в растениях. Можно было объединить разделы 1.2 и 1.4 и рассмотреть, как влияет техногенное загрязнение на содержание ТМ в растительном сырье.

Глава 2. Природно-географические условия Дагестана

Представлена характеристика климата Дагестан, который отличается высокой континентальностью, засушливостью, резким переходом от полупустынного на низменности до холодного в высокогорье. Описаны климатические условия равнинной зоны, предгорья, Внутреннего Дагестана, Высокогорного района. Отмечено, что различия в строении рельефа согласуются с природной зональностью, в рамках которой выделяются равнинная, предгорная, среднегорная и высокогорная зоны, для которых характерны особые климатические условия, почвенный и растительный покров. Описана геологическая история этих территорий и гидрология Дагестана. Именно на этих территориях собран материал диссертационного исследования.

Замечания к главе 2

1. В главе представлена общая характеристика природно-географических условий Дагестана, но нет четкого описания высотной зональности Северо-восточного Кавказа. Рельеф, геология, почвы, климат и растительность описаны без относительно зон.

2. Представлено излишне подробное геологическое описание районов Дагестана, которое не имеет прямого отношения к теме исследования.

3. Описание гидрологии Дагестана построено на основании одного литературного источника – Б. А. Акаев, З. В. Атаев (1996). Аналогичное замечание касается описания почвенного покрова – источник: М. А. Баламирзоев с соавт. (2008) и растительности – источник А. А. Лепехина (1988).

Глава 3. Объекты исследования

В качестве объектов исследования выступали разные типы почв и виды тысячелистника. В главе описаны типы почв, характерные для антропогенно нарушенных и ненарушенных территорий низменной, предгорной, среднегорной и высокогорной зон. Приведена систематическая и биолого-экологическая характеристика изучаемых видов тысячелистника. Повсеместная встречаемость данных видов в природных и антропогенно нарушенных местах обитания обуславливает возможность изучения их накопительных особенностей.

Замечания к главе 3

1. Название пп 3.1 «Основные типы почв и их распространение» стр. 49 не соответствует содержанию данного раздела, в котором речь идет не о типах почв, а о местах отбора проб. Кроме того данный раздел относится к главе 4. Размещение информации об отборе почвенных образцов в разных главах привело к повтору материала.

Глава 4. Методы исследования

Материалом для исследования послужили четыре вида рода тысячелистника: *Achillea*: тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), тысячелистник благородный (*A. nobilis* L.), тысячелистник таволговый (*A. filipendulina* Lam.), тысячелистник Биберштейна (*A. biebersteinii* Afan.). Растительные образцы отбирали на фоновых и загряз-

ненных выбросами автотранспорта территориях, расположенных в низменной, предгорной, среднегорной и высокогорной зонах Дагестана. Почву отбирали в непосредственной близости от растений. Методики отбора почвенных и растительных образцов, пробоподготовка, аналитические методы исследования образцов на содержание тяжелых металлов соответствуют ГОСТ, адекватны задачам исследования. Всего отобрано и подвергнуто химическому анализу 105 почвенных и 506 растительных образцов, что является репрезентативным для выводов, сделанных в работе.

Подробно представлены аналитические методы анализа почв на содержание валовых, кислоторастворимых, подвижных форм химических элементов, а также растительных образцов на содержание ТМ. Все измерения выполнены на поверенном оборудовании.

Замечания к главе 4

1. Растительные образцы отбирали согласно «Правилам сбора и сушки лекарственных растений» (1985). Наряду с этим необходимо было учитывать «Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (изд. 2-е, перераб. и доп.) (1992) (Подгот.: Кузнецов Н.А. и др.). М.: ЦИНАО, 126.

2. Трудно воспринимается информация о местах отбора растительных образцов (стр. 55–56). Можно было ее систематизировать и представить в виде таблицы.

3. В данной главе не представлена информация об использованных в работе статистических методах анализа данных. Присутствует только констатация факта их использования.

Глава 5. Накопление тяжелых металлов в видах рода *Achillea*

Глава состоит из пяти разделов. В первом представлено валовое содержание тяжелых металлов в почвах исследуемых зон Дагестана. Максимальное валовое содержание характерно для Fe и Mn. Построенные автором геохимические спектры свидетельствуют об обогащении почв всех зон Pb и Cd, а высокогорной зоны еще и Cu, что является результатом распространения медноколчеданных и полиметаллических месторождений на этих территориях. Диссертанткой установлено, что разные типы почв обладают разными аккумуляционными способностями по отношению к тяжелым металлам. Содержание последних зависит не только от природной зональности, но и от гранулометрического состава, содержания гумуса в почве, автотранспортной нагрузки и т.д. Последняя оказывает значительное влияние на содержание ТМ в почвах и растениях. В условиях отсутствия автотранспортной нагрузки в однотипных почвах и видах рода *Achillea* содержится сходное количество тяжелых металлов.

В ходе исследования установлена межвидовая дифференциация в накоплении тяжелых металлов представителями рода *Achillea*. Выделены виды тысячелистника, в частности *Achillea filipendulina*, которые обладают концентрационными способностями. Автор рекомендует использовать их в фиторемедиационных целях. Наряду с этим *Achillea millefolium* L., *Achillea biebersteinii* Afan. и *Achillea nobilis* L. устойчивы к загрязнению почвы отдельными тяжелыми металлами.

Интерес представляют исследования распределения химических элементов по органам растений. Выявлены различия в содержании отдельных химических элементов в различных органах в зависимости от вида тысячелистника. При этом в низменной зоне не различается содержание ТМ ни в органах растений, ни у разных видов. Доказано, что в условиях автотранспортной нагрузки фолитарное поглощение тяжелых металлов преобла-

дает над корневым. Установлено, что на содержание тяжелых металлов в растениях антропогенно нарушенных территорий влияет сочетанное действие автотранспортного загрязнения и типа почв, однако каждый фактор в отдельности статистически незначим. При этом выбросы автотранспорта приводят к увеличению содержания ТМ в растительных органах разных видов тысячелистника до 8 раз. В целом результаты исследования согласуются с литературными данными.

На примере *Achillea millefolium* L. показано влияние высотной зональности на накопление ТМ в разных растительных органах. Fe и Mn накапливаются в листьях независимо от физико-географической зоны, Cd в листьях и соцветиях. Zn, Ni, Pb на низменности аккумулируются в корнях, в предгорной зоне – в листьях. Высотная зональность влияет на содержание Zn, Fe в растениях. Автор обосновывает в работе влияние зональности на аккумулирующие способности растений. Установлена вариабельность в содержании ТМ в органах растений. Независимо от органов растений высокая изменчивость характерна для Cd, Ni, Co.

Замечания к главе 5

1. Располагая данными по содержанию ТМ в антропогенно нарушенных и фоновых почвах в каждой зоне (раздел 5.1), желательно было установить превышение содержания ТМ в почвах и растениях над фоновым. Сравнение данных с ПДК и ОДК менее информативно в рамках данного диссертационного исследования.

2. В таблицах 2–6 (стр. 64–71) средние значения не сопровождаются ошибкой.

3. Заключение о том, что вблизи автомагистралей растения накапливают больше тяжелых металлов, сделанное по результатам раздела 5.2, тривиально. Данный раздел не имеет прямого отношения к теме исследования в том контексте, как она сформулирована.

4. Многофакторность исследования (4 зоны высотной поясности, 4 вида тысячелистника, разные типы почв, 8 химических элементов, масса названий населенных пунктов, где были отобраны почвенные и растительные образцы, фоновые и антропогенно нарушенные территории, различное удаление от автомагистралей), результаты которого представлены в работе в целом и в разделе 5.2 в частности, затрудняют восприятие текстового материала. Уход в частное описание материала делает невозможным формулирование каких либо закономерностей. Необходим был какой то интегральный подход к анализу данных, «свертка» анализируемого материала. Например, для интегральной оценки токсической нагрузки на почву (Безель и др., 2008; 2015; Жуйкова и др., 2018) и растения (Жуйкова, Фазлиева, 2014) можно было использовать соответствующие показатели суммарной токсической нагрузки.

5. В разделах 5.1–5.2 при анализе данных использован парный *t*-критерий Стьюдента. Однако речь идет одновременно о множестве разных факторов, которые влияют на содержание тяжелых металлов в почвах и растениях. Корректнее было применять многомерные статистические методы для анализа данных.

6. Не имело смысла оценивать содержание ТМ в растениях в зависимости от валового содержания элементов в почвах, т.к. растения поглощают подвижные кислоторастворимые формы. С этих позиций весь анализ в работе валового содержания ТМ в почвах не имеет прямого отношения к исследованию.

7. Разделе 5.5 «Влияние эдафического фактора на накопление тяжелых металлов в растениях рода *Achillea* L.» посвящен влиянию типа почв на коэффициенты биологического поглощения и коэффициенты биогеохимической подвижности. Материал представ-

лен без относительно высотной зональности, что в очередной раз уводит в сторону от темы исследования.

8. В практических рекомендациях п. 2 о местах сбора лекарственного сырья тривиален. Задача № 5 не реализована в полной мере.

9. Тема и цель диссертационного исследования сформулированы уже, чем содержание работы. В целом, обсуждение материала выходит за их рамки. Автором работы в главе 2 выделен и обоснован высотный градиент – описаны климатические условия, почвы, растительность, в соответствии с которым и нужно было строить обсуждение всего материала и не уходить в сторону разных типов почв, антропогенной нагрузки и др. факторов, которые влияют на накопление тяжелых металлов исследуемыми видами.

Выводы

Диссертационная работа завершается выводами, в которых нашли отражение основные полученные результаты, соответствующие поставленной цели и задачам. Выводы, вытекающие из материалов исследования, представляются ценными, как с фундаментальных позиций, так и в практическом плане. В целом в работе установлена закономерность, проявляющаяся в различиях в накоплении тяжелых металлов разными видами рода *Achillea* и их растительными органами в зависимости от высотной зональности, типа почв, уровня ее автотранспортного загрязнения, содержания гумуса в почве и др. факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация **Семеновой Виктории Валентиновны** является оригинальным законченным исследованием, выполненным по большей части самостоятельно на достаточно высоком профессиональном уровне. Работа основана на большом массиве данных, написана научным языком. Большинство замечаний, сделанных в отзыве, не умаляют значимости работы и не отражаются на основных положениях, выносимых на защиту.

Диссертация соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ (пп. 9–11, 13, 14), предъявляемым к кандидатским диссертациям, утвержденном Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2014 № 842, а ее автор **Семенова Виктория Валентиновна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – экология (биология).

Декан факультета естествознания
математики и информатики,
доктор биологических наук, доцент

Т. В. Жуйкова

Жуйкова Татьяна Валерьевна
Ученая степень: доктор биологических наук (03.00.16 – экология, 03.00.05 – ботаника)
Ученое звание: доцент
Должность: декан факультета естествознания
математики и информатики
Место работы: Нижнетагильский государственный
социально-педагогический институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Российский государственный
профессионально-педагогический университет»
622031, Нижний Тагил, ул. Красногвардейская, 57/1
Тел. факс: 8(3435)254800
e-mail: hbfnt@rambler.ru

05 сентября 2020 г.

