

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Прикаспийский институт биологических ресурсов
обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Дагестанского федерального исследовательского центра
Российской академии наук

На правах рукописи

СЕМЕНОВА ВИКТОРИЯ ВАЛЕНТИНОВНА

**АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
ПРЕДСТАВИТЕЛЯМИ РОДА ТЫСЯЧЕЛИСТНИК (*ACHILLEA* L.)
В УСЛОВИЯХ ВЫСОТНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ СЕВЕРО-
ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА**

03.02.08. – экология (биологические науки)

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Гасанов Г.Н.

Нижний Новгород

2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	
1.1. Роль тяжелых металлов в жизни растений.....	9
1.2. Тяжелые металлы в лекарственных растениях.....	17
1.3. Взаимосвязь содержания тяжелых металлов в почвах и растениях.....	20
1.4. Техногенное влияние на содержание тяжелых металлов в почвах и растениях	25
ГЛАВА 2. ПРИРОДНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДАГЕСТАНА.....	
ГЛАВА 3. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	
3.1. Основные типы почв и их распространение.....	49
3.2. Биологические особенности изучаемых представителей рода <i>Achillea</i> L.....	50
ГЛАВА 4. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	
4.1. Методы отбора растительных и почвенных проб.....	55
4.2. Методы анализа почв и растений.....	58
4.3. Степень достоверности результатов исследований.....	60
ГЛАВА 5. НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВИДАХ РОДА <i>ACHILLEA</i> L.	
5.1. Фоновые содержания тяжелых металлов в почвах Республики Дагестан.....	62
5.2. Воздействие антропогенного фактора (выбросов автотранспорта) на накопление тяжелых металлов в исследуемых почвах и растениях.....	65
5.3. Накопление и распределение тяжелых металлов в органах разных представителей рода <i>Achillea</i> L.....	76
5.4. Взаимосвязь между содержанием тяжелых металлов в растениях тысячелистника и почвах.....	100
5.5. Влияние эдафического фактора на накопление тяжелых металлов в растениях рода <i>Achillea</i> L.	103
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	113

ВЫВОДЫ.....	114
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	142

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В условиях нарастающего ухудшения экологической ситуации все большее внимание привлекает проблема загрязнения биосферы тяжелыми металлами (ТМ). Среди загрязнителей биосферы, представляющих наибольший интерес для различных служб контроля ее качества, ТМ относятся к числу важнейших. В значительной мере это связано с биологической активностью многих из них. Газопылевые выбросы предприятий и автотранспорта создают мощные техногенные потоки токсичных веществ, в том числе ТМ на поверхность почв и растений, вызывая их загрязнение (Орлов и др., 1991; Плеханова, 2000, 2001). Тяжелые металлы быстро накапливаются в почве и очень долгое время из нее удаляются. Большую роль в очистке почв играют фиторемедиационные мероприятия, в которых задействованы дикорастущие растения (Меженский, 2004; Prasad, 2001). В связи с этим, важным становится вопрос о выявлении растений-аккумуляторов ТМ, которые могут быть использованы для фиторемедиации. Виды семейства сложноцветных являются толерантными к высокому содержанию ТМ в надземной массе (Безель, Жуйкова, 2007). Необходимо изучить аккумулирующую способность видов тысячелистника и оценить возможность их использования для фиторемедиации загрязненных почв.

В литературе имеются сведения о содержании ТМ в пастбищных растениях Северо-Восточного Кавказа, в частности Дагестана, и о влиянии экологической среды на элементный состав растений (Салманов и др., 1982; Османова, Курамагомедов, 1982; Абдурахманов и др., 2009; Гиреев и др., 2012). Исследования по выявлению влияния высотной зональности на содержание ТМ в органах разных видов тысячелистника, по воздействию выбросов автотранспорта на растения ранее не проводились.

Одним из путей поступления ТМ в организм человека являются лекарственные растения (Клемпер и др., 1993; Гравель и др., 1994; Попов, 1993, 1995). В последнее время вопросы загрязнения лекарственных

растений ТМ, поступающими во внешнюю среду от промышленных предприятий и автотранспорта, привлекают внимание многих специалистов. С этой точки зрения изучение данного вопроса очень актуально.

Высокое разнообразие природно-климатических условий делает Дагестан ценной моделью для проведения нашего исследования по изучению содержания ТМ в видах тысячелистника. Такое разнообразие условий является причиной частой встречаемости целого комплекса эндемических заболеваний человека и животных, связанных с недостатком или избытком жизненно важных химических элементов.

Целью работы является изучение накопления тяжелых металлов растениями *Achillea millefolium* L., *Achillea nobilis* L., *Achillea filipendulina* Lam., *Achillea biebersteinii* Afan. в условиях высотной зональности Северо-Восточного Кавказа.

Задачи работы: 1. Определить содержание Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Pb, Cd в почвах и растениях рода *Achillea* L. фоновых и загрязненных участков;

2. Исследовать содержание ТМ в органах представителей разных видов тысячелистника (*Achillea* L.) в условиях загрязнения выбросами автотранспорта;

3. Выявить влияние эдафического фактора на накопление тяжелых металлов в видах рода *Achillea* L. в условиях высотной зональности;

4. Установить связь между содержанием ТМ в растениях тысячелистника и почвах;

5. Дать экологическую оценку возможного использования видов тысячелистника для фиторемедиации почв, загрязненных ТМ.

Научная новизна и теоретическая значимость. Впервые проведено исследование содержания ТМ в видах тысячелистника: т. обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), т. благородного (*Achillea nobilis* L.), т. таволгового (*Achillea filipendulina* Lam.), т. Биберштейна (*Achillea biebersteinii* Afan.) в разных эколого-эдафических условиях Республики Дагестан. Определено фоновое содержание ТМ в видах тысячелистника и почвах разных природных зон. Выявлено, что содержание Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Pb, Cd в органах тысячелистника зависит от

вида растений. В результате статистического анализа установлено, что содержание ТМ в органах тысячелистника обыкновенного различается в зависимости от типа почв, пород, подвижности элементов в почвах, а также от загрязняющего воздействия выбросов автотранспорта. Исследована видовая специфика в накоплении ТМ, выявлены виды тысячелистника, аккумулирующие ТМ в повышенном количестве в надземной массе, и виды, устойчивые к избыточному накоплению ТМ.

Практическая значимость. Показана зависимость содержания ТМ в растениях тысячелистника от их концентрации в почве, а также влияние антропогенного фактора (выбросов автотранспорта) на накопление ТМ в растениях. Это даст возможность провести топографические исследования и паспортизацию мест заготовки сырья с указанием содержания потенциально опасных ТМ для человека, а также внести дополнения в инструкцию по заготовке лекарственных растений.

Результаты исследований позволяют рекомендовать определенные виды тысячелистника для фиторемедиационной очистки почв от загрязнения ТМ.

Соответствие паспорту научной специальности. Результаты проведенного исследования соответствуют шифру специальности 03.02.08 – экология, конкретно области исследования – факториальной экологии.

Основные положения, выносимые на защиту:

1) Содержание Cu, Pb, Cd в почвах Дагестана превышает кларковые уровни, что обусловлено обогащением почвообразующих пород этими элементами. В условиях загрязнения валовое содержание Zn, Pb, Cd превышено по сравнению с фоном;

2) На фоновых участках низменной зоны Pb накапливается у *Achillea millefolium* – в корнях, при загрязнении – в соцветиях, у *Achillea nobilis*, *Achillea filipendulina*, *Achillea biebersteinii* на фоновых и антропогенно нарушенных участках максимальное количество Pb накапливается в листьях. Содержание ТМ в растениях *Achillea millefolium*, произрастающих в разных природных зонах, различается в зависимости от почвенно-климатических условий;

3) Связь между содержанием подвижных форм ТМ в почве и растениях различается в зависимости от вида тысячелистника. Эта связь выявлена для *Achillea filipendulina*, но не для *Achillea millefolium*;

4) При сравнении видовой специфики накопления ТМ в условиях загрязнения выявлено, что *Achillea filipendulina* является аккумулятором Fe, Cu, Ni, Pb, Cd. *Achillea millefolium* оказался наиболее устойчивым к загрязнению Fe, Mn, Zn, Cu, *Achillea biebersteinii* - к Ni, Pb, *Achillea nobilis* - к Cd.

Личный вклад. Лабораторные и аналитические исследования проведены лично автором, а полевые сборы совместно с научным руководителем с 2008 по 2015 гг..

Апробация работы. Материалы исследования доложены и обсуждены на XVI и XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Москва, 2009, 2010), Международной научно-технической конференции «Наука и образование – 2009» (Мурманск, 2009), VII Международной научной конференции «Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений» (Владикавказ, 2010), Международной научной конференции «Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России: инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водообеспечения» (Ростов-на-Дону, 2011), Международной молодежной конференции «Биокаталитические технологии и технологии возобновляемых ресурсов в интересах рационального природопользования» (Кемерово, 2012), XIV и XIX Международной научной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России» (Махачкала, 2012, 2017), IV Международной научной конференции «Современные проблемы загрязнения почв» (Москва, 2013), Всероссийской научно-практической конференции «Почвы аридных территорий и проблемы охраны их биологического разнообразия» (Махачкала, 2014), Международной научной конференции «Роль почв в биосфере и жизни человека» (Москва, 2015), Всероссийской научно-практической конференции «Почвенные ресурсы основа создания продовольственной безопасности» (Махачкала, 2015).

Публикации. По материалам диссертации опубликована 21 печатная работа, в том числе 7 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Благодарности. Автор выражает благодарность за оказанную помощь при работе над диссертацией своему научному руководителю д.с.-х.н., профессору Гасанову Г.Н.. Автор выражает огромную признательность д.с.-х.н., профессору З.Г. Магомедалиеву за оказанное внимание, поддержку и неоценимую помощь в работе. Автор благодарит за ценные рекомендации главного научного сотрудника лаборатории региональной геологии и твердого минерального сырья института геологии ДФИЦ РАН, д.б.н., профессора З.Г. Залибекова.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, списка литературы и приложения. Общий объем диссертации 141 страница, включает 21 таблицу, 16 рисунков. В библиографии 266 источников, из них 29 иностранные.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Роль тяжелых металлов в жизни растений

Основоположник учения о микроэлементах В.И. Вернадский в 1896 году писал о биологической роли микроколичеств большого числа элементов. Большой вклад в развитие этого направления науки внесли Д.П. Малюга (1944), А.И. Виноградов (1952), В.В. Ковальский (1971, 1974), Я.В. Пейве (1971), В.А. Ковда (1959), М.Я. Школьник (1974), В.М. Гольдшмидт (1937), Н.Г. Зырин (1976), R.L. Mitchell (1955). Тяжелые металлы (ТМ) - это микроэлементы, поступающие в окружающую среду из техногенных источников. Поступающие из окружающей среды в организм человека микроэлементы необходимы для нормального его функционирования. Недостаток или избыток их в окружающей среде вызывает различные болезни людей, называемые микроэлементозами человека (Авцин и др., 1991).

На разных этапах эволюции сопряженно с изменениями в составе биосферы изменялась металлопоглощающая способность растений, поэтому возникшие в разное время типы растительных организмов характеризуются разным содержанием элементов (Ковалевский, 1969; Школьник, 1974; Полевой, 1989). В.И. Вернадский (1934, 1967) и А.П. Виноградов (1952, 1957, 1962) высказывали предположение о том, что элементный химический состав растений можно рассматривать как видовой признак.

Установлена способность растений поглощать из окружающей среды в больших или меньших количествах практически все известные химические элементы (Виноградов, 1962; Полевой, 1989; Дабахов и др., 1998; Ильин, 2006; Андреева, Говорига, 2008; Елькина, 2008; Bowen, 1966). Одни авторы считают, что, так или иначе все они участвуют в жизненных процессах (Пейве, 1971; Ильин, 1991). Другие указывают на то, что для нормальной жизнедеятельности растений необходимы лишь определенные группы элементов, функции которых незаменимы (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Полевой, 1989; Bowen, 1966). К ним

относят С, Н, О, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Na, Si, Co и некоторые другие элементы, в том числе и тяжелые металлы – микро- и макроэлементы (Власюк, 1956; Абуталыбов, 1961; Чернавина, 1970; Школьник, 1974; Бойченко, 1976; Полевой, 1989; Ильин, 1991; Bowen, 1966).

Марганец. Среднее содержание марганца в растениях равно 10^{-1} %. КБП колеблется от 0,1 до 100. Mn впервые был обнаружен в 1788 г. в золе тмина и некоторых древесных растений. В клетках растений наибольшее количество марганца находится в цитоплазме (Ивлев, 1986). Mn является регулятором окислительно-восстановительных процессов, происходящих в растениях. Имеет значение в фотосинтетическом и окислительном фосфорилировании, влияет на синтез таннидов и алкалоидов. Mn играет важную роль в азотистом обмене, связан с нуклеиновым обменом и входит в состав ферментов нуклеинового обмена, оказывает положительное влияние на биосинтез белка (Корякина, 1974). Марганец играет, однако, важную роль как кофактор многих ферментов, например, в цикле Кребса, как компонент марганецсодержащей супероксиддисмутазы, а также принимает участие в выделении кислорода при фотосинтезе (Каталымов, 1960; Зитте и др., 2008). Активность Mn в различных физиологических и биохимических процессах определяется не только его количеством в растении, но и его соотношением с другими химическими элементами, участвующими в этих процессах. Особенно важно соотношение между количеством Mn и Fe. Соотношение неодинаково для различных видов и изменяется в зависимости от экологических условий. Однако установлено, что наличие определенного соотношения между этими двумя элементами является обязательным условием правильного развития растений. Железо поступает в растение в составе хелатов, где оно находится в двухвалентном состоянии Fe(II). В случае накопления повышенных концентраций Fe(II) может токсически воздействовать на растение. В присутствии же марганца железо окисляется и выпадает в осадок. Но окисление железа возможно только при определенном соотношении между этими элементами. Если это соотношение нарушается, то действие железа может быть двояким: а) при недостатке марганца железо будет

накапливаться в растении в виде Fe(II) и может достичь токсических концентраций; б) при избытке марганца Fe(II) переводится в Fe(III). Последнее накапливается в виде органофосфорного железа, и растение начинает испытывать недостаток в железе. Нарушения в обмене Fe вызывают хлороз растений, который может возникнуть как от избытка, так и от недостатка Mn. Он может также наступить при вытеснении Fe не только Mn, но и другими металлами, что при их избытке приводит к задержке синтеза хлорофилла (Корякина, 1974).

При недостатке Mn интенсивность окислительно-восстановительных процессов и синтез органического вещества ослабевают. Под влиянием элемента ускоряется передвижение ассимилятов из листьев к корням и другим органам, активизируется синтез аскорбиновой кислоты и других витаминов (Корякина, 1974).

Цинк. Кларк цинка в живом веществе равен 2×10^{-3} . Коэффициент биологического поглощения цинка в 12 раз выше, чем у свинца. К тому же известны организмы-концентраторы цинка, в золе которых его содержание достигает 10-17% от массы. Большая часть цинка в растениях сосредоточена в легко разрушающихся тканях и быстро удаляется из растения (в отличие от свинца) (Безуглова, Орлов, 2000). Цинк как один из биогенных элементов относится к числу жизненно необходимых для развития и роста как высших, так и низших растений. Цинк встречается в растениях в концентрации, примерно в 10 раз превышающей концентрацию меди, и примерно 1/10 таковой железа. Биологическая роль цинка связана с его участием в ферментативных реакциях, протекающих в клетках. Он входит в состав более чем 70 ферментов, в том числе алкогольдегидрогеназы, карбоангидразы, супероксиддисмутазы, различных дегидрогеназ, фосфатаз, связанных с дыханием и другими физиологическими процессами, протеиназ и пептидаз, участвующих в белковом обмене, ферментов нуклеинового обмена (Зитте и др., 2008). Цинк оказывает большое влияние на окислительно-восстановительные процессы, скорость которых при его недостатке заметно снижается. Этот элемент необходим также для процессов оплодотворения растений и развития зародыша. Цинк скапливается в наиболее

богатых витаминами частях растений (Каталымов, 1960). Он принимает непосредственное участие в синтезе хлорофилла, оказывает влияние на фотосинтез и углеводный обмен в растениях (Корякина, 1974). В растениях наряду с участием в дыхании, белковом и нуклеиновом обменах цинк регулирует рост, влияет на образование аминокислоты триптофана, повышает содержание гиббереллинов. Цинк стабилизирует макромолекулы различных биологических мембран и может быть их интегральной частью, влияет на транспорт ионов, участвует в надмолекулярной организации клеточных органелл (Полевой, 1989). Цинк повышает засухо-, жаро- и холодоустойчивость растений.

В отсутствии или недостатке цинка нарушается биосинтез витаминов (аскорбиновой кислоты, витамина В₁ и ростовых веществ-ауксинов) (Безуглова, Орлов, 2000). Недостаток цинка способствует разрушению и окислению ростовых веществ; при этом задерживается образование триптофана и ауксинов, что приводит к снижению роста растений и нарушению других физиологических процессов. Цинк играет роль в азотистом обмене. В бедных им растениях накапливаются в избытке небелковые формы азота - свободные аминокислоты и амиды. Он входит в состав ферментов нуклеинового обмена (Корякина, 1974). При недостатке цинка нарушается фосфорный обмен. Кроме того в 2-3 раза подавляется скорость деления клеток, что приводит к морфологическим изменениям листьев, нарушению растяжения клеток и дифференциации тканей (Полевой, 1989). На листьях появляется хлороз, пожелтение и пятнистость, переходящая иногда и на жилки. Признаки быстро распространяются. При большом недостатке появляется некроз. Голодание сильно выражено сразу после распускания листьев. Рост застывший, асимметричность листьев, укороченные междоузлия, розетчатость и мелколистность. Листья бывают свернутые, хрупкие и ломкие (Чумаков, 1980). Цинк характеризуется слабой фитотоксичностью: первые признаки замедления роста и угнетенности развития появляются у большинства растений при содержании этого элемента свыше 300 мг/кг (Садовникова и др., 2006).

Отсюда понятно, что изучение содержания цинка в растениях представляет значительный интерес с точки зрения выявления растений – природных концентраторов цинка, в которых этот элемент находится в естественном, металлоорганическом комплексе.

Медь. Медь имеет очень важное значение в жизни растений и не может быть заменена каким-либо другим элементом (Корякина, 1974). В растениях она присутствует в концентрации примерно 3-10 мкг/г сухого вещества. В природе медь встречается в одновалентном и двухвалентном состояниях. Установлено, что она принимает участие в образовании 19 ферментов, а также в процессах дыхания, фотосинтеза, усвоения молекулярного азота, биосинтеза хлорофилла (Ивлев, 1986). Значительна роль меди в фенольном, азотистом, нуклеиновом и ауксиновом обменных процессах. Успешно используется внесение меди в почвы под различные культуры (Кист, 1987).

Будучи элементом с различной степенью окисления, медь (как марганец и железо) занимает центральное положение в регулировании окислительно-восстановительных реакций. Медь оказывает положительное влияние на засухоустойчивость и морозостойкость растений. Она воздействует на поведение в растениях ряда других элементов. В частности, от наличия меди зависит усвояемость железа, кальция, фосфора. Для различных растений, как и для разных экологических условий, необходимы строго определенные соотношения между медью и этими элементами. Нарушение соотношений вызывает изменение биохимических процессов в растении (Ивлев, 1986). Медь участвует в регулировании водного баланса растений, поэтому при ее недостатке растения теряют тургор, листья поникают, несмотря на достаточное количество воды в почве. Чаще всего страдают от недостатка меди растения на вновь освоенных торфяниках и осушенных заболоченных почвах (Безуглова, Орлов, 2000).

Одним из признаков недостатка меди у растений является хлороз (пожелтение) листьев, связанный с разрушением хлорофилла. При слабо выраженном недостатке меди задерживается рост растений; при сильном голодании растения гибнут (Каталымов, 1960). При медном голодании

нарушается также синтез лигнина: диаминооксидаза, которая поставляет H_2O_2 для окисления предшественников лигнина, является медьсодержащим ферментом. Пыльца растений, выросших при недостатке меди, нежизнеспособна. Медь начинает быть токсичной при 20-30 мкг/г сухого вещества (Зитте и др., 2008).

Молодые растения содержат больше меди, чем взрослые. Минимальное количество меди, необходимое для нормальных физиологических функций растения, неодинаково для разных видов растений и зависит от фазы их развития. На поступление меди в растения влияют и климатические факторы (Корякина, 1974).

Никель. Никель – составная часть уреазы высших растений (Зитте и др., 2008). В растениях никель активирует аргиназу, оксалоацетаткарбоксилазу, пептидазу, нитратредуктазу (Кист, 1987). Никелевое голодание приводит, например растений сои, к листовым некрозам вследствие локального накопления мочевины (до 2,5 %). Дальнейшими проявлениями являются замедленный рост проростков и сниженное образование клубеньков. Содержание никеля в вегетативных частях высших растений варьирует в основном от 1 до 10 мкг/г сухого вещества (Зитте и др., 2008).

Кобальт. Кобальт входит в состав всех высших и низших растений. Среднее содержание его в сухом веществе - от 0,05 до 11,6 мг/кг. В живых организмах кобальта в сотни раз меньше, чем железа, но физиологическая роль его не меньшая. Кобальт – это специфический металл, участвующий в образовании металлоферментов (Ивлев, 1986). Кобальт положительно влияет на ростовые процессы, на накопление хлорофилла, повышает его устойчивость к разрушению в темноте, действует на окислительное фосфорилирование, фотосинтез, ускоряет синтез нуклеиновых кислот, повышает активность многих ферментов, витаминов.

Кобальт влияет на синтез и накопление сахаров и жиров в растениях. Наибольшее количество кобальта содержится в хлоропластах и митохондриях. Этот элемент способствует повышению засухоустойчивости растений. Недостаток кобальта в растениях ведет к ослаблению синтеза витамина B_{12}

(Корякина, 1974). Недостаток кобальта в почве приводит к развитию у растений заболевания – безлепестковая анемомма (Безуглова, Орлов, 2000). Внешние признаки недостатка кобальта – торможение роста растений, уменьшением ветвления корней, появлением бледно-зеленой окраски у листьев в результате нарушения синтеза хлорофилла. Она в последующем меняется на желтую, оранжевую или красную (Ребров, Громова, 2008).

Свинец. В небольших количествах свинец растениям необходим. Его дефицит возникает при содержании в надземной части 2–6 мкг/кг сухого вещества. Свинец нужен лишь в очень малых концентрациях для работы некоторых ферментов. Естественные уровни содержания свинца в растениях из незагрязненных областей находятся в пределах 0,1-10,0 мг/кг сухой массы при средней концентрации 2 мг/кг (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). Избыток свинца ингибирует дыхание, фотосинтез, снижает поступление Zn, Ca, P, S. Вследствие этого снижается урожайность растений и резко ухудшается качество производимой продукции.

Свинец имеет невысокую фитотоксичность в связи со способностью растений переводить его в малоподвижное состояние в процессе различных химических реакций образования труднорастворимых фосфатов, сульфатов, карбонатов, хроматов, молибдатов, гидроксидов. А также в результате сорбции органическими и минеральными коллоидами (Садовникова и др., 2006).

Кадмий. В малых концентрациях он может стимулировать процессы жизнедеятельности растений (Ковальский и др., 1971).

Нормальное содержание кадмия в растениях 0,05 - 0,2 мг/кг воздушно-сухой массы (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Несмотря на то, что кадмий не является необходимым для жизнедеятельности растений элементом, этот металл активно поглощается растениями.

Кадмий в основном локализуется в корнях и в меньших количествах - в стеблях, черешках и главных жилках листьев. При этом, когда количество кадмия в среде резко повышается, концентрация элемента в корнях в несколько раз

превышает его концентрацию в надземной массе. Установлено, что хлорофилл обладает способностью концентрировать кадмий в растительных тканях. Видимые симптомы, вызванные повышенным содержанием кадмия в растениях, - это хлороз листьев, красно-бурая окраска их краев и прожилок, а также задержка роста и повреждения корневой системы. Фитотоксичность кадмия проявляется и в тормозящем действии на фотосинтез, нарушении транспирации и фиксации углекислого газа, а также в изменении проницаемости клеточных мембран. Кадмий - эффективный и специфичный ингибитор биологического восстановления. Поскольку в органические вещества включается только аммонийный азот, нитрат - анионы, поглощенные растением, должны восстанавливаться в клетках (Гладков, 2010).

Высокая фитотоксичность Cd объясняется его близостью по химическим свойствам к Zn. Поэтому Cd может выступать в роли Zn во многих биохимических процессах, нарушая работу таких жизненно важных ферментов, как карбоангидраза, различные дегидрогеназы, фосфатазы, а также протеиназ и пептидаз, участвующих в белковом обмене, ферментов нуклеинового обмена и других. Как химический аналог цинка кадмий может заменять его в энзиматической системе, необходимой для фосфолирования глюкозы и сопровождающий процесс образования и расщепления углеводов (Гладков, 2010).

Железо. Железо входит как обязательный компонент в состав нескольких химических соединений клетки. К ним относятся различные соединения порфирина, например, гемовые группы цитохромов и других ферментов, таких, как каталазы и пероксидазы, а также леггемоглобинов. Далее следует упомянуть негемовые соединения железа, например, ферредоксин. Хотя железо не входит в состав хлорофиллов, оно абсолютно необходимо для их синтеза: железное голодание приводит к появлениям недостатка хлорофилла (хлорозам). Учитывая значительную роль железа в биосинтезе хлорофилла и соединений железа в фотосинтетическом транспорте электронов, нетрудно объяснить, что большая часть железа в листе находится в хлоропластах (Зитте и др., 2008).

Важнейший признак недостатка железа у растений - заболевание молодых листьев хлорозом. Листовые пластинки желтеют равномерно, в отличие от пятнистого хлороза, наблюдаемого при недостатке некоторых других элементов. Листья приобретают бледно-зеленую, а затем и светло-желтую окраску без отмирания ткани. Рост растений замедляется, урожайность падает. Избыток марганца или других тяжелых металлов также может приводить к железному голоданию, поскольку эти ионы конкурируют с железом за поглощение и зону действия в физиологических процессах (Зитте и др., 2008).

1.2. Тяжелые металлы в лекарственных растениях

Исследования, касающиеся изучения микроэлементного состава лекарственного растительного сырья, проводились как зарубежными учеными (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Bowen, 1966; Baker, 1975; Sevlyanski et al, 1990; Schileher, Peters, 1990), так и исследователями нашей страны. В нашей стране исследования по элементному составу лекарственных растений проводятся с 1965 года. В работах многих исследователей описываются тяжелые металлы и их соединения, процессы их миграции, трансформации, аккумуляции и воздействия на природные объекты (Алексеев, 1987; Мудрый, 1997; Маймулов и др., 2000; Авалиани и др., 2002; Блохин и др., 2002; Боев и др., 2004; Скальный, Рудаков, 2004; Курбатова, 2006). Из обзора литературы наиболее интересными представляются нам работы Ковальского (1971), Гринкевича (1975); Ноздрюхиной, Гринкевича (1980), Романа (1987), Дмитриева (1991), Попова, Попкова (1992), Попова (1993; 1994).

При изучении влияния экологических факторов на растительный организм важным является изучение действия химических элементов почвы на лекарственные растения, так как они влияют на синтез в растении биологически активных соединений (Гринкевич, 1975; Дмитриев, 1991).

Формирование химического состава растений происходит при одновременном воздействии большого количества факторов внешней среды, но особо важную роль при изучении химической изменчивости растений играет

состав почвы. Среди комплекса факторов, оказывающих влияние на организмы растений, большая роль принадлежит природным и антропогенным факторам, которые определяются геологической историей местности, химическим составом почв и развитием промышленного производства (Гринкевич, 1975). Установление взаимосвязи между организмами и геохимической средой составляет содержание геохимической экологии, которое возникло на основе идей В.И. Вернадского о единстве жизни и геохимической среды (Вернадский, 1934, 1967, 1978) и идей А.П. Виноградова о биогеохимических провинциях (Виноградов, 1952). Дальнейшее теоретическое обоснование это направление получило в трудах В.В. Ковальского (Ковальский и др., 1971) и его учеников. В.И. Вернадский (1978) в 1937 году ввел в науку понятие кларки концентраций (K_K). Под K_K он понимал отношение среднего содержания элемента в данной системе к его среднему содержанию в земной коре. А.И. Перельман (1987) предложил K_K в живых организмах назвать – биофильность. Исследования в области геохимической экологии позволяют глубже понять закономерности миграции химических элементов в биосфере, выяснить пути и механизмы их концентрирования. Работы в этом направлении помогают решить вопросы, связанные с потребностью организмов в элементах, в частности, своевременно выявить патологические явления и специфические заболевания, возникающие у организмов при резком изменении химического состава среды. Биогеохимическими и экологическими исследованиями показано, что для биоты большей значимостью обладает не общее содержание ТМ, а содержание их подвижных форм (водорастворимые, кислоторастворимые и др.) (Цветкова, Дубина, 1989; Алексеева-Попова и др., 1990; Ильин, 1991).

За норму содержания ТМ приняты пределы их концентраций, способствующие осуществлению нормальной регуляции функций у растений (Безсонова, 1992). Опубликованные материалы разных исследователей о нормальных (средних, фоновых) концентрациях химических элементов в биомассе растений и их органах позволяют ориентироваться в оценке норм содержания отдельных элементов (Тяжелые..., 1980; Кабата-Пендиас, Пендиас,

1989; Ильин, 1991; Чиркова, 2002; Baker, 1975; Fritz et al, 1976; Schnetzer et al, 1980; Pietrini et al, 2003).

Наиболее подробно элементный состав тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) описан в работах А.И. Попова. В статье «Элементный состав надземной части *Achillea millefolium* L.» А.И. Попова (1993) определено содержание 26 элементов в надземной части и составляющих ее органах тысячелистника обыкновенного *Achillea millefolium* L., произрастающего в Кемеровской области. Автор пишет, что полученные результаты экспериментальных исследований позволили выявить интересные сочетания элементов в надземной части, что позволяет создать на основе этого сырья новые ценные лекарственные препараты комбинированного действия. Предложено использовать сырье тысячелистника, не удовлетворяющее по содержанию экстрактивных веществ, а также отходы производства при получении жидкого экстракта для коррекции элементного баланса в организме человека. В статье «Элементный состав лекарственного сбора для лечения гипертонической болезни» (Попов, 1995) целью исследования было изучение сбора (в форме настоя), включающего 10 видов лекарственных растений, обладающих разными фармакологическими свойствами. Исследование посвящено изучению элементного состава многокомпонентного растительного препарата – сбора для лечения гипертонической болезни. Для количественного определения элементов автор использовал атомно-абсорбционную спектроскопию. Использованные методики позволили ему определить количественное содержание в сборе 28 элементов. Автор считает, что полученные данные могут служить критерием качества этого сбора и использоваться для создания законодательного положения, регламентирующего экологическую чистоту препаратов растительного происхождения. В работе «Влияние почвы на элементный состав *Achillea millefolium* L.» (Попов, 1994) раскрывается видоспецифичность аккумуляции элементов тысячелистником обыкновенным *Achillea millefolium* L.. Автор впервые методом эмиссионного спектрального анализа определил содержание 30 элементов в подземной и надземной частях тысячелистника обыкновенного и в

почвах из мест его обитания в Кемеровской области. Он также выявил элементные ассоциации, содержание которых в различных частях тысячелистника линейно зависит от их содержания в почве.

Многолетними исследованиями В.В. Ковальским (1971) и его соавторами установлено, что в растениях со сходным составом биологически активных соединений содержится близкое количество избирательно накапливаемых микроэлементов независимо от места произрастания. Автор считает, что изучение лекарственных растений представляет значительный интерес с точки зрения выявления растений – природных концентраторов кобальта, в которых этот элемент находится в естественном металлоорганическом комплексе. Интересно также изучение роли кобальта в качестве активатора определенных ферментативных систем в биосинтезе различных групп биологически активных соединений.

В статье «Видовые особенности и эдафические факторы накопления тяжелых металлов лекарственными растениями пригородной зоны г. Казани» приводятся данные о содержании ТМ в лекарственном растительном сырье, а также выявление фактора, определяющего их накопление (Сибгатуллина, 2007).

Рассмотрение накопления микроэлементов растениями, произрастающими в разных типах фитоценозов, наиболее хорошо отражено в работе под названием «Микроэлементный состав некоторых лекарственных растений Забайкалья» (Кашин, 2010). В ней проанализировано содержание микроэлементов в лекарственных растениях, и сделан вывод, что один и тот же вид в разных местах произрастания довольно значительно различался по содержанию микроэлементов, а разные виды в одном биотопе накапливают разные количества микроэлементов.

Анализ имеющихся литературных данных показывает, что лекарственные растения еще недостаточно исследованы на содержание микроэлементов.

1.3. Взаимосвязь содержания тяжелых металлов в почвах и растениях

Особенности геохимической среды – относительно более изменчивый во времени и пространстве фактор. Здесь постоянно создаются условия

избыточности или недостаточности элемента для нормального развития растения. А.Л. Ковалевский (1969) установил, что при малом содержании элемента в почве растение поглощает все имеющееся количество доступных для него форм этого элемента (Безуглова, Орлов, 2000). Уменьшение количества элемента в почве приводит к уменьшению его содержания в растении, т.е. развитие растения и его химический состав зависят от геохимической среды (лимитирующий фактор). Также он определил, что химический состав растения определяется биологическими особенностями вида и физиологической ролью этого элемента. Геохимическая среда при этом не является лимитирующим фактором и поэтому в растении срабатывают механизмы регуляции поглощения элемента. Большую роль при этом играет присутствие в среде других элементов, их количественное соотношение и взаимоотношения. В литературе известны факты, указывающие на стабильность микроэлементного состава растений, независимо от условий их произрастания. В частности, некоторые исследователи (Глазовская, 1992; Власюк, 1969; Жизневская, 1972; Ковалевский, 1991) это объясняют тем, что у растений находится мощный антиконцентрационный физиолого-биохимический барьер, направленный против избыточных концентраций химических элементов в питательной среде.

А.Л. Ковалевский (1969) разделил растения по типу поглощения химических элементов на безбарьерные и барьерные. Содержание металла в золе безбарьерных растений растет пропорционально содержанию его в почве. В барьерных – имеется порог концентрации, выше которого растение прекращает поглощать элемент, несмотря на увеличение его в почве. Барьерные виды растений подразделяют на низко-, средне- и высоко барьерные.

Таким образом, при очень больших концентрациях химических элементов в среде у многих растений проявляются защитные механизмы, контролирующие поступление элементов в допустимых пределах, называемых пороговой концентрацией. Пороговые концентрации имеют не только верхний предел, но и нижний. Обычно у организмов за пределами пороговой концентрации начинают проявляться как физиологические, так и морфологические изменения.

Безбарьерные организмы не имеют этих механизмов регуляции поступления химических элементов, и поэтому они могут существовать в среде, содержащей какое-то определенное количество элементов.

Итак, одни растения концентрируют химические элементы в больших количествах, другие – в меньших, третьи не накапливают их вообще. Способность вида накапливать определенное количество химического элемента, выраженная в суммарных кларках концентрации называется биогеохимической активностью вида.

Различные химические элементы среды играют неодинаковую роль в биохимических процессах. Причем действие конкретного химического элемента зависит от присутствия в среде других элементов, а так как состояние геохимической среды динамично как в пространстве, так и во времени, то растительный организм или вынужден приспосабливаться к этим изменениям, или обречен, погибнуть. Особенно остро реагируют растения на избыточно высокие концентрации элементов в среде. Только немногие виды растений приспособлены к почвам, содержащим химические элементы в аномально высоких количествах. В таких условиях растения либо в ограниченном количестве поглощают избыточные элементы, либо обезвреживают их путем осаждения или изоляции в компартментах клетки и в клеточной стенке. Есть виды, устойчивые к высоким концентрациям определенных ТМ и способные даже накапливать их в своих тканях (токсикофиты).

Приспосабливаясь к изменениям среды в ходе эволюционного развития, растительные организмы создают новые формы, которые называются физиологическими формами. Среди физиологических форм растений особую группу составляют эндемичные виды (эндемики), под которыми понимают виды или разновидности растений, имеющие очень узкий ареал распространения. Ограниченность ареала распространения таких растений обусловлена геохимической средой, характеризующейся повышенной или пониженной концентрацией одного или нескольких химических элементов. Эндемики характеризуются устойчивыми морфологическими признаками, характерными

только этим видам растений. Эндемики и растения с физиологическими формами и морфологической изменчивостью в процессе эволюционного развития, как правило, дают новые виды. Морфологическая изменчивость проявляется по-разному. Это может быть полиморфизм цветков под влиянием свинца, цинка или молибдена, нарушение и изменение пигментации листьев под влиянием молибдена, никеля, ртути, цинка, меди, йода, марганца. Эндемическая флора обычно формируется на рудных месторождениях: галмейная – на почвах, богатых цинком (галмейная фиалка (*Viola calaminaria*), ярутка галмейная (*Thlaspi calaminare*)), купрофиты на почвах, богатых медью (смолевка обыкновенная (*Silene vulgaris*), качим (*Gypsophila patrini*), различные виды *Gladiolus*). На почвах, содержащих много свинца, прекрасно себя чувствуют такие виды растений, как овсяница овечья (*Festuca ovina*) и полевица тонкая (*Agrostis tenuis*) – их считают индикаторами таких почв (Петрунина и др., 2010).

Основная часть высших растений повреждается избыточным содержанием ТМ (Лукин и др., 2011; Забашта и др., 2012). Однако многие растения способны накапливать в основном в надземных органах большие количества ТМ, многократно превышающие их концентрации в почве. Эти растения так и называются растениями-аккумуляторами, которые в процессе эволюции, произрастая на почвах геохимических аномалий, сформировали конститутивные механизмы устойчивости к ТМ, что позволяет им аккумулировать токсичные элементы в метаболически инертных органах и органеллах или включать их в хелаты и тем самым переводить в физиологически безопасные формы. Подобные виды растений начинают активно использовать для разработки технологий биологической очистки загрязненных территорий (Меженский, 2004).

Помимо растений-аккумуляторов существуют растения-индикаторы и растения-исключатели. У растений-индикаторов количество металла в растении растет с ростом концентрации элемента в почве в пределах ограниченного интервала, при дальнейшем росте количества металлов в почве содержание его в растении не повышается. Это растения, по присутствию которых можно судить о повышении содержания определенных элементов в питающей их среде. Среди

них выделяются универсальные, связанные исключительно с повышенным содержанием какого-либо элемента, и локальные – растения, обычно широко распространенные и только в отдельных районах являющиеся поисковыми признаками руды. Геоботаническими индикаторами служат и характерные изменения в особенностях развития растений, связанные с минералого-геохимическими свойствами пород и руд, над которыми эти растения произрастают. Ряд металлов, попадая в избыточном количестве в питающую среду, может вызвать у растений определенные физиологические и морфологические изменения (Алексеев, 2000; Лайдинен и др., 2011).

В побегах растений-исключателей поддерживается низкая концентрация металлов, несмотря на высокую концентрацию в окружающей среде. После достижения определенного уровня содержания металлов в почве, увеличивается количество их в растении. В этом случае барьерную функцию выполняет корень (Меженский, 2004; Немерешина и др., 2012; Серегин и др., 2014).

В процессах метаболизма в растениях образуются органические соединения с хелатирующими свойствами. При проникновении ионов ТМ в корни происходит их хелатирование и, как следствие, снижение подвижности. Предполагают, что определенную защитную функцию в корнях могут выполнять клетки пояса Каспари, препятствующие движению веществ по межклеточному пространству и ограничивающие их переход в проводящие ткани. В условиях загрязнения атмосферы значительное количество ТМ может поступать в растения некорневым путем. Такое поглощение происходит, как известно, по безбарьерному типу и пропорционально количеству поступивших ТМ. Ответная реакция растений на увеличение содержания ТМ в среде обитания рассматривается в литературе в двух аспектах: во-первых, изменение течения метаболических реакций под воздействием ТМ, во-вторых, нарушение поступления в растения в зависимости от соотношения концентрации всех ионов в наружном растворе (Голов и др., 1986).

1.4. Техногенное влияние на содержание тяжелых металлов в почвах и растениях

В условиях бурного развития промышленности, энергетики и транспортных коммуникаций, интенсивной разработки полезных ископаемых, активной химизации сельского хозяйства происходит резкий рост уровня загрязнения природной среды и, в первую очередь, почв и растений. В последние десятилетия среди наиболее опасных загрязнителей все чаще называют тяжелые металлы. Их содержание, миграция и перераспределение в компонентах экосистем зависят как от целого комплекса естественных факторов, так и от интенсивности и характера человеческой деятельности.

Из естественных факторов наиболее существенными являются: почвы, почвообразующие горные породы, гранулометрический и минералогический состав их, почвенные и подземные воды. Большинство факторов этой группы объединяется понятием «геохимический ландшафт» и изучается с этой точки зрения (Перельман, 1975, 1987; Глазовская, 1964, 1985; Геохимия ландшафтов ..., 1982; Фортескью, 1985; Касимов, 1992; Закруткин, 2002). Вторая большая группа естественных экологических факторов включает климатические и погодные: широтную - глобальную и высотную – локальную зональность, атмосферные осадки, влияние температуры воздуха и почвы.

Увеличение валового содержания ТМ в техногенно загрязненных почвах сопровождается возрастанием количества подвижных форм данных элементов, что повышает их опасность для растений и биоты (Обухов, 1990; Ровенская, 1990; Ильин, 1991; Минкина, 2006; Adriano, 2001; Al-Farraaj et al, 2013). Количественные характеристики возможного содержания ТМ в загрязненных почвах приведены в работах разных авторов (Рэуце, Кырстя, 1986; Ахундова, 1989; Kirkham, 2001).

В результате техногенеза изменяется рН почвенной среды, разрушается почвенно-поглощающий комплекс (Ильин, 1991; Liphadzi, Kirkham, 2006; Zhang et al, 2011). При этом изменяются физические свойства почв, угнетается растительность, что приводит к усилению делювиального процесса и почвенной эрозии (Дончева, 1976). Отмечается также, что производственная деятельность

человека в некоторых регионах привела к значительному загрязнению почв макро- и микроэлементами, вплоть до образования геохимических аномалий и целых провинций (Большаков, 1978; Никитин, 1980; Водяницкий, 2013; Zhang et al, 2011).

В связи с этим остро стоит вопрос о систематическом проведении мониторинга окружающей среды, поскольку до сих пор на федеральном, региональном и местном уровнях не решены многие вопросы организации контроля за загрязнением объектов окружающей среды ТМ (Толоконцев, 1989; Нац. план, 2001).

Чаще всего, говоря о фоновых или нормальных значениях содержания ТМ, подразумевают их содержание в верхнем корнеобитаемом слое почвы (0-10, 0-20 см). Многими исследователями установлено, что ТМ преимущественно аккумулируются именно в нем (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Кривоносова, 1989; Ниязов, 1990; Ильин, 1991; Prajapati, 2012), и коррелируют с содержанием органического вещества, взаимодействуя с ним (Ильин, 1987; Кикнавелидзе, 1988; Гайдаш, 1988; Трубецкой, 1992; Попович, 1992; Schumann, 1979; Benes, Benesovs, 1992). В процессе почвообразования происходит постепенное освобождение ТМ в профиле почвы из почвообразующих пород, постоянно идут процессы их водной миграции (Ивлев, 1986). Установлено, что снижение рН приводит к возрастанию растворимости и, следовательно, подвижности потенциально токсичных элементов (Ильин, 1991; Мотузова, 2007; Alloway, Morgan, 1986; Rorison, 1986; Prajapati, 2012).

Работы многих исследователей показали, что между химическим составом растений и элементным составом среды существует несомненная связь (Леванидов, 1961; Добровольский, 1983; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Полевой, 1989; Хала и др., 2002; Тихомирова, 2003; Анисимова, 2008; Дубина, Цветкова, 2009), но прямая зависимость в содержании ТМ в растениях от содержания в почве часто нарушается из-за избирательной способности растений к накоплению элементов в необходимом количестве (Ильин, 1991). Чаще наблюдают прямую корреляционную зависимость содержания ТМ в растениях от

содержания их подвижных форм в почвенном растворе (Важенин, 1983; Минкина и др, 2001). По-видимому, существуют два ведущих фактора формирования элементного состава растений – генетический и экологический. Их долевое участие меняется в зависимости от изменения условий среды. Экологический фактор становится ведущим при техногенном загрязнении среды обитания ТМ, особенно их подвижными формами (Полевой, 1989; Ильин, 1991).

Установлено, что растения более устойчивы к повышенным, нежели к пониженным концентрациям ТМ в почве (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989), но увеличение их до определенных значений практически всегда отрицательно сказывается на состоянии растений, так как ТМ являются наиболее токсичными среди химических элементов (Абуталыбов, 1961; Алексеенко, 1990). Все же правильнее говорить не о токсичных элементах, а о токсичных концентрациях для растений (Ильин, 1991). Влияние избытка ТМ на растения может быть, как прямым, так и косвенным. Косвенное влияние проявляется в негативном воздействии ТМ на состав и свойства почвы, на ее плодородие (Важенин, 1983; Keller, Lamprecht, 1995). Соотношение различных групп и форм ТМ в почве также определяет уровень их токсичности. Прямое влияние ТМ связано с накоплением их непосредственно в растении (Растения..., 1983), проявление его многообразно и описано многими исследователями (Бондарев, 1976; Турков, Шелепина, 1980; Берзиня, 1980; Ильин, 1987; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Baker, 1987; Beckett et al, 2000; Monni et al, 2001).

Многочисленными экспериментами показано наличие у растений способности защищаться от вредного влияния ТМ (Ильин, 1991; 2004; Барсукова, 1997). Различные механизмы такой защиты описаны разными авторами (Растения..., 1983; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Ильин, 1991; Нестерова, 1991; Минкина и др., 2008; 2009; Bowen, 1966; Foy et al, 1978; Grill et al, 1985; Fernandes, Henriques, 1991; Dahmani-Muller et al, 2000). Оценка токсичных концентраций и действия ТМ очень сложна, так как зависит от многих факторов.

Пути поступления ТМ в растения разнообразны, основные из них – корневое и фоллиарное (Ильин, 1973; Шиханов, Юлушев, 1984; Кабата-Пендиас,

Пендиас, 1989; Павлов и др., 1989; Касимов и др., 2011). Сведения по распределению ТМ по органам растений весьма противоречивы (Добровольский, 1983; Ильин, 1991). Одни авторы указывают на большую аккумуляцию их в надземных органах (Леванидов, Давыдов, 1961; Дубина, Цветкова, 2009), другие – в корнях (Шиханов, Юлушев, 1984; Жемкова и др., 1989). Часто отмечаются различия концентраций ТМ в разных надземных органах (листьях, стеблях, плодах), что может быть связано с видоспецифичностью метаболизма растений и со свойствами самих элементов (Добровольский, 1983; Жемкова и др., 1989; Ровенская, 1990; Дмитраков, 2006; Говорина и др., 2007; Басов, 2010; Godzik, 1991). А.Л. Ковалевский (1991) приводит классификацию Д.А. Сабинина, по которой химические элементы подразделяются на 2 группы: базипетальные (содержание их уменьшается от листьев к стеблям и корням) и акропетальные (максимальное содержание их наблюдается в корнях и стеблях, минимальное – в листьях). Характер распределения элементов по органам и тканям изменяется в течение онтогенеза (Леванидов, Давыдов, 1961; Агжигитова, Капустина, 1985). Установлено, что на незагрязненных почвах наименьшее количество ТМ свойственно органам запаса (Ильин, 1991). Многие авторы указывают на неоднозначную зависимость между доступностью ТМ для растений и их содержанием в разных частях растений (Скарлыпина-Уфимцева, 1980; Второва, 1993; Дмитраков, Дмитракова, 2006; Foy et al, 1978).

Изучение накопления ТМ в растениях важно, как для оценки состояния самого растения, так и для биосферы в целом в плане понимания процессов круговорота веществ, а также для научной и практической работы по экологическому мониторингу в связи с углублением процессов техногенеза (Турков, Шелепина, 1980; Израэль, 1984; Алексеенко, 1990; Ильин, 1991). Установлено, что фоновое (нормальное) содержание ТМ значительно колеблется у разных таксономических групп растений и в их отдельных органах, зависит от условий произрастания и фазы развития (Мишин, 1967; Кветкина, 1968; Тяжелые..., 1980; Турков, Шелепина, 1980; Добровольский, 1983; Алексеев, 1987; Полевой, 1989; Ильин, 1991; Безель и др., 1992; Schnetzer et al, 1980).

По абсолютному содержанию в растениях ТМ подразделяют на 4 группы: элементы повышенной концентрации (Sr, Mn, Zn); элементы средней концентрации (Cu, Ni, Pb, Cr); элементы низкой концентрации (Mo, Cd, Se, Co); элементы очень низкой концентрации (Hg).

Усиление антропогенной нагрузки на окружающую среду делает проблему экологической чистоты лекарственного растительного сырья достаточно актуальной. По мере обострения экологической обстановки необходимо тщательно исследовать загрязненность различных видов лекарственных растений, местообитания которых подвергаются интенсивным антропогенным воздействиям.

Очень опасным источником загрязнения окружающей среды является автомобильный транспорт, который ежегодно увеличивается в количестве. Если в 1900 г. на планете насчитывалось около 6 тыс. автомобилей, то к началу XXI века численность мирового парка машин достигла 600 млн единиц (Садовникова и др., 2006).

Ежегодно автотранспортом выбрасывается в атмосферу Земли около 300 млн т окиси углерода, 60 млн т углеводородов, 30 млн т окиси азота, а также свинец, бензапирен и альдегиды, относящиеся к особо токсичным веществам.

При сгорании 1 литра горючего в воздух попадает от 200 до 500 мг свинца. В течение года автомобиль может выбрасывать около 1 кг этого металла. Твердые частицы выхлопов, содержащие свинец, в зависимости от размера либо оседают в непосредственной близости от магистрали, либо захватываются воздушными массами и затем выпадают с атмосферными осадками. Соединения свинца оседают преимущественно на почву и растительность, а затем включаются в пищевые цепи животных и человека (Голдовская, 2005).

После введения неэтилированных сортов бензина в отработанных газах появились марганец, кадмий и никель, цинк, медь, железо, сурьма, бор, магний. В состав шин, в зависимости от типа и марки шин, входят оксид цинка (1,5...2,0%), кадмий, медь, свинец. Поэтому, в результате стирания автопокрышек, выявляется высокое содержание свинца, меди, цинка, кадмия в почве и растительности,

взятых с газонов вдоль автомагистралей (Бондаренко, Дворников, 2004). В связи с этим необходимо тщательно исследовать загрязненность различных видов растений, и особенно лекарственных, местообитания которых подвергаются интенсивным антропогенным воздействиям, поскольку в отвары и настои может переходить до 90% ТМ, содержащихся в исходном сырье (Ефремов и др., 2002).

Романе Э.Я. (1987; 1989) подразделил ТМ, попадающие в лекарственные растения вместе с выбросами автотранспорта, на три группы: а) металлы, повышенное содержание которых в лекарственных растениях, обитающих на придорожных территориях, не связано с влиянием автотранспорта (марганец, никель); б) металлы, содержание которых в лекарственных растениях, обитающих на придорожных территориях, определяется расстоянием последних от дороги и мало зависит от интенсивности потока транспортных средств (свинец, цинк, кобальт, железо, стронций, кадмий); в) металлы, содержание которых в лекарственных растениях зависит как от интенсивности движения автотранспорта (в пределах 500 – 6000 авт./сут), так и от расстояния растений от автодороги (медь, хром, молибден).

Многочисленные исследования, проведенные в России и зарубежных странах (Гринкевич, 1975; Вайнерт и др., 1988; Листов и др., 1990; Дмитриев, 1991; Bowen, 1966; Baker, 1975; Schileher, Peters, 1990), касались изучения возможных нежелательных последствий применения лекарственных препаратов, получаемых из растений, местообитания которых подверглись загрязнению.

Антропогенное воздействие влияет не только на лекарственные растения, но и на человека, который использует настои, получаемые из этих растений. Техногенное воздействие вызывает у растений устойчивые нарушения динамики аккумуляции многих биогенных элементов и селективное накопление поливалентных металлов (Унифицированные..., 1986; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Степанок, 2000; Джура и др., 2013; Smilde, 1981).

Наиболее детально и тщательно воздействие автотранспорта на лекарственные растения изложено в работе «Содержание тяжелых металлов в лекарственных растениях из разных придорожных зон в Литве» (Савицкене и др.,

1993). В ней он проанализировал содержание металлов в растениях и почвах, отобранных на трассах с разной интенсивностью движения транспорта, на разном расстоянии от дороги, выявил видовую специфичность накопления металлов растениями. Исходя из его данных, свинец больше всего аккумулирует надземная часть тысячелистника обыкновенного, кадмий – листья мать-и-мачехи, цинк – листья подорожника большого.

Влияние промышленного и транспортного техногенного воздействия на эколого-физиологические особенности аккумуляции и транслокации ТМ у дикорастущих растений было проанализировано в работах многих авторов (Гравель и др., 1994; Башмаков, 2002; Кудряшова, 2003; Стрекалова, 2007; Ельчиногова, 2009; Жуйкова, Зиннатов, 2014). Авторами были выявлены лекарственные растения, селективно концентрирующие ТМ, а также сделан вывод о том, что избирательность поглощения различных элементов проявляется в зависимости от видовых особенностей растений.

В работе В.С. Безель, Т.В. Жуйковой (2007) проанализировано содержание ТМ в надземных частях разных видов растений, произрастающих на фоновых участках и в условиях химического загрязнения. Полученные авторами результаты свидетельствуют о наличии в природных экосистемах механизмов, ограничивающих избыточное включение химических элементов в надземную биомассу растений. Также авторами сделан вывод об основной роли видов семейства сложноцветные в накоплении химических элементов. Этот факт авторы связывают с тем, что виды семейства сложноцветных эволюционно наиболее продвинутые и обладают широкой нормой реакции, которая способствует более полной адаптации видов данного семейства к условиям химического стресса.

Работа Г.Г. Бускуновой (2009) «Экологические и биохимические особенности *Achillea nobilis* L. в условиях степной зоны Южного Урала» посвящена анализу влияния экологических условий степной зоны Южного Урала на содержание в растениях биологически активных веществ и ТМ. Автором отмечено, что растительное сырье содержит ТМ в пределах ПДК, за исключением ценопопуляций, находящихся по обочинам дорог.

В статье О.Н. Немершиной, Н.Ф. Гусева (2006) «К вопросу о содержании микроэлементов в сырье перспективных видов лекарственных растений Южного Предуралья» проведена оценка содержания некоторых элементов в лекарственном растительном сырье в зоне выбросов Оренбургского газоперерабатывающего завода. Авторами установлено, что содержание большинства токсичных ТМ в растениях техногенной зоны превышает аналогичные показатели для растений контрольной зоны, также они выявили видовую избирательность в накоплении ТМ.

Вопрос о загрязнении растений, произрастающих около промышленных предприятий, полотна железной дороги, автотрасс изучен некоторыми исследователями, и, по их данным, содержание ТМ в растениях зависит от расстояния от дороги. Растения, собранные на близком расстоянии (5-50 м), содержат ТМ в количествах, превышающих ПДК (Шаркова, 2009; Семенова, 2011).

ГЛАВА 2. ПРИРОДНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДАГЕСТАНА

Республика Дагестан расположена на северо-восточном склоне Большого Кавказа и Прикаспийской низменности. Ее территория ограничена $42^{\circ}07'$ и $48^{\circ}35'$ восточной долготы. Южная точка Республики Дагестан и в тоже время крайняя южная точка границы Российской Федерации находится на высоте 3500 м над уровнем моря на вершине горного массива с координатами $41^{\circ}11'$ северной широты и $47^{\circ}47'$ восточной долготы, который расположен в 2,5 км юго-восточнее горы Рагдан (4020 м) – по данным центрального картографа - геодезического фонда Федеральной службы геодезии и картографии России. Площадь Дагестана составляет 50,3 тыс. км². Это самая крупная из всех республик Северного Кавказа. С востока Дагестан омывается водами Каспийского моря. Береговая линия его слабо расчленена и имеет протяженность 530 км от устья р. Кумы на севере до устья р. Самур на юге. Протяженность территории Дагестана с севера на юг 420 км и с запада на восток 216 км; средняя ее высота над уровнем моря 100 м; высшая точка-гора Базардюзю (4466 м); наиболее низкое место (-26,0 м) находится в пределах Терско-Кумской низменности. Сложность орографического и геолого-геоморфологического строения территории Дагестана обуславливает многообразие природных ландшафтов как в высотной поясности, так и в широтном направлении (Баламирзоев и др., 2008).

Климат

Климатические условия характеризуются в работах многих авторов (Гюль, Власова, 1959; Агроклим. справ. ДАССР, 1963, 1975). Климат Дагестана отличается высокой континентальностью, засушливостью, резким переходом от полупустынного на низменности до холодного в высокогорье.

По климатическим условиям **равнинная** зона делится на два района.

Северный подрайон. Климат резко континентальный, засушливый, осадков до 300 мм (70% в вегетационный период). Безморозный период составляет 180-210 дней. Средняя температура самого теплого месяца 25°C , наиболее холодного – 3°C . Максимум $40-41^{\circ}\text{C}$, минимум – $30-32^{\circ}\text{C}$ мороза.

Южный подрайон. Среднегодовая температура - 11-12 °С, максимум до 36 °С, минимум – 24-28 °С. Осадков 350-400 мм (50% в вегетационный период – 230-250 дней). Смягчает температуру и увлажняет воздух Каспийское море.

В **предгорье** среднегодовая температура – 7-10 °С, годовая сумма осадков от 500-600 мм до 700-800 мм (70-75% в вегетационный период).

Во **Внутреннем Дагестане** климат сухой и континентальный. Среднегодовая температура воздуха – 6-7 °С, самого теплого месяца (август) – 16-18 °С, самого холодного (январь) – 5-7° мороза, годовая сумма осадков 350-600 мм (80-90%) в вегетационный период.

Высокогорный район Дагестана отличается холодной и длительной зимой, коротким летом. Средняя годовая температура воздуха – 1-5°С, на хребтах выше 3500 м ниже 0°. Температура самого теплого месяца – 13-17°С, самого холодного – 8-11° мороза. Годовая сумма осадков 800-1000 мм. Безморозный период на хребтах выше 3000 м равен 1-2 месяцам.

В целом можно отметить, что климатообразующие процессы определяют ряд географических факторов, основными из которых являются: географическая широта, высота над уровнем моря, распределение суши и моря, орография, характер почвы, растительный покров, снежный и ледовый покров и др. Главными климатообразующими факторами в Дагестане являются: а) расположение в средних широтах (между 41 и 45° с. ш.), т.е. в южной части умеренного пояса, вытянутость территории в меридиальном направлении на 400 км и количество солнечной радиации, составляющей около 140 кал/см²/год; б) проникновение разных воздушных масс: холодных арктических с Северного Ледовитого океана, но уже трансформированных; теплых и влажных с северо-запада с Атлантики, также трансформирующихся по пути; с юга – теплые средиземноморские; с востока и юго-востока – континентальные (Акаев, Атаев, 1996).

Рельеф и геология

Формирование рельефа Дагестана протекает под влиянием тектонических процессов, эрозионной деятельности текучих вод и неоднократно повторяющихся трансгрессий и регрессий Каспийского моря. Исследователи природы Дагестана (Добрынин, 1926; Докучаев, 1949; Зонн, 1946, 1978) отмечали сложность орографии, сочетание элементов различного генетического происхождения, когда рельеф, сложившийся под влиянием тектонической деятельности земной коры, осложнялся глубоко врезанной гидрографической сетью. Различия в строении рельефа согласуются с природной зональностью, в рамках которой выделяются – равнинная (низменная), предгорная, среднегорная и высокогорная зоны.

Низменный Дагестан представлен слабонаклонной на север и северо-восток равниной с выраженным микрорельефом. Высотные отметки минус 26 плюс 200 м над уровнем моря. С повышением уровня Каспийского моря береговая полоса подвергается подтоплению, способствуя постепенному увеличению высотных отметок суши, находящейся в контакте с береговой линией. Низменный Дагестан подразделяется на 3 геоморфологические области: Терско-Кумская, Терско-Сулакская и Приморская низменность.

Терско-Кумская низменность, расположенная в междуречье Кумы и Терека, представляет собой слабонаклонную к Каспийскому морю полупустынную равнину. Большая часть площади низменности занята сыпучими всхолмленными в барханы и дюны песками, чередующимися с участками глинисто-солонцеватой пустыни и множеством мелких соленых озер. Низменность пересекают с севера-запада на юго-восток три полосы песчаных гряд – Прикумская, Ачикулакско-Бажиганская и Притерская. Бархано-грядовые и бугристые пески (буруны) представляют собой песчаные холмы высотой 5-10 м, отделенные друг от друга котловинами выдувания (Баламирзоев и др., 2008).

Терско-Сулакская низменность – почти идеальная равнина, занимает поймы и дельты рек Терека и Сулака, представляя собой древнюю долину этих рек. Ее рельеф несколько разнообразят многочисленные сухоречья, лиманно-блюдцеобразные понижения и искусственные каналы. Рельеф западной части

Терско-Сулакской низменности более расчленен и образовался в результате вторичного размыва древних аллювиальных отложений. Реки Аксай, Ярыксу, Ямансу и Акташ образуют здесь глубоко врезанные речные долины. На юго-западе низменности преобладают эрозионные формы рельефа (район гляциальной равнины).

Вдоль предгорий тянется узкой полосой район приподнятых морских террас (от реки Аксай на западе севернее Хасавюрта до Махачкалы и южнее в Приморской низменности). Самая молодая – нижняя терраса (от 0 до 40 м над уровнем моря) наибольшую площадь занимает к северу и северо-востоку от железной дороги Махачкала – Хасавюрт. Сложена она отложениями Хвалынского яруса, главным образом, конгломератами и детритусовыми известняками (Голубятников, 1947). Вторая терраса (60-65 м над уровнем моря) наибольшей ширины (до 2 км) достигает в районе реки Шура-Озень. Слагающие ее породы Хазарского яруса – глины, пески, конгломераты и детритусовые известняки с фауной, достигают мощности 10-18 м. Самая южная терраса – третья. Она расположена на высоте 100 м над уровнем моря и сложена детритусовыми известняками, отчасти глинами и песками с фауной Бакинского яруса. Все три морские террасы хорошо выражены и в районе Приморской низменности, протянувшейся узкой полосой вдоль восточного берега Каспийского моря, южнее Махачкалы, до дельты Самура. Здесь в районе Дербента В.Д. Голубятников (1947) выделяет еще 4-ую морскую террасу на высоте 200 м над уровнем Каспия, которую он относит к Бакинскому ярусу.

Таким образом, Приморская низменность представляет собой поднявшуюся полосу морского дна.

В геологическом отношении плоскостная часть Дагестана – молодое образование. В строении ее большое участие принимают четвертичные морские осадки (ракушечники, конгломераты, пески и т.д.) и речные наносы, наибольшего развития достигающие в устьях Терека и Сулака. Мощность древнекаспийских отложений в низменном Дагестане меняется от 10-20 м у подножий предгорий

(Дербентский район) до 200 м к северу от Махачкалы (в Бабаюртовском и Кизлярском районах) (Дробышев, 1935).

Древнекаспийские осадки большей частью покрыты современными образованиями, песками и суглинками, представляющие собой переработанные и переотложенные речными водами и ветром осадки Древнего Каспия и дельтовые отложения Терека, Сулака и других рек. Мощность речных наносов в дельте Терека достигает 150 м. Современные долины рек на значительном протяжении после выхода из гор покрыты аллювиальными галечниками (Голубятников, 1940).

Преобладающими почвообразующими породами на территории низменного Дагестана являются аллювиальные отложения, отличающиеся непостоянством механического состава с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых разностей. Делювиальные отложения более однородны, представлены тяжелыми суглинками, у предгорий подстилаемые галечником. Морские и аллювиально-морские отложения отличаются слоистым глинисто-суглинистым и песчаным механическим составом (рис. 1). Аллювиальные отложения характеризуются, главным образом, сульфатно-кальциевым засолением, аллювиально-морские – хлоридно-сульфатно-натриевым (Зонн, 1946).

Почти половину территории Дагестана занимают горные хребты и поднятия Большого Кавказа.

Предгорный Дагестан тянется полосой в 20-50 км от границы с Чеченской республикой до Самура, на границе с Азербайджаном. Предгорья занимают переходное положение от низменности к горам, охватывая высоты от 150 (200) до 800 (1200) м над уровнем моря. Средняя высота предгорий 500-700 м.

Предгорья представляют собой чередование горных хребтов, плато и куполообразных поднятий, рассеченных речными долинами, и по особенностям строения поверхности делятся на северо-западную, центральную и юго-восточную части.

Предгорный Дагестан состоит из большого числа отдельных складчатых хребтов, вытянутых большей частью с северо-запада на юго-восток – от реки Самур до реки Манас. Севернее складки предгорий огибают «дагестанский клин»

и простираение складчатости принимает почти широтное направление (Дробышев, 1935; Голубятников, 1940, 1947). Общая ширина предгорий 25-40 км, протяженность 200 км. По высоте предгорная часть Дагестана делится на 2 области: восточную нижнепредгорную (200-600 м) и западную верхнепредгорную (600-1200 м). Сложены предгорья, главным образом, третичными породами: мощной толщей легко размываемых черных и серых сланцевых глин, плотными бурыми и красноватыми песчаниками, ракушечными известняками (рис.1). Чередование пород различного петрографического состава и приводит к большей расчлененности и эродированности рельефа.

Западная часть предгорий (до реки Сулак) наименее расчленена. Предгорные хребты здесь наиболее четко выражены, имеют моноклиналиное (типа куэст) строение, пологие северные склоны (Зонн, 1946). Центральная часть предгорий (от Сулака до реки Уллучай) характеризуется более расчлененным, сильно эродированным рельефом. Наряду с моноклиналиными хребтами в этой части предгорий расположены своеобразные куполовидные поднятия (высота 600-800 м) антиклиналиного строения, сложенные меловыми известняками (Эльдом, Буйнакское, Дженгутайское), и долины размыва (Кар-Кар и др.), третичные отложения в которых покрыты аллювиальными и делювиальными осадками.

Рельеф юго-восточной части предгорий еще более эродирован. Здесь выделяется своеобразный по своему рельефу известняково-карстовый район (в пределах Кайтагского и Табасаранского районов).

Хребтами Салатау, Андийским и Гимринским, сложенными верхнемеловыми известняками и песчаниками, предгорья отделяются от внутреннего горного Дагестана.

Горный Дагестан имеет в очертании форму треугольника, юго-западную сторону которого обрамляет гребень Главного Кавказского хребта. На горную часть республики (от 1000 до 2500 м над уровнем моря) приходится 37% от всей территории, а на долю высокогорных хребтов, поднимающихся выше 2500 м около 5% (т.е. 2400 кв. км). Горный Дагестан расположен между передовыми и

Боковым хребтами. Он состоит из ряда крупных антиклинальных и синклинальных хребтов, вытянутых параллельно Водораздельному хребту. Наиболее распространены здесь горные массивы с платообразными вершинами и крутыми склонами, реже встречаются хребты с заостренными, зубчатыми гребнями, достигающими высоты 2000-2700 м.

Горный Дагестан является сложной складчатой областью. Интенсивность складкообразования возрастает с северо-востока на юго-запад. В этом же направлении на поверхность выступают все более древние отложения (третичные, меловые, юрские).

Внутренний Дагестан по рельефу и геологическому строению делят на 2 подрайона: северо-западный известняковый и юго-восточный сланцевый.

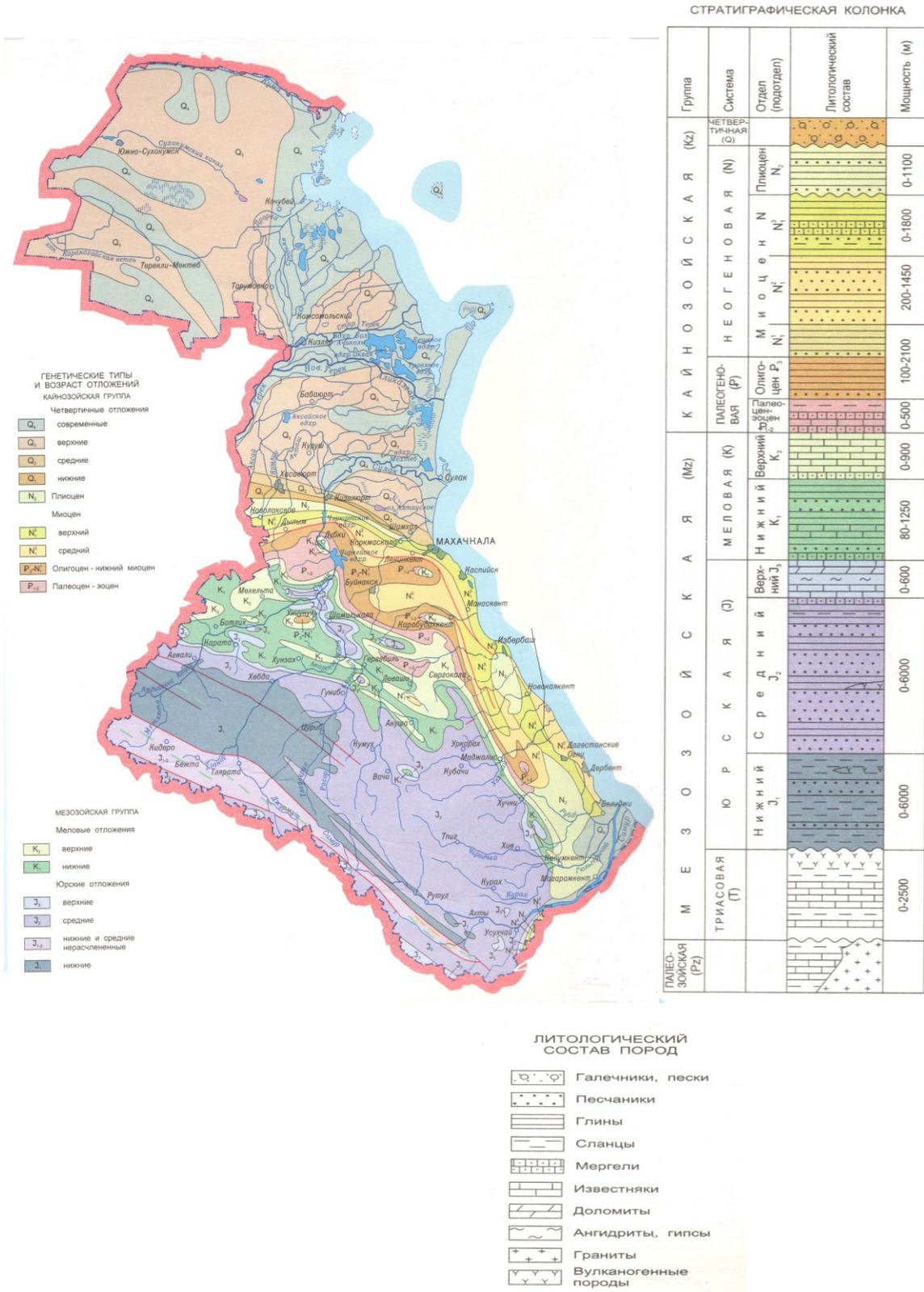
Северо-западный известняковый Дагестан отличается скалистым, трудно доступным рельефом. Он представляет собой сложную складчатую систему, характеризующуюся своеобразной правильностью форм. Для этой области характерно развитие известняковых хребтов в виде дугообразного ряда высоких валов, разделенных глубокими долинами. Отдельные вершины и цепи достигают высоты 2000 м над уровнем моря. Антиклинальные складки имеют обычно коробчатый характер с широкими плоскими сводами, местами переходящими в высокогорные плато (Хунзахское, Левашинское и др.) (Дробышев, 1935). В юго-восточном сланцевом Дагестане сильно расчлененный рельеф характеризуется более мягкими формами. Из-за легкой разрушаемости глинистых сланцев склоны хребтов сглажены, долины рек значительно шире.

Внутригорный Дагестан сложен, главным образом, осадками мелового возраста. Меловые отложения, представляющие собой морские осадки, делятся на: 1) известковую толщу нижнего мела (зернистые известняки, детритусовые известняки, известняки с эолистой структурой); 2) темно-серую песчано-глинистую толщу нижнего мела; 3) известковую толщу верхнего мела мощностью 350-400 м (Голубятников, 1947).

Стеной высоких обрывов верхнеюрских отложений среднегорный внутренний Дагестан резко отделяется от высокогорного Дагестана.

Высокогорный (альпийский) Дагестан включает в себя северный склон Главного Кавказского (Водораздельного) хребта и Боковой хребет, расчлененный здесь речными долинами на ряд отдельных звеньев (Пирикительская цепь с вершиной Диклос-Мта (4200 м), Богосский хребет (до 4150 м), хребет Нукатль с вершинами Джаладул-Ветер (3862 м) и Шишка (3681 м), Дюльтыдагский массив с вершиной Дюльтыдаг (4100 м), Самурский хребет с вершинами Курудаг (3831 м) и др., цепь Хултайдаг с обособленной горой Шалбуздаг (4149 м).

Средняя высота этого района Дагестана 1500-2000 м над уровнем моря. Сложена эта область отложениями нижней и средней юры. Общая мощность юрских осадков 2-3 тыс. м (Дробышев, 1935). Они представлены мощными пакетами аспидных сланцев и пакетов переслаивания сланцев с серыми и темно-серыми песчаниками (рис. 1). Аспидные сланцы представлены очень плотными разностями, черными, иногда серо-зеленоватыми, с шелковистым блеском, с прекрасно выраженной сложной сланцеватостью по плоскостям кливажа (Голубятников, 1947).



Масштаб: 1: 1500000

Рис 1. Геологическая карта Республики Дагестан (Атлас, 1999)

Гидрология

Территория Дагестана весьма благоприятна для формирования густой сети поверхностных вод, которые отличаются большим разнообразием форм и исключительной неравномерностью распределения по его площади. Дагестан один из богатых водными ресурсами регионов Российской Федерации. Реки Дагестана относятся к бассейну Каспийского моря, и непосредственно в него впадает 21 река. Большинство рек в горах Дагестана относятся к двум крупным речным системам Сулака и Самура. Территория Дагестана делится на 4 гидрологических района: 1. Высокогорный, 2. Внутригорный, 3. Предгорный, 4. Низменный. Так как Дагестан расположен меридиально, то в каждом районе четко выделяются северный и южный подрайоны. Северные районы увлажненные, а южные засушливые. Наиболее увлажненным из всех является высокогорный. Питание рек Дагестана осуществляется за счет талых вод, сезонных и вечных снегов и ледников, осадков и подземных вод (Акаев, Атаев, 1996).

Река Терек для Дагестана является транзитной, т.е. на территории Дагестана располагается только ее нижняя дельтовая и устьевая часть, площадью 12665 км², что составляет всего 19 % от всей площади бассейна Терека. Река Сулак является одной из наиболее крупных и многоводных рек Республики Дагестан и получает свое название после слияния двух крупных его притоков: Андийского Койсу и Аварского Койсу в глубоком ущелье, известном под названием «Главного» Сулакского каньона. Длина реки Сулак после слияния ее притоков 169 км. В бассейн реки Сулак входят 2430 рек, общей протяженностью 13500 км. Сток формируется в основном в высокогорном Сланцевом и среднегорном Известняковом Дагестане. При выходе из горной части р. Сулак течет по Терско-Сулакской низменности. Ледники в бассейне занимают всего 0,3% от площади водосбора. Река Самур – вторая по водности в Горном Дагестане. Длина ее 213 км. Бассейн р. Самур составляет 65 притоков, длиной более 10 км и общей протяженностью 1820 км. Наиболее крупные притоки: Дюльтычай (36 км), Усучай (37 км), Кара-Самур (30 км), Ахтычай (63 км) и другие. Бассейн реки

Самур сформировался в южной части Дагестана, занимает юго-восточную часть Главного Кавказского хребта и северные отроги Бокового хребта. Реки Предгорного Дагестана небольшие, формирующие свой сток на склонах предгорных хребтов и впадающие в Каспийское море. К ним относятся реки: Акташ (156 км), Шураозень (80 км), Манасозень (92 км), Гамриозень (58 км), Артузень (41 км), Уллучай (111 км), Дарвагчай (82 км), Рубас (92 км).

В Дагестане насчитывается около 100 озер, занимающих относительно большую площадь (более 150 кв. км). В основном они расположены в нижней части республики, меньше их – в среднегорной и в особенности в горной частях. На низменности имеются озера лагуно-морского происхождения, пойменные, лиманные, расположены они в дельтах и поймах рек Терека, Сулака и Самура. В горных районах наиболее распространены запрудные плотинные или завальные озера, возникшие под действием оползневых и обвальных процессов, и еще озера ледниково-моренного происхождения, связанные с деятельностью древних и современных ледников (Акаев, Атаев, 1996).

Болот в Дагестане, как таковых, почти нет. Это обусловлено сухостью климата и преобладанием испарения над количеством выпадающих атмосферных осадков. Встречающиеся в Низменном Дагестане значительные площади заболоченных земель возникли, как и озера, в результате разливов рек в их пресловутых частях и называются они плавными или пойменными болотами. Пойменные болота, или плавни дельт, распространены главным образом в низовьях рек Кумы, Терека, Сулака, Акташа, Аксая, Ярыксу, Ямансу, Самура, Рубасчая, Гюльгеричая и др., в Ногайском, Кизлярском, Тарумовском, Бабаюртовском, Хасавюртовском, Карабудахкентском и Магарамкентском районах. В Горном Дагестане болота совершенно иного типа. В основном это верховинные небольшие по площадям торфяные болота.

Подземная гидросфера Дагестана может быть районирована следующим образом: водоносные массивы Сланцевого Дагестана, закарстованные трещиноватые массивы Известнякового Дагестана, бассейны термоминеральных вод Предгорного Дагестана, бассейны пресных артезианских вод Терско-

Каспийского прогиба и Северо-Дагестанской низменности. Бассейны высокотемпературных рассолов на Терско-Кумской и Терско-Сулакской низменностях залегают глубже артезианского бассейна, на уровне мезозойского водоносного комплекса (Акаев, Атаев, 1996).

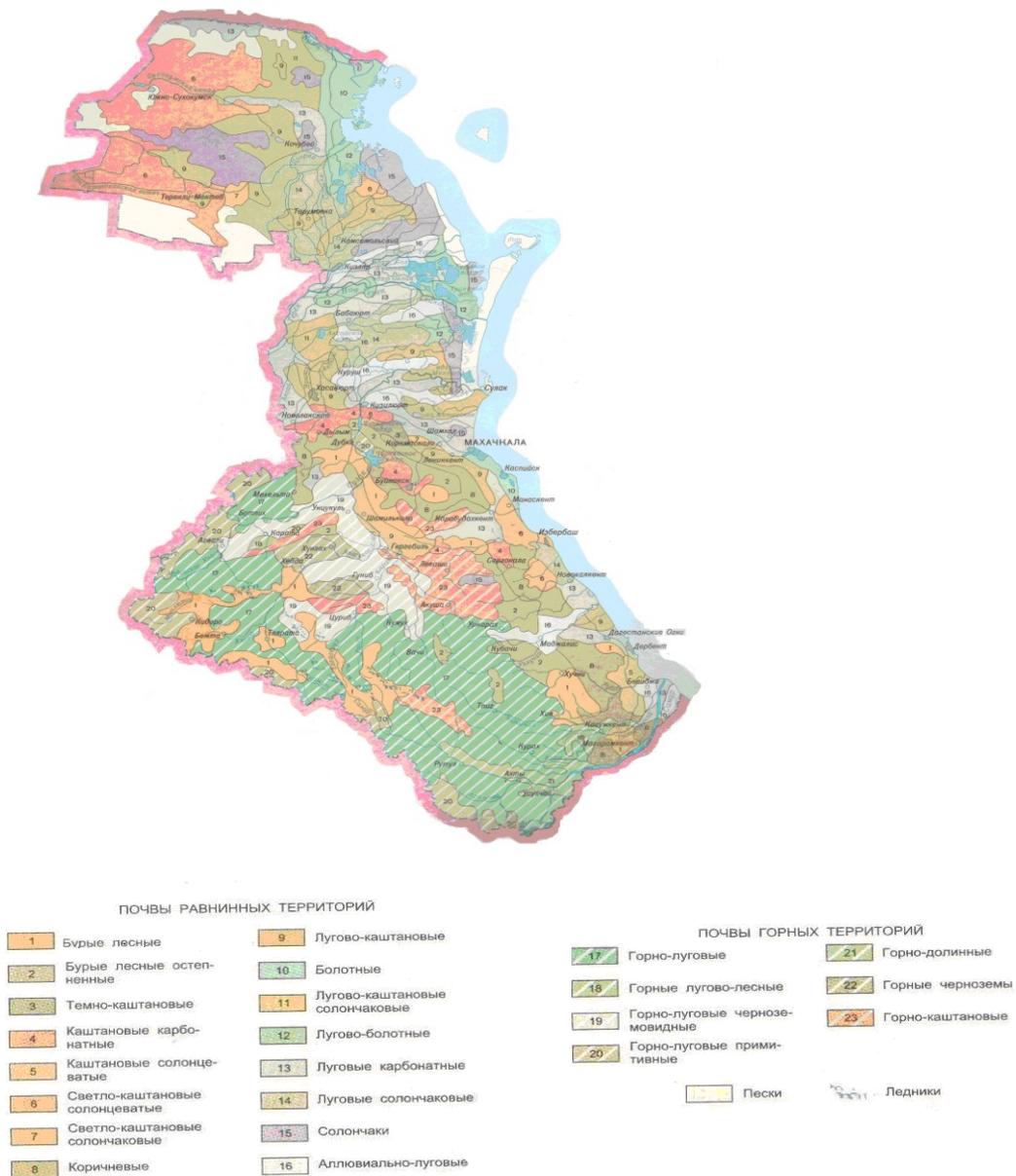
Почвенный покров

Прикаспийская низменность Дагестана рассматривается нами условно в качестве подошвы склона в системе вертикальной высотной поясности Дагестана. Здесь формировались каштановые, лугово-каштановые, луговые, лугово-лесные, аллювиально-луговые, лугово-болотные почвы и солончаки (рис. 2). В переходной полосе от низменности к предгорьям залегают в основном почвы каштанового типа. В устьях и поймах большинства речных долин формировались аллювиально-луговые и лугово-лесные почвы (Баламирзоев и др., 2008).

Предгорье подразделяется на три природных ландшафтно-растительных пояса, с которыми тесно связано формирование определенных типов почв: сухостепной пояс каштановых почв, лесостепной пояс коричневых почв, лесной пояс горных бурых лесных почв (рис. 2).

В **среднегорье** начинается субальпийский пояс, где формировались горные бурые лесные, горные лугово-степные, горно-луговые черноземовидные, горные лугово-лесные, горно-луговые типичные и горно-луговые дерновые почвы (рис. 2) (Баламирзоев и др., 2008).

Высокогорный (альпийский). В высокогорье выделяются четыре пояса: субальпийский, альпийский, субнивальный и нивальный. В первом поясе формировались горно-луговые, горные бурые лесные почвы по склонам межгорных котловин под сосново-березовыми лесами. Во втором альпийском поясе представлены горно-луговые маломощные и горно-луговые примитивные почвы (рис. 2). В последних двух поясах, по данным М.А. Баламирзоева с соавторами (2008), почвы большими массивами отсутствуют.



Масштаб: 1: 1500000

Рис 2. Почвенная карта Республики Дагестан (Атлас, 1999)

Растительность

Флоры определенных районов Дагестана отличаются друг от друга видовым составом, являющемся отражением ее исторического развития. Было проведено расчленение территории Дагестана на ботанико-географические районы на основе данных по распределению во флорах районов эндемиков и реликтов, характеризующихся своими особенностями генезиса (Лепехина, 1988).

А. Западный высокогорный сланцевый лесолуговой район. Район охватывает восточную часть Главного Кавказского и Бокового хребтов. Дифференцирующими эндемичными видами являются бодяк Кецховели (*Cersium ketzkhovellii*), вика кавказская (*Vicia caucasica*), смолевка низкая (*Silene humulis*), ерник кавказский (*Empetrum caasicum*), первоцвет желтенький (*Primula luteola*), костенец дагестанский (*Asplenium daghestanicum*), вероника богосская (*Veronica bogosensis*), валериана дагестанская (*Valeriana daghestanica*). Район богат редкими ценными видами: пион Млокосевича (*Paeonia mlokosewitschii*), горечавка лагодехская (*Gentiana lagodechiana*), безвременник великолепный (*Colchicum speciosum*), майник двулистный (*Maianthemum bifolium*), и реликтами: береза Радде (*Betula raddeana*), лещина древовидная (*Corylus colurna*).

Б. Северный известняковый высокогорный луговой район. Охватывает субальпийский и альпийский пояса Андийского хребта. Флора субальпийских лугов является довольно древней, альпийских лугов – более молодой. Эндемичными видами являются ястребинка готическая (*Hieracium gothicifrons*), язвенник дагестанский (*Anthyllis caucasica*), сурепка крупноцветковая (*Barbarea grandiflora*), горечавка Оверина (*Gentiana overinii*), костенец дагестанский (*Asplenium daghestanicum*), бурачек андийский (*Alyssum andinum*), колокольчик андийский (*Campanula andina*), шлемник андийский (*Scutellaria andina*). В районе имеется реликт: береза Радде (*Betula raddeana*).

В. Южный сланцевый высокогорный остепенно-луговой район. Район является юго-восточной оконечностью Главного Кавказского хребта. Эндемичными видами являются ноннея альпийская (*Nonea alpestris*), ноннея дагестанская (*Nonea daghestanica*), мелколепесник шалбусский (*Erigeron schalbusi*), живокость дуговидная (*Delphinium arcuatum*), манжетка слабая (*Alchemilla debilis*), очанка дагестанская (*Euphrasia daghestanica*), пиретрум дагестанский (*Pyrethrum daghestanicum*), бодяк дагестанский (*Cirsium daghestanicum*), василек дагестанский (*Centaurea daghestanica*).

Г. Район верхних предгорий и передовых хребтов. В него входят верхний пояс предгорий влажных буковых и грабовых лесов и среднегорный пояс

последлесных лугов лесного пояса, расположенных на северо-восточных макросклонах передовых хребтов. Флора в начале своего развития была главным образом лесная, состоящая из реликтовых средиземноморских древних и средиземноморско-североиранско-атлантических видов. По мере поднятия гор передовых хребтов на них шла замена лесов последлесными лугами среднего лесного пояса. Флора последлесных лугов сравнительно молодая. Эндемичными видами являются шлемник дагестанский (*Scutellaria daghestanica*), чебрец дагестанский (*Thimus daghestanicus*), мытник дагестанский (*Pedicularis daghestanica*), кульбаба кавказская (*Leontodon caucasicus*), мята кавказская (*Mentha caucasica*), борщевик айрный (*Heracleum chorodanum*), ветреница видная (*Anemone speciosa*). Лесная флора содержит значительное число реликтов: бук восточный (*Fagus orientalis*), листовик сколопендровый (*Phyllitis scolopendrium*), клен Траутфеттера (*Acer Trautvetteri*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*).

Д. Северный внутригорный известняковый нагорно-ксерофильно-стенной район. Располагается в северной части Внутригорного Дагестана. Район вышел из-под дна океана Тетис в палеогене как восточная часть Главного Кавказского хребта. Формирование флоры в районе в течение палеогена-неогена происходило при прогрессирующем иссушении климата во время образования замкнутой внутренней части Центрального Дагестана и углубления дна аридных речных долин. Эндемичными видами являются астрагал Кецховели (*Astragalus ketzkhovellii*), головчатка дагестанская (*Cephalaria daghestanica*), касатик Тимофеева (*Iris Timofejewii*), василек аварский (*Centaurea avarica*), ломкоколосник дагестанский (*Psathyrostachys daghestanica*), ястребинка Рупрехта (*Hieracium ruprechtii*), эдрайант Оверина (*Edrajanthus owerinianus*), колокольчик Федорова (*Campanula fedorovii*), колокольчик акушинский (*Campanula akuschensis*), лук гунибский (*Allium gunibicum*), лук дагестанский (*Allium daghestanica*).

Е. Южный Внутригорный сланцевый остепненно-луговой, нагорно-ксерофитно-стенной район. Располагается в южной сланцевой части Внутригорного Дагестана. В северной части района на склонах развиты

остепненные луга, в долинах рек – настоящие ковыльно-пырейные степи. Эндемичными видами являются ястребинка баугинова (*Hieracium Bauhini*), ковыль дагестанский (*Stipa daghestanica*), пырей стройный (*Elytrigia gracillima*), дельфиниум дагестанский (*Delphinium daghestanica*).

Ж. Прикаспийский известняково-глинисто-песчаный нижнепредгорный и низменный район тугайных и сухих лесов, редколесий, шибляка, псаммофильной, степной, полупустынной и пустынной растительности. Вышел из-под дна моря в четвертичном периоде. Флора района формировалась при участии видов растений сухих тугайных европейских и гирканских субтропических лиановых лесов, редколесий, древней горной пустыни, полупустыни и степных элементов, мигрировавших сюда из Центрального Дагестана. Эндемичными видами являются ноня низбегающая (*Nonea decurrens*), лук крупный (*Allium grande*), астрагал Лемана (*Astragalus lehmannianus*), астрагал каракугинский (*Astragalus karakugensis*), кладохета чистейшая (*Cladochaeta candidissima*), левкой каспийский (*Matthiola caspica*), эспарцет Майорова (*Onobrychis Majorovii*), алыча каспийская (*Prunus caspica*). В районе имеется значительное количество реликтовых видов, таких как, клен гирканский (*Acer hircanum*), лапина крылоплодная (*Pterocaria pterocarpa*), пушкиния пролесковая (*Puschkinia scilloides*), селитрянка Шобера (*Nitraria schoberii*), эфедра двухколосковая (*Ephedra dictachya*), джужгун безлистный (*Calligonum aphyllum*), пион тонколистный (*Paeonia tenuifolia*), пираканта красная (*Pyracantha coccinea*). Также много редких ценных видов: миндаль низкий (*Amygdalus nana*), жасмин кустарниковый (*Jasminum fruticans*), тюльпан двухцветковый (*Tulipa biflora*), тюльпан Шренка (*Tulipa schrenkii*), первоцвет Воронова (*Primula woronowii*), можжевельник многоплодный (*Juniperus polycarpos*), анкафия огненная (*Ancathia igniaria*), меч-трава обыкновенная (*Gladium mariscus*), мерендера трехстолбиковая (*Merendera trigyna*), рябчик кавказский (*Fritillaria caucasica*), череш представительный (*Eremurus spectabilis*), нектароскордум трехфутовый (*Nectaroscordum tripedale*), штернбергия желтая (*Sternbergia lutea*), иридодиктиум сетчатый (*Iridodictyum reticulatum*), ятрышник вооруженный (*Orchis militaris*).

ГЛАВА 3. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Основные типы почв и их распространение

В качестве объектов исследования были использованы виды тысячелистника и почвы, отобранные в местах произрастания тысячелистника в разных районах Дагестана. Пробы почв отбирали на территориях, не подверженных загрязнению выбросами транспорта, на расстоянии от дороги 250-300 м. Исследовались почвы низменной зоны, представленные каштановыми почвами на глинах, лугово-каштановыми на глинах, лугово-каштановыми на галечниках, песках. В предгорной зоне были отобраны горно-луговые почвы на глинах, горно-каштановые почвы на известняках. В среднегорной зоне были отобраны горно-луговые почвы на глинах, горно-луговые почвы на известняках, горно-луговые почвы на песчаниках. В высокогорной зоне были отобраны горно-луговые почвы на сланцах, горно-луговые типичные почвы на песчаниках.

Также отбор проб почв производили на территориях, загрязненных выбросами автотранспорта, в этих же районах, где были отобраны фоновые образцы, а также в близлежащих районах, на расстоянии 5, 10 м от дороги, в с. Учкент на разном расстоянии от дороги (10, 50, 70 м). На низменной зоне были отобраны каштановые почвы на глинах, лугово-каштановые почвы на глинах, светло-каштановые почвы на глинах, луговые почвы на галечниках, песках, лугово-каштановые почвы на галечниках, песках. В предгорной зоне были отобраны горно-каштановые почвы на известняках, горно-луговые почвы на глинах, коричневые почвы на глинах. В среднегорной зоне были исследованы горно-луговые на песчаниках, горно-луговые почвы на известняках, горно-луговые дерновые почвы на известняках.

Участок с. Шотода Хунзахского района с горно-луговыми дерновыми почвами был назван региональным, так как по литературным данным (Акаев, Атаев, 1996) там раньше были болота.

3.2. Биологические особенности изучаемых видов рода *Achillea* L.

Род *Achillea* L. – широко распространен по всему миру, включает более 100 видов, из них 45 видов – во флоре России и сопредельных государств, 5 – во флоре Дагестана (Растит. Ресурсы СССР, 1991).

Тысячелистник – многолетнее травянистое растение до 60 (120) см высотой с ползучим корневищем. Тысячелистник произрастает в лесной, лесостепной и степной зонах, на суходольных лесных лугах, на лугах степных и луговых склонах гор, в светлых разреженных лесах, на залежах, по окраинам полей, на пустырях и по дорогам (Флора СССР, 1961). Применение: тысячелистник является древним проверенным кровоостанавливающим средством, на что указывают его народные названия «крававник», «кровник», «серпник», «серпорез». Латинское название растения связано с греческой мифологией: герой Троянской войны Ахилл лечил этим растением раненых воинов во время троянской войны. Повсеместная встречаемость разных видов тысячелистника, длительная продолжительность жизни обуславливают возможность использования данных видов для изучения их как аккумуляторов ТМ в природных и антропогенно нарушенных местах обитания.

Лечебными свойствами обладают все виды, но более сильными тысячелистник обыкновенный, который обычно и применяется в официальной медицине.

Наиболее распространенными во флоре Дагестана являются 4 вида рода Тысячелистник (*Achillea* L.): тысячелистник обыкновенный (*A. millefolium* L.), тысячелистник таволговый (*A. filipendulina* Lam.), тысячелистник благородный (*A. nobilis* L.), тысячелистник Биберштейна (*A. biebersteinii* Afan.) (Флора СССР, 1961).

Систематическое положение видов рода *Achillea* L.:

Отдел Магнолиеобразные (*Magnoliophyta*)

Семейство Сложноцветные (*Asteraceae*)

Род Тысячелистник (*Achillea* L.)

Вид Т. обыкновенный (*A. millefolium* L.)

Вид Т. таволговый (*A. filipendulina* Lam.).

Вид Т. благородный (*A. nobilis* L.)

Вид Т. Биберштейна (*A. biebersteinii* Afan.)

Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.)

Тысячелистник обыкновенный – многолетнее травянистое растение до 60 (120) см высотой. Корни тонкие, многочисленные, на толстом ползучем корневище. Стебли прямые, тонкие, голые или опушенные. Листья очередные, стеблевые, сидячие, прикорневые, черешковые, дважды – трижды перисторассеченные с заостренными дольками. Цветки мелкие, краевые белые, язычковые, средние - трубчатые, желтые, собраны в корзинки и щитковидные соцветия (Алексеев, 1971; Вандышева и др., 1977; Кортиков, 2002). Корзинки в многочисленных, неравновысоких сложных щитках, 2-15 см в диаметре; обертки продолговатые до почти яйцевидных, 3-4 (6) мм длины, 2 (3)-4 (5) мм ширины. Язычки краевых цветков белые, розовые или красные, 1 (2)-4 мм длины, 1,5-3 (4,5) мм ширины. Трубчатые цветки в числе до 20 (Флора СССР, 1961; Новиков, Губанов, 2004). Растет по всему Дагестану вдоль дорог, по полям, опушкам лесов и т.п. Чаше встречается во внешнегорных районах (Алексеев, 1971). В официальной медицине тысячелистник употребляют как противовоспалительное, кровоостанавливающее и ранозаживляющее средство при гастритах, язве желудка и как возбуждающее центры секреторных нервов желудка, а также при атеросклерозе, гриппе и катаре верхних дыхательных путей. Лекарственным сырьем являются верхушки соцветий, листья (травя) и корни (Ребров, Громова, 2008). В листьях найдены алкалоид ахиллеин, в листьях и соцветиях – эфирное масло (0,8%), из которого выделен хамазулен, дубильные вещества, смолы, инулин и аспарагин, нитраты, органические кислоты, каротин, витамины С и К, горькие вещества (Махлаюк, 1992; Ребров, Громова, 2008).

Тысячелистник таволговый (*Achillea filipendulina* Lam.).

Тысячелистник таволговый встречается на Кавказе и Средней Азии. Многолетнее растение до 120 см высотой. Корневище деревянистое. Листья волосисто-опушенные, с обеих сторон с частыми точечно-ямчатыми железками,

широко продолговатоланцетные, перистораздельные, с низбегающими продолговатоланцетными или продолговатыми, тупыми, надрезанными, и туповатопильчатыми крупными сегментами. Корзинки немного или много цветковые, в густых, крупных (до 10 см в диаметре), сложных, выпуклых, неравновысоких щитках; цветоложе от выпуклого до удлинено-цилиндрического; цветки все трубчатые, или краевые короткоязычковые, часто неправильные, с мелким (до 1 мм длины) трехлопастным почковидно-округлым ярко-желтым язычком; семянки продолговатые, 1,5-1,75 мм длины. Размножение семенное и вегетативное (Флора СССР, 1961). Описание компонентов: намфен, α -туйон, α -пинен, β -фелландрен, лимонен, линалоол, эвкалиптол, цитронеллаль, камфора, борнеол, ментол. Основные компоненты: линалоол (17%), эвкалиптол (14%) (Ребров, Громова, 2008).

Особенности применения: антибактериальное, противогрибковое, кровоостанавливающее, ароматизирующее. В народной медицине применяют при лечении холецистита, холангита, дискинезии желчевыводящих путей.

Эссенция из свежей травы тысячелистника таволгового, собранной во время цветения, применяется в гомеопатии, в гомеопатии применяется также тысячелистник обыкновенный. Значение также декоративное.

Тысячелистник таволговый произрастает на галечниках и долинах рек, на каменистых, глинистых, глинисто-песчаных почвах у арыков, родников и ручьев, а также на залежах и открытых сухих склонах гор, на полянах и у опушек горных лесов и зарослей кустарников (Флора СССР, 1961).

Тысячелистник благородный (*A. nobilis* L.) - растение серовато-зеленое, более менее густо и прижато шерстисто-пушистое, иногда почти голое; стебли немногочисленные, по 3-6, реже по 12, или одиночные, (15)25-35(50) см высотой, прямостоячие, или несколько приподнимающиеся, большей частью слабо извилистые, простые или вверху разветвленные, обычно густо облиственные, тонкобороздчатые, в нижней части слабо гранистые, сильнее опушенные; листья яйцевидные или продолговато эллиптические, дважды перисторассеченные, с обеих сторон точечно-ямчатые, немного вверх направленные, прямые, (2)3-6 см

длины, сидячие, только нижние стеблевые и листья бесплодных побегов черешковые. Корзинки в густых выпуклых, сложных щитках; цветоложе более менее выпуклое; обертки яйцевидные, реже продолговато-яйцевидные; язычки краевых цветков белые или желтовато-белые, почковидно-округлые, полуэллиптические или полукруглые, на верхушке усеченные, неравно округло-трехзубчатые, (0,6)1-1,6(1,9) мм ширины, в 3-3,5 раза короче обертки (Флора СССР, 1961). Морфологические различия разных видов тысячелистника касаются в основном степени опушенности растения, ширины конечных долей листовой пластинки, строения обертки (Мякушко, Зинченко, 1982).

В народной медицине применяется при зубных болях, заболеваниях желудка.

Растет в степной и лесостепной зонах на черноземах и солонцеватых почвах, солонцах, меловых и каменистых обнажениях, в ковыльных и типчаковых степях, степных лугах, на залежах, у дорог, реже в зарослях кустарников, по опушкам лесов и на полянах, а также в приречных лугах (Флора СССР, 1961).

Тысячелистник Биберштейна (*A. biebersteinii* Afan.). Корневище тонкое, разветвленное, в верхней части деревянистое, растение серовато-зеленое, опушенное длинными, слабо-прижатыми, более менее густыми волосками; стебли немногочисленные, реже одиночные, прямые или слегка извилистые; 12(20) - 35(60) см высотой, тонкобороздчатые, в нижней части округлые, вверху слабо гранистые; стеблевые листья перисторассеченные, сидячие, варьируют от линейно-ланцетных до удлинено-продолговатых. Корзинки на обычно коротких цветоножках собраны в более менее густых, выпуклых, сложных часто неравновысоких щитках, цветоложе выпуклое или коническое; язычки краевых цветков золотистые или ярко-желтые, в 2-3(3,5) раза короче обертки, округло-почковидные или полукруглые, 1-1,5(1,8) мм длины, 1,5-2(3) мм ширины, наверху усеченные, с тремя округлыми неравными зубцами (Флора СССР, 1961).

Применение: при внутренних и наружных кровотечениях, кровоточащих ранах, в гомеопатии, ландшафтном дизайне.

Произрастает на глинистых, каменистых, иногда песчаных почвах, реже на каменистых обнажениях и галечниках по берегам рек, в предгорных равнинах, предгорьях и по горным склонам до 2500 (3000) м абсолютной высоты. Встречается в пустынных, полупустынных, степных и менее кустарниковых, лесных и луговых группировках, а также в поливных и неполивных посевах, на залежах, пустырях, у дорог, арыков и т.д. (Флора СССР, 1961).

ГЛАВА 4. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1. Методы отбора растительных и почвенных проб

Материалом исследований являются 4 вида тысячелистника: тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), т. благородный (*A. nobilis* L.), т. таволговый (*A. filipendulina* Lam.), т. Биберштейна (*A. biebersteinii* Afan.). Растения собирали в разных районах Дагестана в 2008 – 2015 гг. в период цветения растений (июнь-июль) согласно общепринятой методике (Правила..., 1985; Кортиков, 2002).

Пробы растений отбирали на территориях, расположенных вдали от дороги, на расстоянии от дороги 250-300 м (рис. 3).

Образцы тысячелистника обыкновенного отбирались на низменной зоне в окрестностях с. Тотурбийкала (Хасавюртовский район), с. Манас (Карабудахкентский район), в предгорной зоне в с. Эрпели (Буйнакский район), в среднегорной зоне в с. Усиша, Гапшима (Акушинский район), с. Орота, с. Батлаич (Хунзахский район), с. Цудахар (Левашинский район), в высокогорной зоне в с. Аракул (Рутульский район), с. Цицимах (Цунтинский район).

Образцы тысячелистника таволгового были отобраны на низменной зоне в окрестностях с. Манаскент (Карабудахкентский район), в предгорной зоне в с. Какамахи (Карабудахкентский район), с. Сергокала, с. Мюрего (Сергокалинский район).

Образцы тысячелистника благородного были отобраны на низменной зоне в окрестностях с. Стальское (Кизилюртовский район), с. Коркмаскала (Кумторкалинский район), в предгорной зоне в с. Сайтаркент (Сулейман-Стальский район).

Образцы тысячелистника Биберштейна были отобраны на низменной зоне в окрестностях с. Коркмаскала (Кумторкалинский район), с. Стальское (Кизилюртовский район).

Также отбор проб растений производили на территориях, загрязненных выбросами автотранспорта, в этих же районах, где были отобраны фоновые

образцы, а также в близлежащих районах (рис. 3), на расстоянии 5, 10 м от дороги, в с. Учкент на разном расстоянии от дороги (10, 50, 70 м).

Образцы тысячелистника обыкновенного отбирались на низменной зоне в окрестностях с. Тотурбийкала (Хасавюртовский район), с. Манас (Карабудахкентский район), с. Богатыревка, с. Шамхал (Кировский район), с. Акнада (Кизилюртовский район), в предгорной зоне на т/б Терменлик, в с. Эрпели (Буйнакский район), в среднегорной зоне на Хунзахском плато, в с. Батлаич, с. Хариколо (Хунзахский район), с. Цудахар, с. Левашаи (Левашинский район), с. Унчукатль (Лакский район), с. Гуниб (Гунибский район), с. Каладжух (Докузпаринский район)

Образцы тысячелистника таволгового были отобраны на низменной зоне в окрестностях трассы Махачкала-Манас (Карабудахкентский район), в предгорной зоне в с. Губден, с. Какамахи (Карабудахкентский район).

Образцы тысячелистника благородного были отобраны на низменной зоне в окрестностях с. Стальское (Кизилюртовский район), с. Учкент (Кумторкалинский район), в предгорной зоне в с. Касумкент (Сулейман-Стальский район), с. Дюбек (Табасаранский район).

Образцы тысячелистника Биберштейна были отобраны на низменной зоне в окрестностях с. Учкент (Кумторкалинский район), с. Стальское (Кизилюртовский район).

В каждом пункте, где отдельные виды образуют заросли, закладывали учетные площадки в 10-кратной повторности. На них выбирали 5-10 модельных экземпляров и выкапывали. Образцы отдельных видов растений из аналогичных мест произрастания объединяли. Все собранные образцы разделяли на подземную и надземную части и высушивали до воздушно-сухого состояния. Подземную часть отряхивали от земли, сразу же промывали в воде, потом в дистиллированной воде, очищали щеткой и сушили на воздухе. Затем образцы подземной части, а также образцы надземной части (стебли, листья и соцветия) измельчали. Всего отобрано и подвергнуто химическому анализу на тяжелые металлы 506 растительных образцов (табл. 1).

Почвенные пробы отбирали в разных районах Дагестана в 2008 – 2015 гг. с учетом локальной неоднородности почвенного покрова, обращая особое внимание на соответствие образцов почвенному профилю (Хохлова, 1967; Калинин, 1992). Пробы почвы в местах массового произрастания растений брали из зоны расположения корневой системы (0-20 см). Смешанный образец составляли из 20-25 индивидуальных проб, взятых в точках, равномерно расположенных в местах сбора лекарственного сырья. Из смешанного образца путем квартования отбирали средний образец массой около 1 кг, тщательно его перемешивали, освобождали от инородных включений и высушивали на воздухе до воздушно-сухого состояния, затем растирали в фарфоровой ступке и просеивали через почвенное сито с размером ячеек 1 мм. Из этого образца отбирали среднюю пробу для анализа на тяжелые металлы массой 50 г. Подготовка проб выполнена в соответствии с ГОСТ 174.3.01-83 – «Общие требования к отбору проб». Всего отобрано и подвергнуто химическому анализу на тяжелые металлы 105 почвенных проб (табл. 1).

Высота над уровнем моря определялась при помощи навигатора Garmin GPS map 62 s.

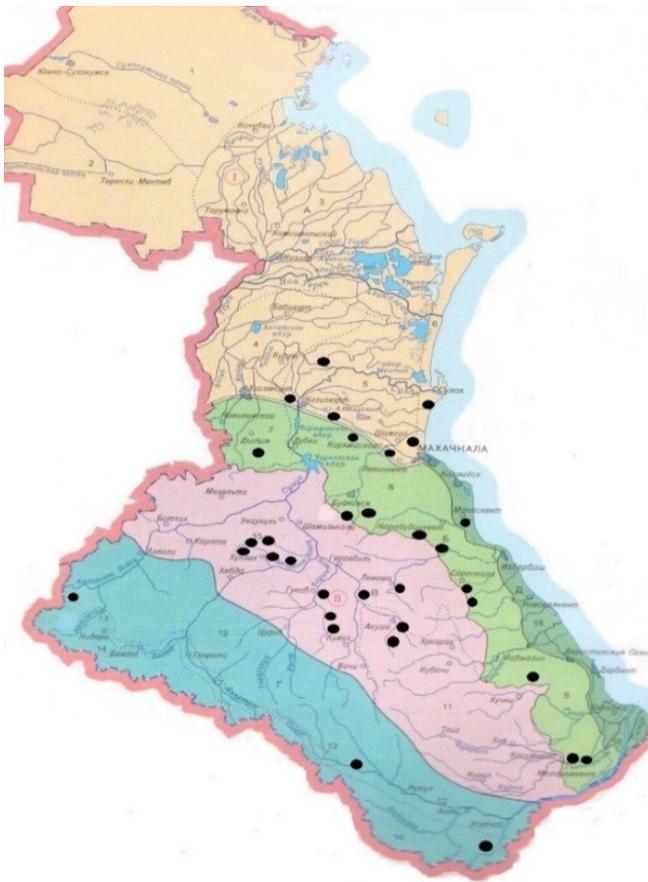


Рис. 3. - Карта Республики Дагестан с обозначением мест отбора почвенных и растительных образцов

Таблица 1 - Исследуемые пробы почв и растений тысячелистника (*Achillea L.*)

Пробы	Фоновые (незагрязненные)	Антропогенно нарушенные
Низменная зона		
Почвы	n = 15	n = 20
<i>Achillea millefolium</i>	n = 20	n = 50
<i>Achillea filipendulina</i>	n = 10	n = 10
<i>Achillea nobilis</i>	n = 20	n = 30
<i>Achillea biebersteinii</i>	n = 20	n = 30
Предгорная зона		
Почвы	n = 15	n = 12
<i>Achillea millefolium</i>	n = 10	n = 36
<i>Achillea filipendulina</i>	n = 30	n = 20
<i>Achillea nobilis</i>	n = 10	n = 28
Среднегорная зона		
Почвы	n = 15	n = 22
<i>Achillea millefolium</i>	n = 60	n = 102
Высокогорная зона		
Почвы	n = 6	
<i>Achillea millefolium</i>	n = 20	

Примечание: n – количество проб

4.2. Методы анализа почв и растений

Валовое содержание элементов в почвах определялось по методу К.В. Веригиной (1977). Метод основан на сжигании органических веществ прокаливанием и последующем разложении плавиковой кислотой в присутствии серной кислоты. Остаток от разложения растворяют в соляной кислоте и переносят в мерную колбу на 50 мл, доводят до метки дистиллированной водой, из нее отбирают аликвоты для определения всех элементов.

Для определения кислоторастворимых форм элементов, пробы почв массой 5 г помещают в конические колбы емкостью 300 мл и приливают 50 мл 1 М HCl. Колбы закрывают пробками и помещают на встряхиватель на 1 час. После отстаивания содержимое колб фильтруют через сухой складчатый фильтр с белой лентой (Научно-производственное..., 2004).

Подвижные формы элементов извлекали ацетатно-аммонийной буферной смесью с pH = 4,8, по методу Крупского и Александровой (Практикум по агрохимии, 2001). Для определения элементов, 30 г воздушно-сухой почвы помещают в коническую колбу, приливают 300 мл буферного раствора

уксуснокислого аммония и встряхивают на механическом встряхивателе в течение 60 мин. Фильтруют через фильтр (белая лента). В аликвотах полученного фильтрата определяют содержание элементов.

Содержание меди, никеля, цинка, свинца, кадмия определяли на полярографе ПУ-1 в переменном-токовом режиме: для меди $U = 250$ мВ, для никеля $U = 950$ мВ, для цинка $U = 1100$ мВ, для свинца $U = 450$ мВ, для кадмия $U = 650$ мВ.

Содержание железа, марганца и кобальта определялось фотометрическим методом (РД 52.18.191-90, ОСТ 10-221-98).

Железо в почвенных образцах определяли орто-фенантролиновым методом. Орто-фенантролиновый метод основан на получении окрашенного комплекса двухвалентного железа с орто-фенантролином и на последующем измерении его оптической плотности на КФК-2, при $\lambda = 490$ нм.

Марганец определяли перйодатным методом. Перйодатный метод определения марганца основан на окислении марганца перйодатом до окрашенного перманганат-иона и на последующем измерении оптической плотности на КФК-2, при $\lambda = 540$ (Самохвалов и др., 1973).

Кобальт определяли с использованием нитрозо - R - соли (Самохвалов и др., 1973), измерение проводилось на фотоэлектроколориметре (КФК-2), при длине волны $\lambda = 540$ нм.

Определение содержания гумуса в почвах проводили по методу Тюрина в модификации ЦИНАО - ГОСТ 26213-91 (Ягодин и др., 1987), рН водной вытяжки почв определяли потенциометрическим методом на рН-метре-милливольтметре (ГОСТ 26423-85).

Чувствительность по определению валовых форм элементов в почве: для Fe – 0,1, Mn – 0,08, Zn – 0,003, Cu – 0,003, Ni – 0,003, Co – 0,008, Pb – 0,0008, Cd – 0,0004 мг/л. Чувствительность по определению кислоторастворимых (1M HCl) форм элементов в почве: для Fe – 0,1, Mn – 0,08, Zn – 0,016, Cu – 0,013, Ni – 0,015, Co – 0,008, Pb – 0,004, Cd – 0,002 мг/л. Чувствительность анализа по определению подвижных ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) форм элементов в почве равна: для Fe –

0,05, Mn – 0,04, Zn – 0,0015, Cu – 0,0013, Ni – 0,0015, Co – 0,004, Pb – 0,0004, Cd – 0,0002 мг/л.

Пробы растений озоляли методом сухой минерализации (ГОСТ 26929-86). Навески (10 г) озоляли при температуре 500°C в течение 4 часов. Зола растворяли в 20% HCl (Разумов, 1986). Полученный раствор, не фильтруя, переносили через воронку в мерную колбу на 50 мл. Доводили раствор в колбе до метки бидистиллированной водой, содержимое колбы перемешивали и оставляли до осветления. В полученном растворе проводили определение элементов.

Железо в растительных образцах определяли орто-фенантролиновым, марганец – перйодатным методом, кобальт – с использованием нитрозо - R - соли (Самохвалов и др., 1973).

Содержание Zn, Cu, Ni, Pb, Cd определяли на полярографе ПУ-1 (ГОСТ 26931-86, ГОСТ 26932-86, ГОСТ 26933-86, ГОСТ 29934-86).

При определении элементов в растениях чувствительность анализа была равна: для Fe – 1, Mn – 1, Zn – 0,1, Cu – 0,5, Ni – 0,008, Co – 0,004, Pb – 0,002, Cd – 0,008 мг/л.

Все анализы проводили в 2 повторностях.

Оценку степени накопления элементов растениями проводили на основе коэффициента биологического поглощения (КБП), рассчитываемого как отношение содержания металла в надземной и подземной части растения (мг/кг сухой массы) к общему содержанию элемента в почве, а также коэффициента биогеохимической подвижности (B_x), представленного отношением содержания элемента в растении к содержанию его кислоторастворимых и подвижных форм в почве ($B_x 1$, $B_x 2$) (Перельман, 1975).

4.3. Степень достоверности результатов исследований

Полученные результаты и сделанные выводы достоверны, так как все измерения проведены на проверенном оборудовании. Аттестация методики измерения количеств элементов выполнена в соответствии с действующим стандартом ГОСТ. Оценены метрологические характеристики (правильность,

точность) результатов измерений содержания элементов. Оценка достоверности результатов базируется на основе разностороннего анализа полевого и лабораторного материала с использованием статистических методов, показавших точность и воспроизводимость полученных данных.

Проведено число измерений, достаточное для обработки результатов методом математической статистики (ГОСТ 8.207, 2006, ГОСТ Р ИСО 5725-5-6, 2002) с применением пакета Excel - 2007, Statistica 8.0.

ГЛАВА 5. НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВИДАХ РОДА *ACHILLEA* L.

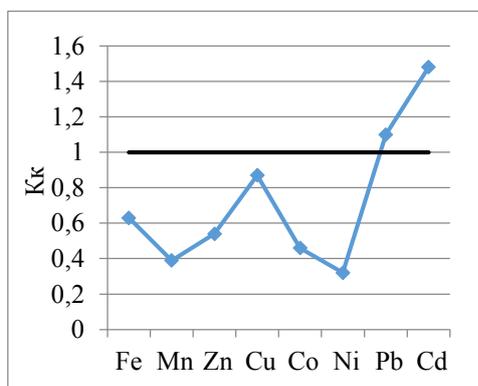
5.1. Фоновые содержания тяжелых металлов в почвах Республики Дагестан

Для изучения поглощения ТМ растениями тысячелистника определяли содержание ТМ в почвах разных районов Республики Дагестан.

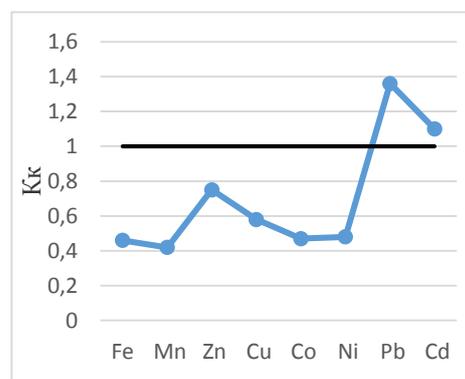
Первые сведения о микроэлементном составе почв Дагестана мы находим в работах В.А. Ковды и др. (1959), В.В. Ковальского (1960), Н.Г. Зырина, Г.Д. Белицыной (1962). Сравнение полученных в работе значений регионального фона с известными нам литературными данными по валовому содержанию элементов в почвах Дагестана (Зырин, Г.Д. Белицына, 1962; Рубилин, 1968; Ковальский, Андрианова, 1970; Ковда, Зырин, 1973; Ковальский, 2009, Абдурахманов, 2009; Реутова и др., 2010; Баширов, Магомедалиев, 2013) показало, что содержание Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Pb, Cd, согласуется с литературными данными. Содержание подвижных форм Mn, Zn, Cu в почвах близко к данным Н.Г. Зырина, Г.Д. Белицыной (1981), П.Р. Хизроевой (1981), А.П. Дибировой с соавторами (2005).

В анализируемых образцах почвы содержание некоторых ТМ превышало кларковые уровни, приводимые А.П. Виноградовым (1957). В почвах низменной зоны Дагестана (табл. 1, приложение) валовое содержание Fe, Mn, Zn, Ni, Co ниже их кларков в 1,4-4,4 раза. Содержание Cu, Pb, Cd в почвах низменной зоны Дагестана выше кларка в 1,5-2 раза. В почвах предгорной зоны Дагестана содержание Fe, Mn, Cu, Co, Ni ниже их кларков в 1,5-5,3 раза, Zn близко к кларку, Pb, Cd выше кларка в 1,6-1,8 раз (табл. 2, приложение). В почвах среднегорной зоны Дагестана содержание Fe, Mn, Zn, Co, Ni ниже их кларков в 1,5-10 раз, концентрация Cu, Pb, Cd выше кларка в 1,2-1,8 раз (табл. 3, приложение). В почвах высокогорной зоны Дагестана содержание Mn, Zn, Co, Ni ниже их кларков в 1,6-5,3 раза, концентрация Cu, Pb, Cd выше кларка в 1,4-2,7 раз (табл. 3, приложение).

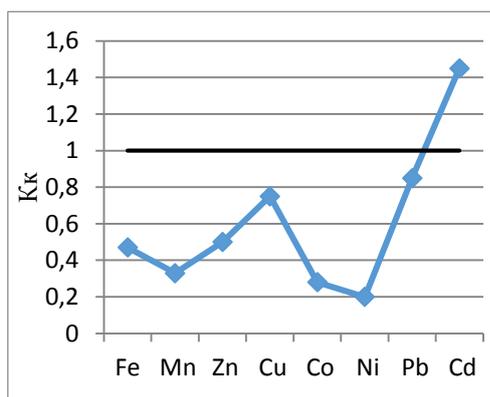
Кларки концентрации (K_k) рассчитаны как отношение содержания элемента в почве к его кларку для почв по А.П. Виноградову (1957). По кларкам концентраций и кларкам рассеяния элементов были построены геохимические спектры (рис. 4), которые показывают, что почвы низменной, предгорной, среднегорной зон обогащены Pb, Cd, а почвы высокогорной зоны – Cu, Pb, Cd, и относительно обеднены Fe, Mn, Zn, Co, Ni. Ковальский В.В., Андрианова В.А. (1970), Рубилин Е.В. (1968) отмечают повышенное содержание в почвах Северного Кавказа Zn, Cu, Pb. Они объясняют это повышенным содержанием этих элементов в горных породах, принявших участие в формировании почвообразующих пород, а также распространением среди последних медноколчеданных и полиметаллических месторождений.



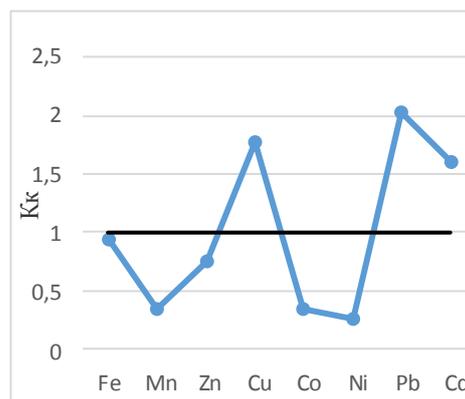
А - Низменная зона



Б – Предгорная зона



В – Среднегорная зона



Г – Высокогорная зона

Рис 4 – Геохимические спектры, построенные по кларкам концентраций ($K_k > 1$) и кларкам рассеяния ($K_k < 1$) элементов (средние значения) в почвах разных природных зон Дагестана (в мг/кг)

Критерий Шапиро-Уилка не выявил отклонений от нормального распределения для валового содержания ТМ в почвах.

Среднее валовое содержание тяжелых металлов в исследуемых типах почв представлено в табл. 2.

Таблица 2 - Среднее валовое содержание тяжелых металлов в основных типах почв природных зон Дагестана, мг/кг (среднее за 2008-2015 гг.)

Тип почвы	Число проб	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Низменная зона									
Каштановая на глинах	6	21250	310,5	22,5	13,0	3,3	12,7	9,5	1,1
Лугово-каштановая на галечниках, песках	6	25750	410,0	35,0	10,7	4,6	13,0	14,0	0,6
Лугово-каштановая на глинах	3	26500	400,0	22,0	40,0	2,5	9,0	8,0	0,3
Предгорная зона									
Горно-каштановая на известняках	3	10800	430,0	26,0	5,0	3,0	9,5	9,0	0,4
Горно-луговая на глинах	12	19350	343,7	38,0	12,7	3,9	20,1	14,7	0,6
Среднегорная зона									
Горно-луговая на глинах	6	17200	160,0	28,0	14,0	1,9	11,2	13,0	0,5
Горно-луговая на известняках	6	18950	405,0	24,5	19,5	2,3	6,0	6,5	0,89
Горно-луговая на песчаниках	3	21300	280,0	26,0	11,0	3,0	8,6	7,7	0,9
Высокогорная зона									
Горно-луговая на сланцах	3	35200	340,0	45,0	52,0	4,0	10,0	13,6	0,6
Горно-луговая типичная на песчаниках с прослоями сланцев	3	36500	250,0	31,0	19,0	1,5	11,0	27,0	1,0
Кларк по Виноградову (1957)		38000	850	50	20	8	40	10	0,5

Элементы по среднему содержанию их в почвах (табл. 2) можно расположить в следующие ряды в порядке убывания: для каштановых и горно-луговых почв на песчаниках – Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Pb > Co > Cd; для лугово-каштановых почв на галечниках - Fe > Mn > Zn > Pb > Ni > Cu > Co > Cd; для лугово-каштановых почв на глинах - Fe > Mn > Cu > Zn > Ni > Pb > Co > Cd; для

горно-каштановых почв на известняках и горно-луговых почв на глинах в предгорье - $Fe > Mn > Zn > Ni > Pb > Cu > Co > Cd$; для горно-луговых почв на глинах и горно-луговых почв на известняках - $Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Co > Cd$; для горно-луговых почв на сланцах - $Fe > Mn > Cu > Zn > Pb > Ni > Co > Cd$; для горно-луговых типичных - $Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Ni > Co > Cd$.

Максимальное валовое содержание в почвах Дагестана наблюдалось для Fe и Mn, потом следовали (в порядке уменьшения) Zn, Cu, Ni, Pb, замыкали ряд Co и Cd.

Для выяснения, какие элементы накапливаются в почвах, мы сравнивали содержание элементов в пробах каждого типа почв с их кларками с применением критерия Стьюдента. В лугово-каштановой почве на глинах ($t = 21,92$, $p = 0,002$), горно-луговой почве на сланцах ($t = 27,71$, $p = 0,001$) накапливается Cu (табл. 2). В лугово-каштановой почве на галечниках, песках ($t = 7,05$, $p = 0,001$), горно-луговой почве на глинах ($t = 4,89$; $t = 7,8$, $p = 0,0004$), горно-луговой типичной почве на песчаниках ($t = 14,7$, $p = 0,004$) и горно-луговой почве на сланцах ($t = 17,5$, $p = 0,003$) накапливается Pb. В каштановой почве на глинах ($t = 10,78$, $p = 0,0001$), лугово-каштановой почве на галечниках, песках ($t = 2,65$, $p = 0,04$), горно-луговой почве на известняках ($t = 9,1$, $p = 0,0002$), горно-луговой почве на песчаниках ($t = 6,93$, $p = 0,02$), горно-луговой типичной почве на песчаниках ($t = 8,66$, $p = 0,01$) накапливается Cd.

Большие колебания содержания микроэлементов в почвах Дагестана обусловлены, прежде всего, многообразием почвообразующих пород, на которых они развиты. Так, например, содержание Fe в горно-луговой почве на сланцах почти в 2 раза превышает его содержание в горно-луговой почве, развитой на известняках, а Cu в 3 раза (табл. 2).

5.2. Воздействие антропогенного фактора (выбросов автотранспорта) на накопление тяжелых металлов в исследуемых почвах и растениях

Нормирование содержания тяжелых металлов в почве и растениях является чрезвычайно сложным из-за невозможности полного учета всех факторов

природной среды. Так, изменение только агрохимических свойств почвы (реакции среды, содержания гумуса, гранулометрического состава) может в несколько раз уменьшить или увеличить содержание тяжелых металлов в растениях. Имеются противоречивые данные даже о фоновом содержании некоторых металлов. Отрицательное влияние ТМ на почву зависит от их подвижности. Негативное влияние ТМ может быть снижено, если они прочно связаны с составными частями почвы.

Для нашего исследования мы проводили отбор проб не только около автомагистралей города Махачкалы, но и на разных высотных отметках республики Дагестан. Отбор проб растений и почв производился на разном расстоянии от дороги: 5, 10, 50 и 70 м. Ландшафты, расположенные вдоль дорог, названы нами антропогенно нарушенными, отличающимися по содержанию некоторых ТМ в почвах и растениях от природных ландшафтов.

Валовое содержание Mn, Zn, Cu, Ni, Pb в почвах (табл. 4-6, приложение) не было выше ориентировочно допустимой концентрации (ОДК по ГН 2.1.7.2511-09), за исключением Cd, содержание которого превысило ОДК в 1,3-3,2 раза (18 %). Содержание подвижных форм превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК по ГН 2.1.7.2041-06) по Mn в 1,4-2,8 раза (52 %).

По кобальту превышение максимально допустимого уровня (МДУ) в органах растений (табл. 7-9, приложение) отмечено для 14 проб (5 %), по никелю – для 54 проб (21 %), по цинку - для 2 проб (0,8 %), по свинцу – для 4 проб (1,6 %), по кадмию для 28 проб (11 %). *Achillea millefolium* интенсивно концентрирует Ni (в 1,4-10 раз), Pb (в 7 раз), Cd (в 1,5-2,7 раз), Co (в 1,4-6,8 раз), *Achillea nobilis* – Zn (в 1,5 раза), Ni (в 1,5-5 раз), Cd (в 1,4-2,6 раз), Co (в 2-3,6 раз), *Achillea filipendulina* – Pb (в 5 раз), *Achillea biebersteinii* – Cd (в 1,4 раз), в количествах, превышающих МДУ.

В надземной массе растений тысячелистника таволгового антропогенно нарушенного участка на расстоянии 5 м от трассы Махачкала-Манас (10000 авт./сутки) содержание Pb составляет 9,0 мг/кг, что превышает фон в 30 раз ($t = 142,8$, $p = 0,00005$), а ПДК в 1,8 раз ($t = 66$, $p = 0,009$), содержание свинца в

листьях составляет 26,0 мг/кг, что превышает МДУ в 4,3 раза (табл. 5, 6). При небольшом количестве свинца в почве 3,4 мг/кг, в листьях аккумулируются очень большие концентрации свинца, что свидетельствует о поглощении листьями токсического металла из воздуха (табл. 7, приложение).

Таблица 3 - Содержание элементов в почвах природных зон Дагестана, мг/кг

Район, населенный пункт	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Низменная зона								
Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая								
Карабудахкентский, с. Манаскент	26500/ 1050 (4,3)	400,0/ 250 (100,0)	22,0/ 8,0 (0,70)	40,0/ 10,0 (0,70)	2,50/ 1,20 (0,10)	9,0/ 1,50 (0,20)	8,0/ 3,0 (0,30)	0,30/ 0,10 (0,01)
Каштановая карбонатная среднесуглинистая								
Карабудахкентский, с. Манаскент	16900/ 1088 (4,20)	201,0/ 100 (76,0)	15,0/ 12,0 (0,62)	15,0/ 2,1 (0,46)	2,60/ 0,23 (0,18)	9,4/ 2,9 (0,19)	10,0/ 5,5 (0,18)	1,00/ 0,05 (0,01)
Кумторкалинский, с. Коркмаскала	25600/ 1700 (9,0)	420,0/ 260,0 (98,0)	30,0/ 8,70 (0,75)	11,0/ 3,40 (0,90)	4,10/ 0,96 (0,85)	16,0/ 2,50 (0,10)	9,0/ 5,0 (0,12)	1,10/ 0,12 (0,02)
Предгорная зона								
Горно-луговая карбонатная среднесуглинистая								
Буйнакский, с. Эрпели	20000/ 1468 (12,0)	370,0/ 260,0 (250,0)	55,0/ 13,0 (0,50)	9,50/ 4,70 (0,40)	3,30/ 1,0 (0,30)	42,0/ 2,30 (0,80)	11,0/ 4,10 (0,30)	0,60/ 0,20 (0,02)
Среднегорная зона								
Горно-луговая карбонатная среднесуглинистая								
Хунзахский, с. Батлаич	20400/ 1759,0 (8,50)	570,0/ 300,0 (130,0)	24,0/ 7,0 (0,42)	15,0/ 6,50 (0,25)	2,80/ 2,40 (0,35)	4,0/ 1,50 (0,08)	7,0/ 4,50 (0,60)	0,80/ 0,50 (0,01)

Примечание к табл. 3, 4. В числителе – валовое содержание, в знаменателе – кислоторастворимые формы элементов, в скобках – подвижные формы элементов. Полуужирным шрифтом выделены превышения ПДК.

Таблица 4 - Содержание элементов в антропогенно нарушенных почвах, мг/кг

Район, населенный пункт	Расстояние от дороги, м	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Низменная зона									
Светло-каштановая карбонатная легкосуглинистая									
Карабудахкентский. Трасса Махачкала-Манас	5	15900/ 820 (0,80)	190,0/ 130,0 (51,0)	13,0/ 7,10 (0,31)	13,0/ 0,80 (0,14)	3,0/ 0,25 (0,08)	9,5/ 3,66 (0,03)	15,0/ 3,40 (0,19)	1,0/ 0,03 (0,01)

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая									
Карабудах-кентский, с. Манаскент	10	38300/ 1090 (4,50)	440,0/ 315,0 (140,0)	22,0/ 12,0 (0,71)	60,0/ 11,0 (0,67)	2,80/ 1,90 (0,15)	10,0/ 1,90 (0,23)	10,0/ 7,50 (2,40)	0,60/ 0,39 (0,01)
Каштановая карбонатная среднесуглинистая									
Кумторкалинский, с. Учкент	10	26700/ 1920 (3,80)	480,0/ 340,0 (113,0)	27,0/ 25,0 (0,17)	22,0/ 6,0 (0,11)	3,0/ 1,90 (0,08)	15,0/ 2,50 (0,16)	29,0/ 27,0 (4,20)	0,90/ 0,43 (0,04)
Каштановая среднесуглинистая									
Кумторкалинский, с. Учкент	50	25800/ 1690 (8,30)	430,0/ 270,0 (118,0)	32,0/ 8,90 (0,86)	13,0/ 3,60 (0,11)	4,3/ 1,25 (0,98)	17,0/ 2,70 (0,08)	23,0/ 12,0 (2,8)	1,20/ 0,33 (0,01)
Кумторкалинский, с. Учкент	70	21700/ 2260 (3,30)	450,0/ 300,0 (54,0)	24,0/ 6,30 (0,47)	20,0/ 5,20 (0,19)	3,3/ 1,30 (0,08)	13,0/ 3,60 (0,33)	14,0/ 8,70 (0,42)	0,80/ 0,54 (0,04)
Предгорная зона									
Горно-луговая карбонатная среднесуглинистая									
Буйнакский, турбаза Терменлик	5	25500/ 3220 (46,0)	740,0/ 560,0 (280,0)	73,0/ 20,0 (0,94)	11,5/ 10,0 (1,20)	3,8/ 2,50 (0,55)	67,0/ 2,50 (1,13)	11,9/ 11,2 (2,3)	1,60/ 1,0 (0,01)
Среднегорная зона									
Горно-луговая карбонатная среднесуглинистая									
Хунзахский, с. Батлаич	5	25500/ 1806,0 (8,80)	530,0/ 400,0 (140,0)	25,0/ 8,50 (0,60)	14,0/ 5,60 (0,35)	1,50/ 1,26 (0,38)	3,80/ 1,90 (0,09)	9,80/ 7,70 (0,80)	1,0/ 0,70 (0,01)
ОДК валового содержания элементов по ГН 2.1.7. 2511-09		-	1500,0	220,0	132,0	-	80,0	130,0	2,0
ПДК подвижных (ААБ) форм элементов в почве по ГН 2.1.7.2041-06		-	100,0	23,0	3,00	5,0	4,0	6,0	-

Каштановые почвы на глинах антропогенно нарушенного участка Кумторкалинского района (с. Учкент) содержат повышенные концентрации по сравнению с участком с. Коркмаскала подвижных форм Pb – в 35 раз ($t = 3,36$, $p = 0,02$) (табл. 3, 4). В тысячелистнике благородном повышено по сравнению с фоном содержание Pb в надземной массе в 3-8 раз ($t = 20,2$, $p = 0,03$), Cd - в 3,8-7,4 раза ($t = 14$, $p = 0,04$; $t = 32$, $p = 0,02$), Ni - в 3 раза ($t = 42$, $p = 0,01$), в подземной массе превышено содержание Cd в 1,3-4 раза ($t = 20$, $p = 0,03$) (табл. 5, 6). В тысячелистнике Биберштейна повышено по сравнению с фоном содержание Pb в

надземной массе в 1,6 раз ($t = 29$, $p = 0,02$), Cd – в 5,5 раз ($t = 18$, $p = 0,03$) (табл. 5, 6). Выявлено превышение МДУ Co в надземной массе растений тысячелистника благородного, отобранных в с. Учкент на расстоянии 10 м от дороги, в 1,3 раза ($t = 31$, $p = 0,02$).

В некоторых точках с одинаковой интенсивностью движения (с. Учкент, 8000 авт./сутки) наблюдается преобладание тяжелых металлов в почвах и растениях, отобранных на расстоянии 10 м от дороги, по сравнению с расстоянием 50-70 м (табл. 3-6). В почвах содержание Cu, Pb постепенно уменьшается с удалением от дороги, наибольшая концентрация их наблюдается на расстоянии 10 м от дороги (табл. 4). В с. Учкент показатели Zn, Pb, Cd в растениях тысячелистника Биберштейна, отобранных на расстоянии 10 м от дороги, в 1,5 - 5,5 раза превышают показатели в растениях, отобранных на расстоянии 70 м (табл. 6). В листьях тысячелистника благородного содержание свинца и кадмия больше на расстоянии 10 м от дороги, чем на расстоянии 50 м в 1,7-2,8 раз (табл. 7, приложение).

Лугово-каштановая почва нарушенного участка Карабудахкентского района (с. Манаскент) содержит повышенные количества по сравнению фоном подвижного Pb в 8 раз ($t = 14,8$, $p = 0,004$), кислоторастворимых форм Pb в 2,5 раз ($t = 4,47$, $p = 0,04$) и Cd в 4 раза ($t = 10,21$, $p = 0,009$) (табл. 3, 4). В надземной массе тысячелистника обыкновенного повышено количество Pb в 3 раза ($t = 39,59$, $p = 0,0006$) (табл. 5, 6).

Таблица 5 - Содержание элементов в разных видах тысячелистника природных зон Дагестана, мг/кг сухого вещества

Вид растения. Район, населенный пункт	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Низменная зона								
Тысячелистник обыкновенный. Карабудахкентский, с. Манаскент	<u>197</u> 235	<u>30,0</u> 47	<u>4,50</u> 5,6	<u>2,50</u> 3,20	<u>0,24</u> 0,50	<u>1,03</u> 1,80	<u>0,26</u> 0,50	<u>0,06</u> 0,03
Тысячелистник таволговый. Карабудахкентский, с. Манаскент	<u>416</u> 438	<u>24,3</u> 13,0	<u>9,50</u> 12,6	<u>4,85</u> 2,80	<u>0,01</u> 0,01	<u>1,75</u> 1,3	<u>0,27</u> 0,40	<u>0,12</u> 0,10
Тысячелистник благородный. Кумторкалинский, с. Коркмаскала	<u>530</u> 1050	<u>25,5</u> 42,0	<u>3,80</u> 5,8	<u>0,73</u> 1,60	<u>0,40</u> 0,50	<u>0,19</u> 0,10	<u>0,28</u> 0,44	<u>0,05</u> 0,06
Тысячелистник Биберштейна. Кумторкалинский, с. Коркмаскала	<u>306</u> 1068	<u>70,0</u> 92	<u>3,80</u> 4,8	<u>0,85</u> 2,80	<u>0,17</u> 0,24	<u>0,52</u> 0,45	<u>0,45</u> 0,86	<u>0,04</u> 0,04

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предгорная зона								
Тысячелистник обыкновенный. Буйнакский, с. Эрпели	<u>366</u> 450	<u>21,50</u> 20,0	<u>4,90</u> 7,3	<u>4,30</u> 5,10	<u>0,50</u> 0,60	<u>2,83</u> 2,50	<u>0,35</u> 0,30	<u>0,07</u> 0,09
Среднегорная зона								
Тысячелистник обыкновенный. Хунзахский, с. Батлаич	<u>443</u> 1120	<u>37,30</u> 31	<u>8,30</u> 11,0	<u>2,93</u> 5,2	<u>0,37</u> 0,38	<u>2,0</u> 2,0	<u>0,54</u> 1,10	<u>0,02</u> 0,06

Примечание к табл. 5, 6. В числителе – надземная масса, в знаменателе – подземная масса. Полу жирным шрифтом выделены превышения максимально допустимого уровня (МДУ), мг/кг

Таблица 6 - Содержание элементов в разных видах тысячелистника антропогенно нарушенных ландшафтов Дагестана, мг/кг сухого вещества

Вид растения. Район, населенный пункт	Расстояние от дороги, м	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Низменная зона									
Тысячелистник обыкновенный. Карабудахкентский, с. Манаскент	10	<u>206</u> 236	<u>33,0</u> 53,0	<u>4,70</u> 5,9	<u>4,86</u> 6,20	<u>0,34</u> 0,63	<u>2,38</u> 8,0	<u>0,82</u> 0,43	<u>0,08</u> 0,05
Тысячелистник таволговый. Карабудахкентский. Трасса Махачкала-Манас	5	<u>420</u> 440	<u>25,60</u> 15,0	<u>10,30</u> 12,9	<u>4,03</u> 2,40	<u>0,02</u> 0,01	<u>1,60</u> 1,5	<u>9,01</u> 0,63	<u>0,14</u> 0,11
Тысячелистник благородный. Кумторкалинский, с. Учкент	10	<u>1956</u> 1070	<u>120,6</u> 110,0	<u>4,10</u> 6,0	<u>0,80</u> 2,65	<u>1,31</u> 0,25	<u>0,61</u> 0,35	<u>2,30</u> 1,20	<u>0,19</u> 0,08
Тысячелистник благородный. Кумторкалинский, с. Учкент	50	<u>807</u> 1630	<u>27,80</u> 45,0	<u>7,70</u> 4,7	<u>2,48</u> 1,17	<u>0,53</u> 0,31	<u>0,20</u> 0,11	<u>0,84</u> 1,28	<u>0,37</u> 0,26
Тысячелистник Биберштейна. Кумторкалинский, с. Учкент	10	<u>653</u> 702	<u>91,0</u> 82,0	<u>8,40</u> 7,3	<u>1,34</u> 2,10	<u>0,66</u> 0,64	<u>0,53</u> 0,18	<u>0,74</u> 1,10	<u>0,22</u> 0,07
Тысячелистник Биберштейна. Кумторкалинский, с. Учкент	70	<u>308</u> 1070	<u>72,0</u> 94,0	<u>4,0</u> 5,1	<u>0,86</u> 2,82	<u>0,19</u> 0,28	<u>0,53</u> 0,47	<u>0,50</u> 0,88	<u>0,04</u> 0,04

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предгорная зона									
Тысячелистник обыкновенный. Буйнакский, турбаза Терменлик	5	$\frac{440}{490}$	$\frac{33,60}{27,0}$	$\frac{5,53}{10,0}$	$\frac{4,63}{5,5}$	$\frac{0,71}{0,75}$	$\frac{4,58}{2,70}$	$\frac{0,49}{0,20}$	$\frac{0,53}{0,80}$
Среднегорная зона									
Тысячелистник обыкновенный. Хунзахский, с. Батлаич	5	$\frac{292}{240}$	$\frac{18,0}{2,0}$	$\frac{8,70}{12,5}$	$\frac{1,30}{6,1}$	$\frac{0,01}{0,01}$	$\frac{1,2}{0,8}$	$\frac{2,20}{0,24}$	$\frac{0,05}{0,03}$
МДУ для кормовых трав (Санитарные..., 2002)		-	-	50,0	30	1,0	3,0	5,0	0,3

В лугово-каштановых почвах на галечниках, песках с. Тотурбийкала (табл. 1, 4, приложение) превышено по сравнению с фоном количество подвижных форм Fe в 1,7 раз ($t = 27,57$, $p = 0,001$), Pb в 3,5 раза ($t = 10,15$, $p = 0,009$) и кислоторастворимых форм Fe в 1,3 раза ($t = 579,83$, $p = 0,000$), Pb в 2,5 раза ($t = 6,66$, $p = 0,02$), Cd в 3,3 раза ($t = 21,21$, $p = 0,002$), в тысячелистнике обыкновенном тоже наблюдаются превышения для Fe в надземной массе в 2 раза ($t = 260,2$, $p = 0,0000$), в подземной массе – в 2,5 раза ($t = 38,2$, $p = 0,0006$). В лугово-каштановых почвах с. Стальское превышено содержание подвижных форм Pb в 2 раза ($t = 21,92$, $p = 0,002$). В надземной массе растений тысячелистника благородного с. Стальское превышено по сравнению с фоном содержание Pb в 5 раз ($t = 32,53$, $p = 0,001$), Cd в 6 раз ($t = 31,11$, $p = 0,001$), в подземной массе повышено содержание Pb в 3 раза ($t = 23,33$, $p = 0,002$) (табл. 10, 11, приложение). В листьях и соцветиях тысячелистника благородного с. Стальское (50 м) содержание Cd превышает МДУ в 2,6 раза ($t = 11,56$, $p = 0,001$) (табл. 7, приложение). В надземной массе растений тысячелистника Биберштейна повышено содержание Pb в 3 раза ($t = 45,96$, $p = 0,0005$).

Лугово-каштановые, луговые почвы антропогенно нарушенного участка Кировского района (с. Шамхал, с. Богатыревка), Кизилюртовского района (с. Акнада) содержат повышенное количество (табл. 1, 4, приложение) по сравнению с фоновым участком с. Тотурбийкала подвижного Pb в 2-3 раза (с. Шамхал - $t = 5,67$, $p = 0,03$, с. Богатыревка - $t = 6,46$, $p = 0,02$, с. Акнада - $t = 7,26$, $p = 0,02$),

кислоторастворимого Cd (в с. Богатыревка в 4 раза - $t = 28,98$, $p = 0,001$, в с. Шамхал в 1,7 раз - $t = 6,36$, $p = 0,02$, в с. Акнада в 3 раза - $t = 21,91$, $p = 0,002$). Содержание Pb в надземной массе загрязненных растений тысячелистника обыкновенного с. Богатыревка превышает его количество в фоновых в 5 раз ($t = 12,54$, $p = 0,006$), в растениях с. Акнада количество Pb повышено в 4 раза ($t = 8,26$, $p = 0,01$). Содержание Cd превышено в надземной массе растений с. Богатыревка и с. Шамхал в 2-3 раза ($t = 5$, $p = 0,002$), в с. Акнада в 6 раз ($t = 9,89$, $p = 0,01$) (табл. 10, 11, приложение).

В горно-луговых почвах на глинах загрязненного участка Буйнакского района (турбаза Терменлик) повышено по сравнению с фоновым участком (с. Эрпели) содержание подвижных форм Pb в 7,6 раз ($t = 20$, $p = 0,03$) (табл. 3, 4). В надземной массе тысячелистника обыкновенного повышено содержание Pb в 1,4 раза ($t = 14$, $p = 0,04$), Ni - в 1,6 раз ($t = 175$, $p = 0,004$), Cd в надземной массе – в 7 раз ($t = 46$, $p = 0,01$) (табл. 5, 6). Превышение МДУ наблюдаются в надземной массе для Ni в 1,5 раза ($t = 158$, $p = 0,004$), в подземной массе для Cd в 2,6 раза ($t = 8,66$, $p = 0,003$).

В горно-луговых почвах на глинах техногенно нарушенного участка Сулейман-Стальского района (с. Касумкент) повышено по сравнению с фоном (с. Сайтаркент) валовое содержание Cd в 21,6 раз ($t = 43,84$, $p = 0,0005$), кислоторастворимого Pb – в 3 раза ($t = 6,36$, $p = 0,02$), Cd – в 58 раз ($t = 55,15$, $p = 0,0003$) (табл. 2, 5, приложение). В загрязненных растениях тысячелистника благородного (табл. 10, 11, приложение) содержание Pb в надземной массе в 6 раз выше фонового ($t = 19,49$, $p = 0,003$), Cd – в 2,8 раза ($t = 6,36$, $p = 0,02$).

Коричневая почва на глинах антропогенно нарушенного участка Табасаранского района (с. Дюбек) содержит повышенное количество по сравнению с содержанием в горно-луговой почве на глинах с. Сайтаркент подвижного Zn в 1,5 раза ($t = 14,85$, $p = 0,004$), Pb в 3,7 раза ($t = 9,45$, $p = 0,01$), кислоторастворимого Pb в 3,6 раз ($t = 10,55$, $p = 0,008$), Cd в 12,5 раз ($t = 42,15$, $p = 0,0005$) (табл. 2, 5, приложение). Выявлены превышения над фоном для надземной массы тысячелистника благородного Zn в 2,3 раза ($t = 47,37$, $p =$

0,0004), Pb в 11 раз ($t = 67,17$, $p = 0,0002$), Cd в 6 раз ($t = 16,26$, $p = 0,004$), для подземной массы - Cd в 17,5 раз ($t = 49,50$, $p = 0,0004$) (табл. 10, 11, приложение). Повышено содержание Ni в надземной массе по сравнению с МДУ в 3 раза ($t = 10,39$, $p = 0,002$), Cd превышено в подземной массе в 2,5 раза ($t = 44$, $p = 0,01$).

В горно-каштановых почвах на известняках нарушенных участков Карабудахкентского района (с. Губден, с. Какамахи) повышено по сравнению с фоном (с. Какамахи) валовое содержание в почве Pb и Cd в 1,8 раза ($t = 7$, $p = 0,0004$; $t = 4,04$, $p = 0,006$), их кислоторастворимых форм в 2-4 раза ($t = 8,74$, $p = 0,0001$; $t = 6,5$, $p = 0,0006$), а в растениях тысячелистника таволгового превышено содержание Pb в 2 раза ($t = 6$, $p = 0,001$) (табл. 2, 5, 10, 11, приложение).

В горно-луговых почвах антропогенно нарушенных участков превышено валовое содержание Zn, Pb, Cd (табл. 3, 6, приложение) по сравнению с фоном в 1,6-4,4 раза, содержание подвижных форм – в 1,8-11 раз, кислоторастворимых форм – в 1,4-3,9 раза (различия достоверны $p \leq 0,05$). В надземной массе тысячелистника обыкновенного превышено содержание Zn, Pb, Cd в 2-9 раз, в подземной массе – в 1,5-16 раз (табл. 10, 11, приложение). В горно-луговых почвах антропогенно нарушенного участка с. Батлаич Хунзахского района превышено содержание кислоторастворимых форм Pb в 1,7 раз ($t = 32$, $p = 0,01$). В растениях тысячелистника обыкновенного, отобранных в с. Батлаич на расстоянии 5 м от дороги, отмечено содержание свинца в листьях растений равное 6 мг/кг, в среднем в надземной массе - 2,2 мг/кг, что превышает фон в 4 раза ($t = 16,6$, $p = 0,03$) (табл. 5, 6). В местообитаниях, удаленных от дороги (с. Усиша и с. Гапшима), показатели свинца в листьях не превышали 1,26 мг/кг (табл. 9, приложение).

На уровень содержания элементов в почве значительное действие оказывает гранулометрический состав почвы. Имеются различия в содержании подвижных элементов в почве. Так, содержание элементов в горно-луговой среднесуглинистой почве с. Цудахар меньше, чем в горно-луговой карбонатной глинистой почве с. Каладжух (табл. 6, приложение).

Содержание элементов в почве зависит также от гумуса. Легкосуглинистая горно-луговая дерновая почва с. Шотода содержит максимальные концентрации кислоторастворимого цинка и марганца (68,0, 344 мг/кг), так как в почве содержится высокое количество гумуса (12,5%), который обладает свойством связываться в комплексные соединения с тяжелыми металлами, и почва обладает нейтральной реакцией среды (табл. 3, приложение). Согласно литературным данным (Акаев, Атаев. 1996) на этом участке раньше были торфяные болота.

При содержании в горно-луговой дерновой почве с. Хариколо кислоторастворимых форм свинца и кадмия в количествах 6,7 и 3,2 мг/кг, в растениях тысячелистника обыкновенного их содержание находится в пределах нормы (1,01 и 0,02 мг/кг) (табл. 6, приложение). Это происходит из-за высокого содержания гумуса в почве (14,0%), так как он обладает свойством связывать тяжелые металлы и препятствовать их переходу в растения.

Известно, что наибольшей способностью удерживать тяжелые металлы в связанном состоянии, препятствовать их переходу в почвенный раствор и поглощению растениями обладают тяжелосуглинистые, высокогумусные, хорошо дренированные почвы с нейтральной реакцией. Легкие по механическому составу, а также кислые, переувлажненные и малогумусные почвы устойчивы против загрязнения тяжелыми металлами (Почвенно-экологический..., 1994).

В предгорных условиях, где интенсивность движения автомашин меньше, разница в содержании ТМ в однотипных почвах и растениях тысячелистника на расстоянии 5 и 10 м от дороги незначительна. Так, например, горно-луговая карбонатная среднесуглинистая почва и растения тысячелистника обыкновенного, отобранные в с. Эрпели и на турбазе Терменлик Буйнакского района (600-650 авт./сутки), характеризуются близкими показателями изучаемых элементов (табл. 5, 11, приложение).

На одинаковом расстоянии (10 м) от дороги интенсивность движения значительно повлияла на накопление элементов в почвах и растениях. Примером является горно-каштановая почва с близкими показателями гумуса и рН в с. Губден и Какамахи. В районе с. Губден интенсивность движения автомашин

гораздо больше (1000 авт./сутки), чем в районе с. Какамахи (850 авт./сутки), поэтому накопление элементов в почве и растениях тысячелистника таволгового, отобранных в с. Губден, тоже выше (табл. 5, 11, приложение).

Доля подвижных форм (ААБ) Cd от валового содержания в антропогенно-нарушенных почвах наименьшая в почвах низменности (0,4-5 %), наибольшая в почвах предгорной зоны (0,5-16,6 %). Доля подвижного Pb ниже в почвах предгорья (1,7-19,3 %), выше на низменной зоне (1,3-24 %) (табл. 4, 5, приложение).

В антропогенно нарушенных почвах доля кислоторастворимых форм Pb, Cd от валового содержания ниже на низменности (22,6-93,1, 3-77,1 %), выше в среднегорной зоне: Pb – 37,4-98, Cd – 6,6-90,7 %. Доля подвижных форм Cd от кислоторастворимых ниже на низменности (1,8-33,3 %), выше в среднегорной зоне (0,3-78,1 %), Pb ниже в предгорье (3,2-20,5 %), выше на низменности (4,6-32 %) (табл. 4-6, приложение).

Чтобы выяснить, какой именно фактор (факт загрязнения, тип почв) или их взаимодействие влияет на валовое содержание элементов в почвах, мы провели дисперсионный анализ (рис. 5, табл. 7).

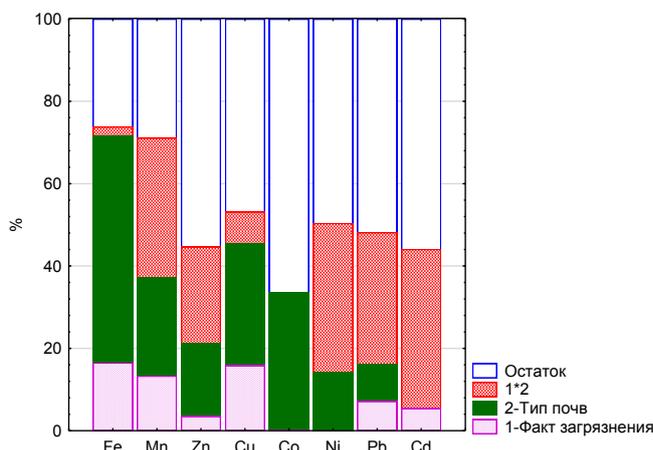


Рис. 5 - Компоненты дисперсии в процентах по факторам влияния на валовое содержание элементов в почвах. 1 – Влияние загрязнения, 2 - Почвы представлены луговыми на галечниках, лугово-каштановыми на глинах, лугово-каштановыми на галечниках, каштановыми на глинах, горно-луговыми на глинах, горно-каштановыми на известняках, горно-луговыми на песчаниках, горно-луговыми на известняках. Остаток - неучтенные факторы.

По результатам дисперсионного анализа (рис. 5, табл. 7) видно, что на содержание Fe ($p < 0,01$) существенное влияние оказал тип почвы. На содержание

Mn ($p < 0,001$), Zn ($p < 0,05$), Ni, Pb, Cd ($p < 0,01$) в антропогенно-нарушенных почвах существенное влияние оказало загрязнение, тип почвы и почвообразующая порода.

Таблица 7 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа почв

Элемент	Факт загрязнения		Тип почв		1*2	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Fe	4,29	0,0677	13,84**	0,0096	1,34	0,2516
Mn	2,45	0,1484	2,01	0,2162	5,86***	0,0001
Zn	1,47	0,2580	1,87	0,2506	2,74*	0,0200
Cu	4,23	0,0690	3,95	0,0846	1,68	0,1393
Co	1,06	0,3418	9,56	0,0634	0,62	0,7141
Ni	0,12	0,7361	1,52	0,3235	4,0**	0,0019
Pb	1,85	0,2110	1,35	0,3750	3,55**	0,0044
Cd	1,66	0,2449	0,49	0,8066	3,85**	0,0025

Примечание к табл. 7. Звездочками обозначены значения достоверные на: *– $P < 0,05$; **– $P < 0,01$; ***– $P < 0,001$. *F* – критерий Фишера, *p* – уровень значимости.

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что транспортные магистрали оказывают негативное влияние на накопление тяжелых металлов в почвах и представителях разных видов тысячелистника, а степень загрязненности зависит от расстояния и интенсивности движения автотранспорта.

5.3. Накопление и распределение тяжелых металлов в органах разных представителей рода *Achillea* L.

Доступность микроэлементов растениям – не постоянна. Она варьирует от одного вида растений к другому, зависит от почвенных и климатических условий. Отдельные виды растений, а иногда и роды могут проявлять избирательную способность к накоплению одного или нескольких элементов (Ищенко, 1965; Просвилова, 1968; Смирнова, 1968; Лещихин, 1969; Гринкевич, 1975; Вернадский, 1978; Ноздрюхина, Гринкевич, 1980; Тукманова, 1988; Щербинина, 1990).

Химический состав и распределение элементов в органах определяется физиологическими особенностями видов растений. Различные части растения имеют разный микроэлементный состав (Зырин и др., 1976; Церлинг, 1980; Ильин, 1991, Безуглова, Орлов, 2000). Корни растений до определенного предела

обеспечивают защиту надземных органов. Если, несмотря на защитную функцию корней, токсикант проникает в стебель и листья, то растение способно ограничить его поступление в репродуктивные органы (Евдокимова, 1988; Соборникова, Вальков, 1983). По мере увеличения содержания ТМ в почве до очень высокого уровня концентрация их в различных органах возрастает, но при этом сохраняется соотношение между содержанием ТМ в корнях, стеблях, листьях и репродуктивных органах (Черных, 1996). Главный путь поступления микроэлементов в растения – это абсорбция корнями, однако отмечена способность и других органов легко поглощать некоторые питательные компоненты.

Содержание микроэлементов (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd) в надземных и подземных органах 4-х видов тысячелистника зависит от видовой принадлежности растений и от свойств почв.

Как следует из рисунка 6, у всех видов тысячелистника низменной зоны Дагестана, произрастающих на фоновых участках, максимальное количество Fe, Mn накапливается в листьях (тысячелистник обыкновенный – Fe - 475 мг/кг, Mn - 48,5 мг/кг, тысячелистник благородный – Fe - 1250 мг/кг, Mn - 48 мг/кг, тысячелистник таволговый - Fe - 775, Mn - 52 мг/кг, тысячелистник Биберштейна – Fe - 1101, Mn - 109 мг/кг), Cu – в корнях (тысячелистник обыкновенный – 2,4 мг/кг, тысячелистник благородный – 1,7 мг/кг, тысячелистник Биберштейна – 2 мг/кг).

Тысячелистник обыкновенный на низменной зоне (рис. 6) аккумулирует наибольшие концентрации Zn (4,9 мг/кг), Ni (1,5 мг/кг), Pb (0,5 мг/кг) – в корнях, Co – в листьях (0,4 мг/кг), Cd – в соцветиях (0,06 мг/кг). Тысячелистник благородный аккумулирует максимальное содержание Zn (9,2 мг/кг), Ni (0,5 мг/кг), Pb (0,4 мг/кг), Cd (0,1 мг/кг) – в листьях, Co – в корнях (0,5 мг/кг). Тысячелистник таволговый аккумулирует максимальные концентрации Zn – в соцветиях (13 мг/кг), Cu (5,8 мг/кг), Co (0,02 мг/кг), Ni (1,8 мг/кг), Pb (0,4 мг/кг), Cd (0,17 мг/кг) – в листьях. Тысячелистник Биберштейна содержит наибольшие концентрации Zn (6 мг/кг), Co (0,6 мг/кг), Pb (0,8 мг/кг), Cd (0,1 мг/кг) – в листьях, Ni – в соцветиях (0,4

мг/кг) (рис. 6). Накопление элементов в органах разных видов тысячелистника согласуется с литературными данными (Башмаков, 2002; Бускунова, 2009; Кашин, 2010).

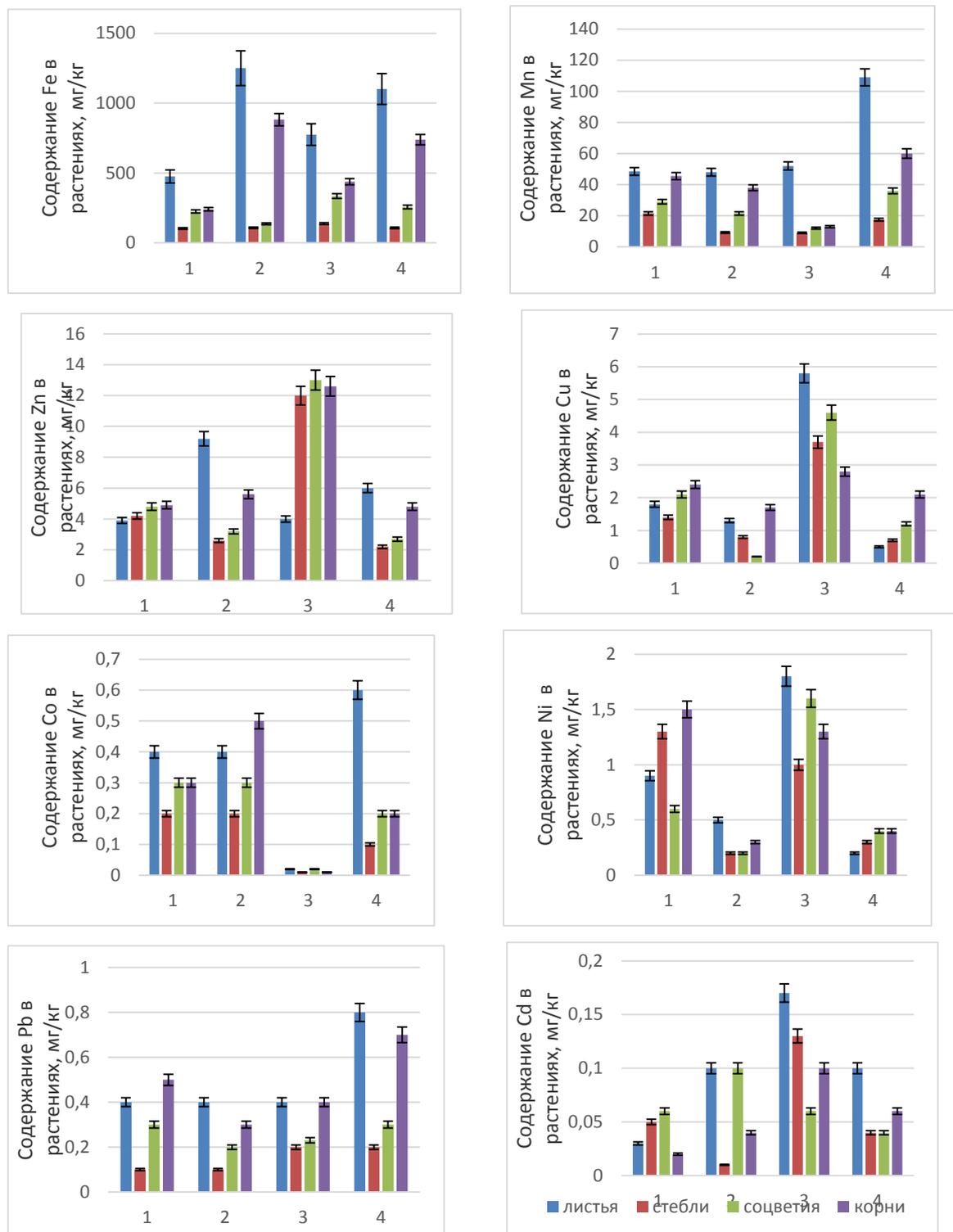


Рис. 6 – Среднее содержание тяжелых металлов в органах растений рода *Achillea L.* фоновых участков низменной зоны Дагестана, мг/кг (среднее за 2008-2015 гг.). 1 – тысячелистник обыкновенный, 2 – тысячелистник благородный, 3 – тысячелистник таволговый, 4 – тысячелистник Биберштейна (планка погрешностей - \pm ошибка).

Критерий Шапиро-Уилка не выявил отклонений от нормального распределения для содержания ТМ в органах разных видов тысячелистника.

Чтобы выяснить достоверность различий содержания ТМ в органах растений в зависимости от вида тысячелистника, был проведен двухфакторный дисперсионный анализ. Факторами выступали виды растений и их органы, рассматривался также эффект взаимодействия факторов. На рис. 7 представлены компоненты дисперсии, объясненной рассмотренными в дисперсионном анализе факторами. По результатам дисперсионного анализа (рис. 7, табл. 8) видно, что содержание Fe, Pb ($p < 0,01$), Mn ($p < 0,05$) различается в органах растений фоновых участков низменной зоны. Содержание Cu, Ni ($p < 0,01$), Co ($p < 0,05$) зависит от вида тысячелистника. Выявлены различия содержания всех элементов в органах в зависимости от вида растений тысячелистника, F-критерий имеет высокий уровень значимости ($p < 0,001$).

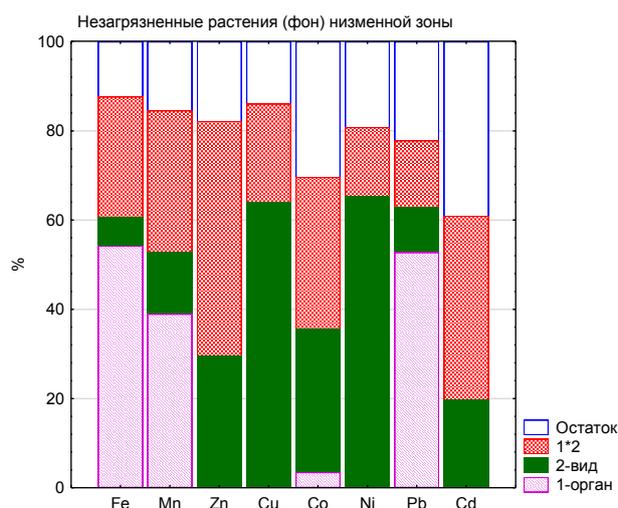


Рис. 7 - Компоненты дисперсии в процентах по факторам влияния на содержание элементов в органах незагрязненных растений тысячелистника низменной зоны. 1 – листья, стебли, соцветия, корни, 2 – тысячелистник обыкновенный, тысячелистник благородный, тысячелистник таволговый, тысячелистник Биберштейна. Остаток - неучтенные факторы.

Таблица 8 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа незагрязненных растений низменной зоны

Элемент	Орган		Вид		1*2	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Fe	7,59**	0,0078	1,80	0,2162	8,20***	0,0000
Mn	5,0*	0,0261	2,49	0,1262	7,75***	0,0000
Zn	0,47	0,7072	3,0	0,0878	10,71***	0,0000
Cu	0,87	0,4866	10,61**	0,0026	6,18***	0,0000

Продолжение таблицы 8

Элемент	Орган		Вид		1*2	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Co	1,30	0,3326	3,94*	0,0481	4,67***	0,0003
Ni	0,60	0,6298	13,18**	0,0012	3,64**	0,0023
Pb	10,28**	0,0032	2,86	0,0968	3,19**	0,0056
Cd	0,51	0,6823	2,46	0,1291	4,46***	0,0005

Примечание к табл. 8. Звездочками обозначены значения достоверные на: *– $P<0,05$; **– $P<0,01$; ***– $P<0,001$. *F* – критерий Фишера, *p* – уровень значимости.

Выявлены различия в содержании Zn, Pb в органах тысячелистника обыкновенного низменной зоны в зависимости от загрязнения (рис. 8). В растениях фоновых участков Zn и Pb накапливаются в корнях (4,9; 0,5 мг/кг), а на загрязненных участках Zn – в листьях (6,8 мг/кг), а Pb – в соцветиях растений (1,1 мг/кг). Возможно, это связано не только с поглощением металлов из почвы, но и с поступлением их в листья растений из воздуха.

В растениях тысячелистника благородного фоновых участков Co накапливается в корнях (0,5 мг/кг), а в растениях загрязненных участков – в листьях (1,5 мг/кг) (рис. 8). Максимальные концентрации Pb на фоновых и антропогенно нарушенных участках у тысячелистника благородного (0,4; 2,5 мг/кг), тысячелистника таволгового (0,4; 26 мг/кг), тысячелистника Биберштейна (0,8; 1,2 мг/кг) содержатся в листьях.

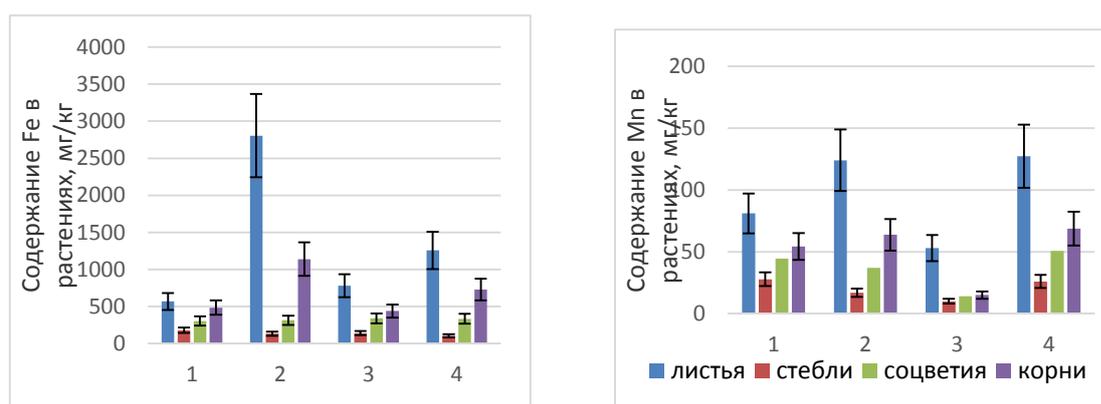
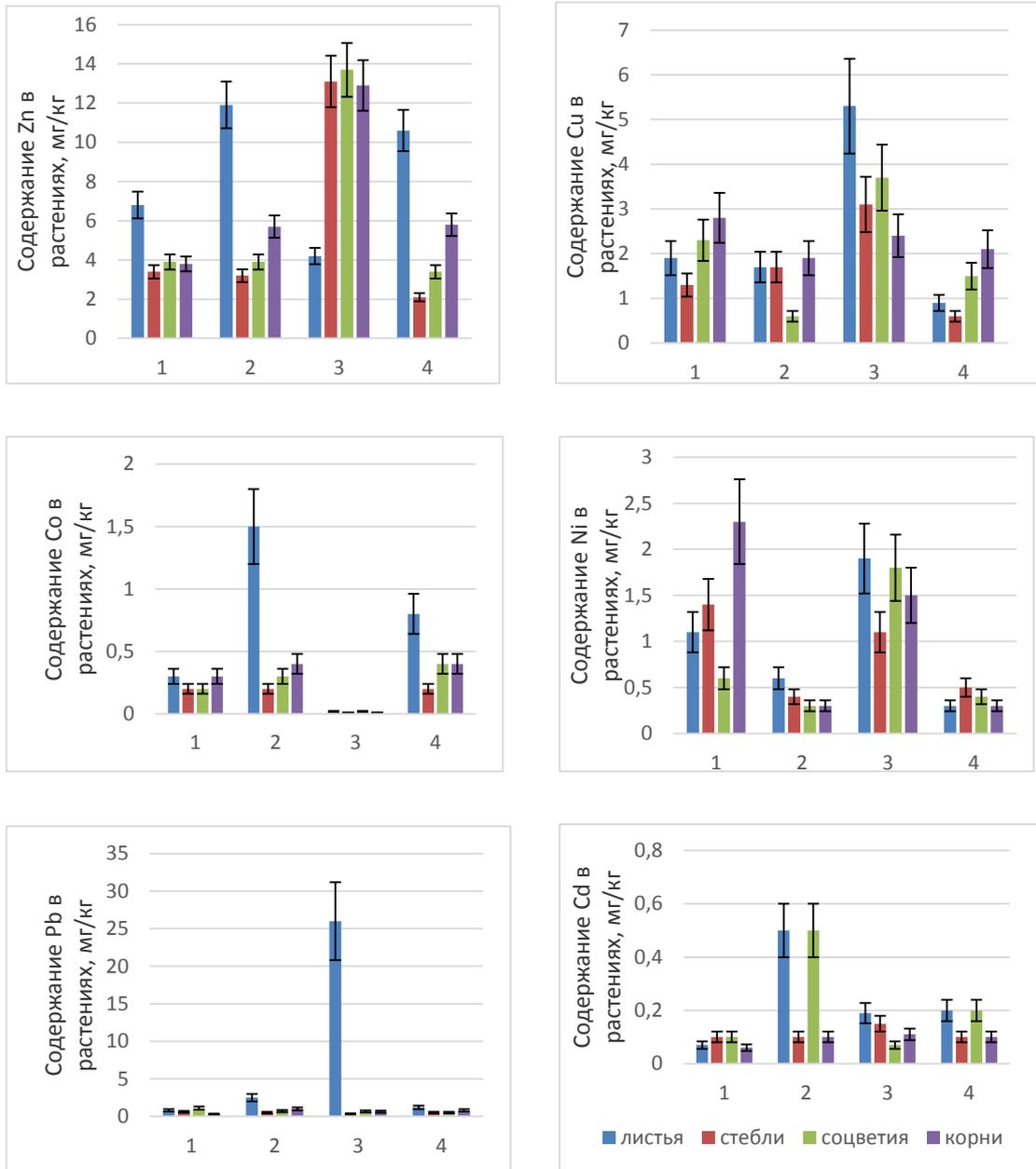


Рис. 8 – Среднее содержание тяжелых металлов в органах растений рода *Achillea* L антропогенно нарушенных участках низменной зоны Дагестана, мг/кг (среднее за 2008-2015 гг.) 1 – тысячелистник обыкновенный, 2 – тысячелистник благородный, 3 – тысячелистник таволговый, 4 – тысячелистник Биберштейна.



Продолжение рис. 8 – Среднее содержание тяжелых металлов в органах растений рода *Achillea* L антропогенно нарушенных участков низменной зоны Дагестана, мг/кг (среднее за 2008-2015 гг.)

1 – тысячелистник обыкновенный, 2 – тысячелистник благородный, 3 – тысячелистник таволговый, 4 – тысячелистник Биберштейна.

По результатам дисперсионного анализа (рис. 9, табл. 9) видно, что содержание Mn, Co ($p < 0,05$) различается в органах растений антропогенно нарушенных участков низменной зоны. Содержание Co, Ni ($p < 0,05$) зависит от вида тысячелистника. Выявлены различия содержания Fe, Mn, Zn, Pb, Cd в различных органах в зависимости от вида растений тысячелистника, F-критерий имеет высокий уровень значимости ($p < 0,001$).

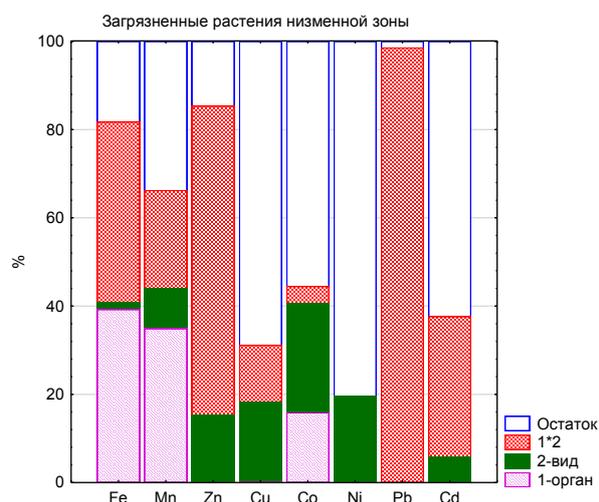


Рис. 9 - Компоненты дисперсии в процентах по факторам влияния на содержание элементов в органах загрязненных растений тысячелистника низменной зоны. 1 – листья, стебли, соцветия, корни, 2 – тысячелистник обыкновенный, тысячелистник благородный, тысячелистник таволговый, тысячелистник Биберштейна. Остаток - неучтенные факторы.

Таблица 9 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа растений антропогенно нарушенных участков низменной зоны

Элемент	Орган		Вид		1*2	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Fe	3,86	0,0515	1,13	0,3862	11,14***	0,0000
Mn	4,99*	0,0300	2,20	0,1592	3,97***	0,0004
Zn	0,91	0,4728	1,80	0,2171	22,59***	0,0000
Cu	1,03	0,4346	3,52	0,0654	1,85	0,0765
Co	4,72*	0,0464	7,13*	0,0112	1,31	0,2467
Ni	0,99	0,4675	5,97*	0,0197	0,90	0,5258
Pb	0,45	0,7189	0,92	0,4672	307,67***	0,0000
Cd	0,54	0,6706	1,50	0,2809	3,30**	0,0022

Примечание. Звездочками обозначены значения достоверные на: *– $P < 0,05$; **– $P < 0,01$; ***– $P < 0,001$. *F* – критерий Фишера, *p* – уровень значимости.

На рисунке 10 представлены данные о накоплении тяжелых металлов в различных органах исследуемых видов тысячелистника, произрастающих в предгорной зоне Дагестана.

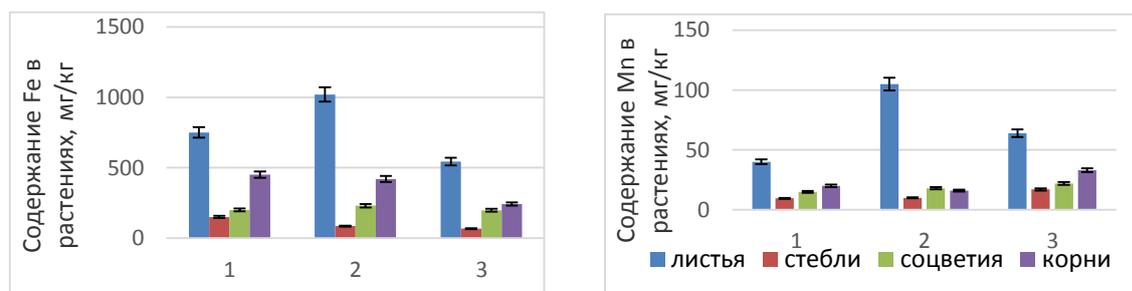
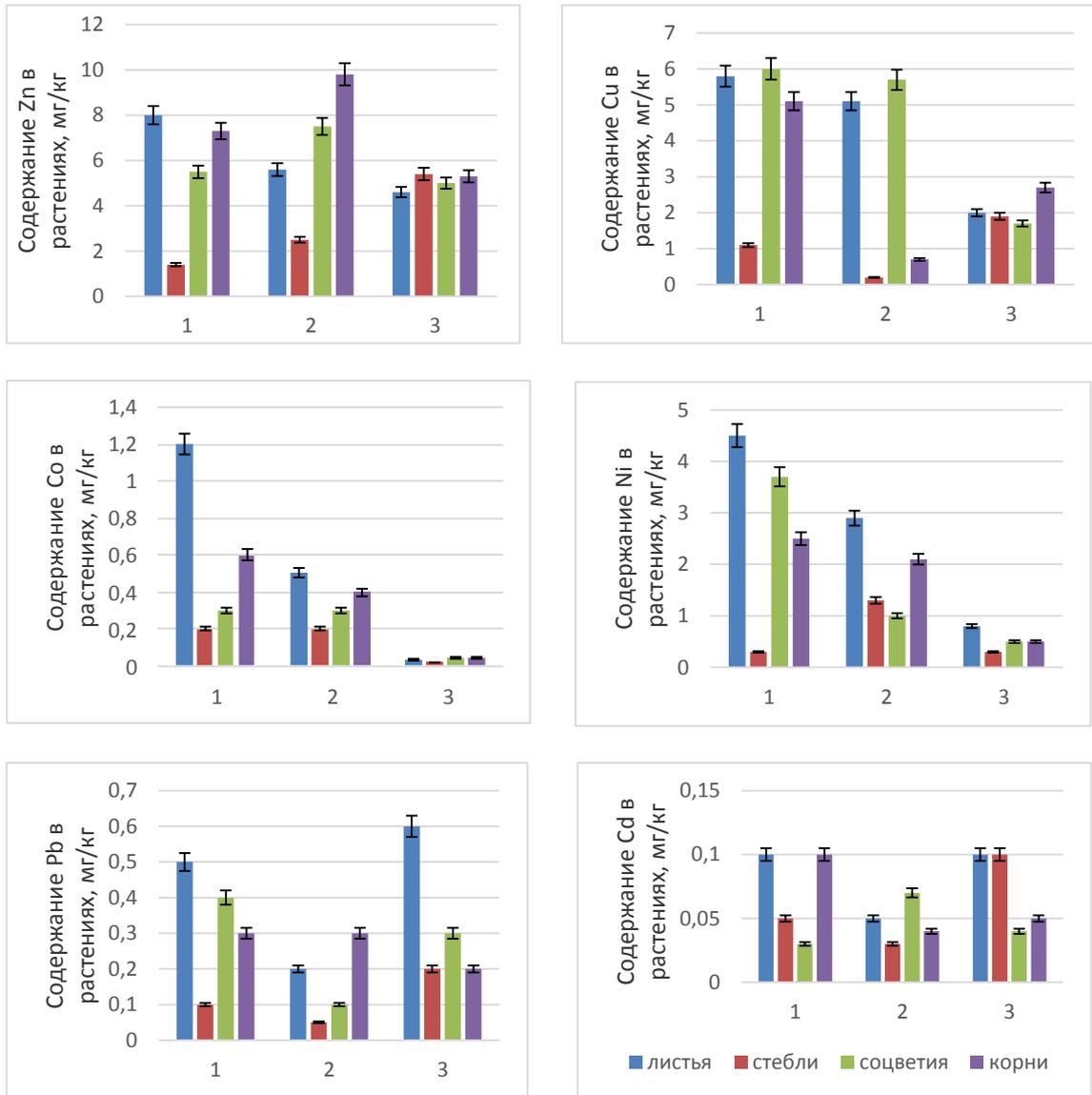


Рис. 10 – Среднее содержание тяжелых металлов в органах растений рода *Achillea* L. фоновых участков предгорной зоны Дагестана, мг/кг (среднее за 2008-2015 гг.). 1 – тысячелистник обыкновенный, 2 – тысячелистник благородный, 3 – тысячелистник таволговый.



Продолжение рис. 10 – Среднее содержание тяжелых металлов в органах растений рода *Achillea* L. фоновых участков предгорной зоны Дагестана, мг/кг (среднее за 2008-2015 гг.). 1 – тысячелистник обыкновенный, 2 – тысячелистник благородный, 3 – тысячелистник таволговый.

В предгорной зоне Дагестана (рис. 10), максимальное количество Fe, Mn, Ni накапливается в листьях всех изученных видов растений (тысячелистник обыкновенный – Fe - 750 мг/кг, Mn - 40 мг/кг, Ni – 4,5 мг/кг, тысячелистник благородный - Fe - 1020 мг/кг, Mn - 105 мг/кг, Ni – 2,9 мг/кг, тысячелистник таволговый - Fe - 543,3 мг/кг, Mn - 64 мг/кг, Ni – 0,8 мг/кг). Тысячелистник обыкновенный содержит максимальные концентрации Zn (8 мг/кг), Co (1,2 мг/кг), Pb (0,5 мг/кг), Cd (0,1 мг/кг) – в листьях, Cu (6 мг/кг) – в соцветиях. Тысячелистник благородный аккумулирует наибольшие количества Zn (9,8 мг/кг), Pb (0,3 мг/кг) – в корнях, Cu (5,7 мг/кг), Cd (0,07 мг/кг) – в соцветиях, Co (0,5 мг/кг) – в листьях.

Тысячелистник таволговый Zn (5,4 мг/кг) накапливает в стеблях, Cu (2,7 мг/кг), Co (0,04 мг/кг) – в корнях, Pb (0,6 мг/кг), Cd (0,1 мг/кг) – в листьях.

Наиболее низкие концентрации Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Pb обнаружены в стеблях всех изученных видов растений низменной, предгорной зоны. Минимальные концентрации Cd выявлены в стеблях и корнях растений низменности, в стеблях и соцветиях растений предгорья.

По результатам дисперсионного анализа (рис. 11, табл. 10) видно, что содержание Fe различается ($p < 0,05$) в органах растений фоновых участков предгорной зоны. Содержание Co, Ni ($p < 0,05$) зависит от вида тысячелистника. Выявлены различия содержания Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Pb, Cd в органах в зависимости от вида растений тысячелистника, F-критерий имеет высокий уровень значимости ($p < 0,001$).

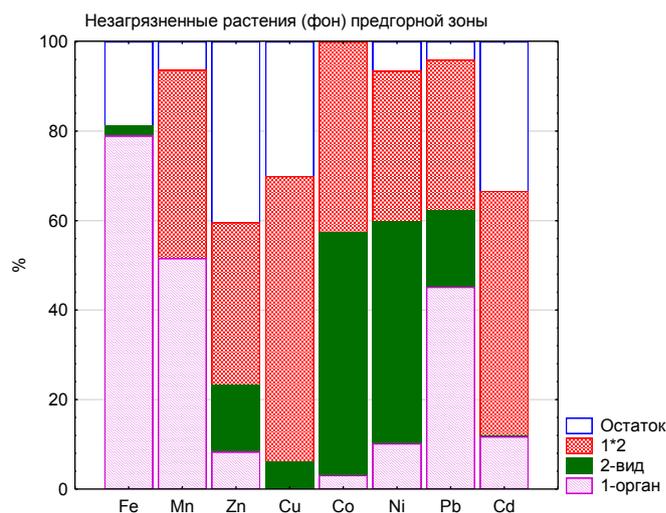


Рис. 11 - Компоненты дисперсии в процентах по факторам влияния на содержание элементов в органах незагрязненных растений тысячелистника предгорной зоны. 1 – листья, стебли, соцветия, корни, 2 – тысячелистник обыкновенный, тысячелистник благородный, тысячелистник таволговый. Остаток - неучтенные факторы.

Таблица 10 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа незагрязненных растений предгорной зоны

Элемент	Орган		Вид		1*2	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Fe	89,74*	0,0123	3,48	0,1007	0,53	0,7757
Mn	3,98	0,0722	0,82	0,4838	17,98***	0,0000
Zn	1,43	0,3332	2,15	0,1976	3,30*	0,0179
Cu	0,96	0,4709	1,32	0,3347	6,45***	0,0005
Co	1,18	0,3906	6,09*	0,0359	1438,64***	0,0000

Продолжение таблицы 10

Ni	1,71	0,2624	6,47*	0,0318	14,13***	0,0000
Pb	4,28	0,0619	2,94	0,1289	22,14***	0,0000
Cd	1,46	0,3232	1,01	0,4177	5,21**	0,0018

Примечание. Звездочками обозначены значения достоверные на: *– $P<0,05$; **– $P<0,01$; ***– $P<0,001$. F – критерий Фишера, p – уровень значимости.

У тысячелистника благородного на фоновых участках предгорной зоны наибольшие количества Zn (9,8 мг/кг) и Pb (0,3 мг/кг) накапливаются в корнях, а Cu (5,7 мг/кг) и Cd (0,07 мг/кг) в соцветиях растений. В растениях загрязненных участков Zn (33,3 мг/кг), Cu (8,6 мг/кг), Pb (1,6 мг/кг), Cd (0,4 мг/кг) накапливаются в листьях. У тысячелистника таволгового на фоновых участках Zn аккумулируется в стеблях (5,4 мг/кг), Cu (2,7 мг/кг) и Co (0,04 мг/кг) – в корнях, а на загрязненных участках Zn (13,8 мг/кг) и Cu (7,3 мг/кг) - в соцветиях, Co – в листьях (рис. 12). О высоком содержании тяжелых металлов в надземных органах растений загрязненных местообитаний свидетельствуют данные других авторов (Сибгатуллина, 2007).

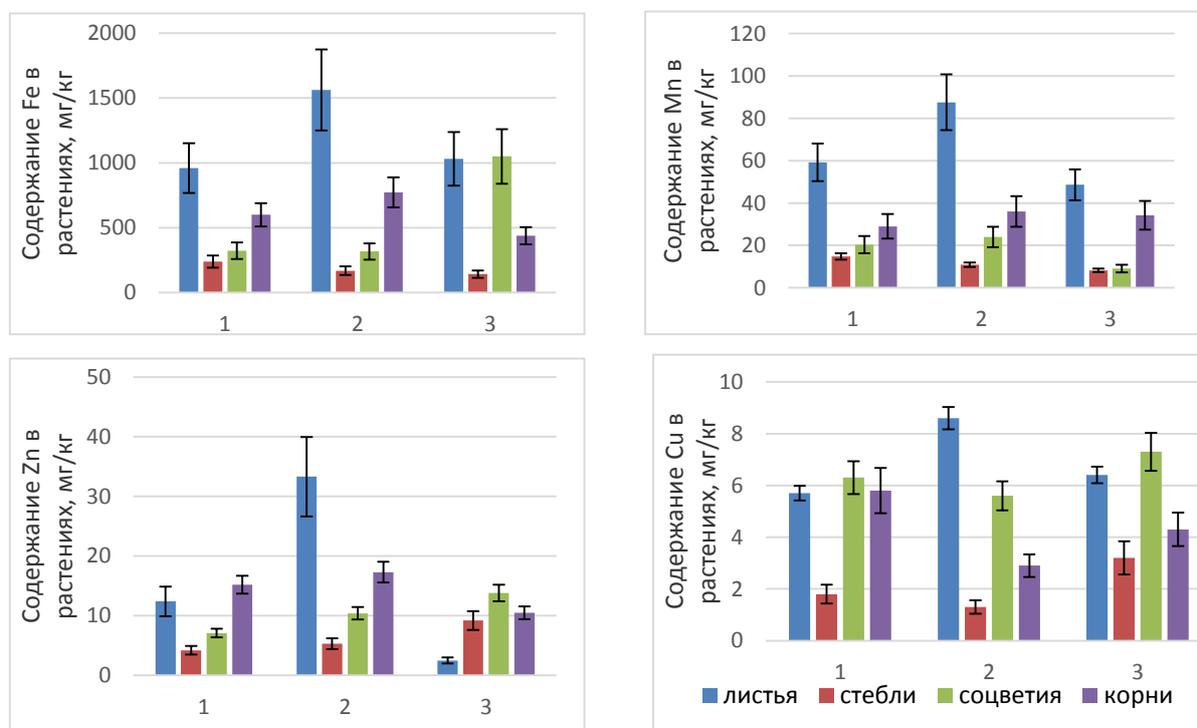
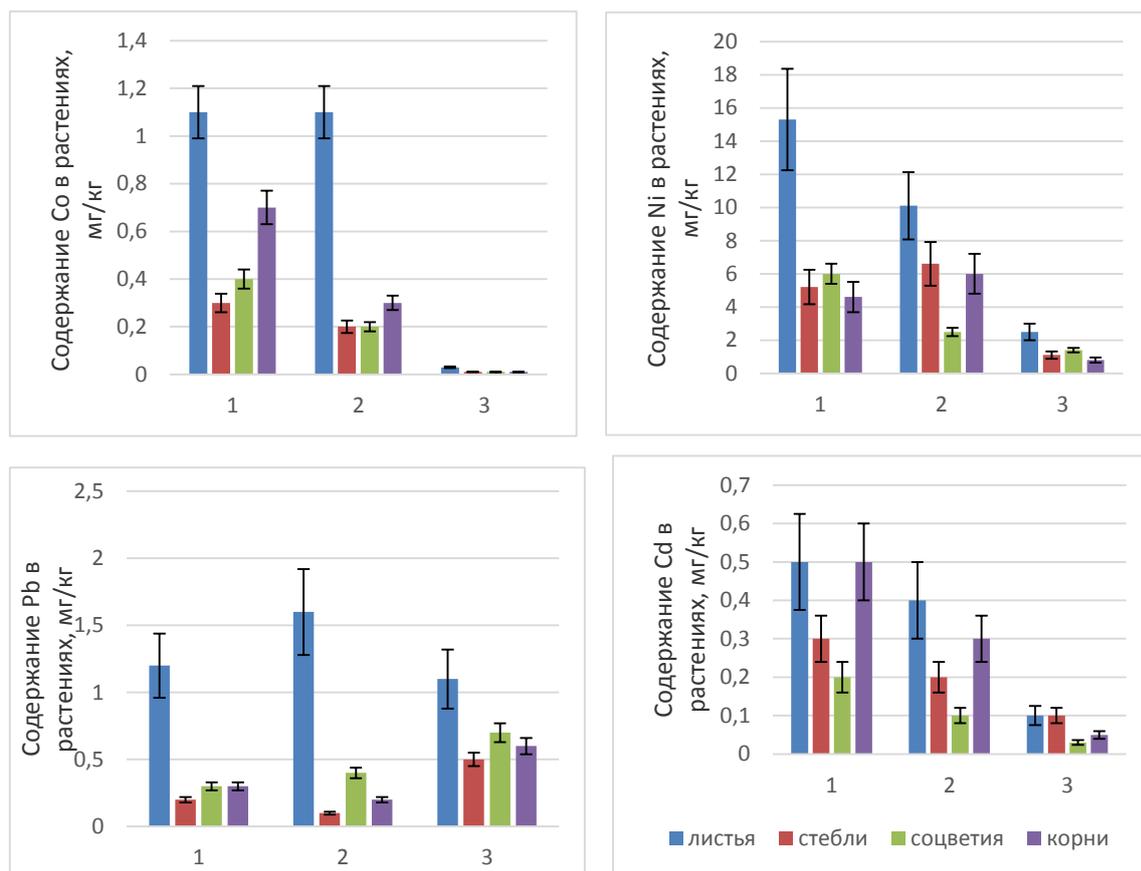


Рис. 12 – Среднее содержание тяжелых металлов в органах растений рода *Achillea L.* антропогенно нарушенных участках предгорной зоны Дагестана, мг/кг (среднее за 2008-2015 гг.).

1 – тысячелистник обыкновенный, 2 – тысячелистник благородный, 3 – тысячелистник таволговый.



Продолжение рис. 12 – Среднее содержание тяжелых металлов в органах растений рода *Achillea L.* антропогенно нарушенных участков предгорной зоны Дагестана, мг/кг (среднее за 2008-2015 гг.).

1 – тысячелистник обыкновенный, 2 – тысячелистник благородный, 3 – тысячелистник таволговый.

По результатам дисперсионного анализа (рис. 13, табл. 11) видно, что содержание Mn, Pb ($p < 0,05$), Cu ($p < 0,001$), различается в органах растений антропогенно нарушенных участков предгорной зоны. Содержание Cu, Cd ($p < 0,05$) зависит от вида тысячелистника. Выявлены различия содержания всех элементов в органах в зависимости от вида растений тысячелистника, F-критерий имеет высокий уровень значимости ($p < 0,001$).

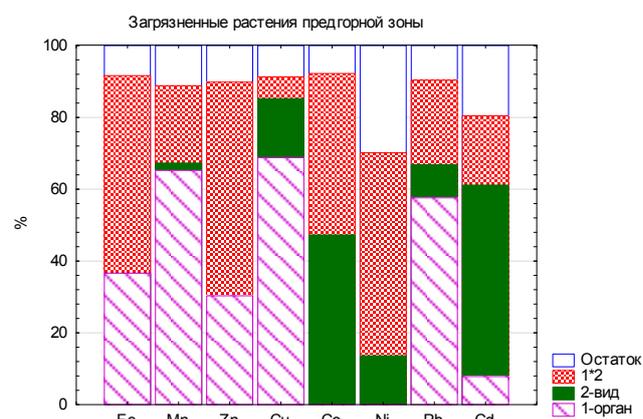


Рис. 13 - Компоненты дисперсии в процентах по факторам влияния на содержание элементов в органах загрязненных растений тысячелистника предгорной зоны. 1 – листья, стебли, соцветия, корни, 2 – тысячелистник обыкновенный, тысячелистник благородный, тысячелистник таволговый. Остаток - неучтенные факторы.

Таблица 11 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа растений антропогенно нарушенных участков предгорной зоны

Элемент	Орган		Вид		1*2	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Fe	2,86	0,1248	0,75	0,5105	28,54***	0,0000
Mn	8,82*	0,0123	1,32	0,3355	9,07***	0,0000
Zn	2,43	0,1629	0,53	0,6151	25,48***	0,0000
Cu	23,82***	0,0005	8,82*	0,0174	3,92**	0,0036
Co	0,79	0,5387	4,85	0,0561	25,19***	0,0000
Ni	0,63	0,6205	1,82	0,2418	8,91***	0,0000
Pb	7,38*	0,0179	2,37	0,1752	11,24***	0,0000
Cd	1,87	0,2229	9,58*	0,0142	5,13***	0,0005

Примечание к табл. 11. Звездочками обозначены значения достоверные на: *– $P<0,05$; **– $P<0,01$; ***– $P<0,001$. *F* – критерий Фишера, *p* – уровень значимости.

Тысячелистник обыкновенный среднегорной зоны Pb накапливает в корнях (0,8 мг/кг), Cd – в соцветиях (0,07 мг/кг), на загрязненных участках Pb (2 мг/кг) и Cd (0,1 мг/кг) накапливаются в листьях (рис. 14).

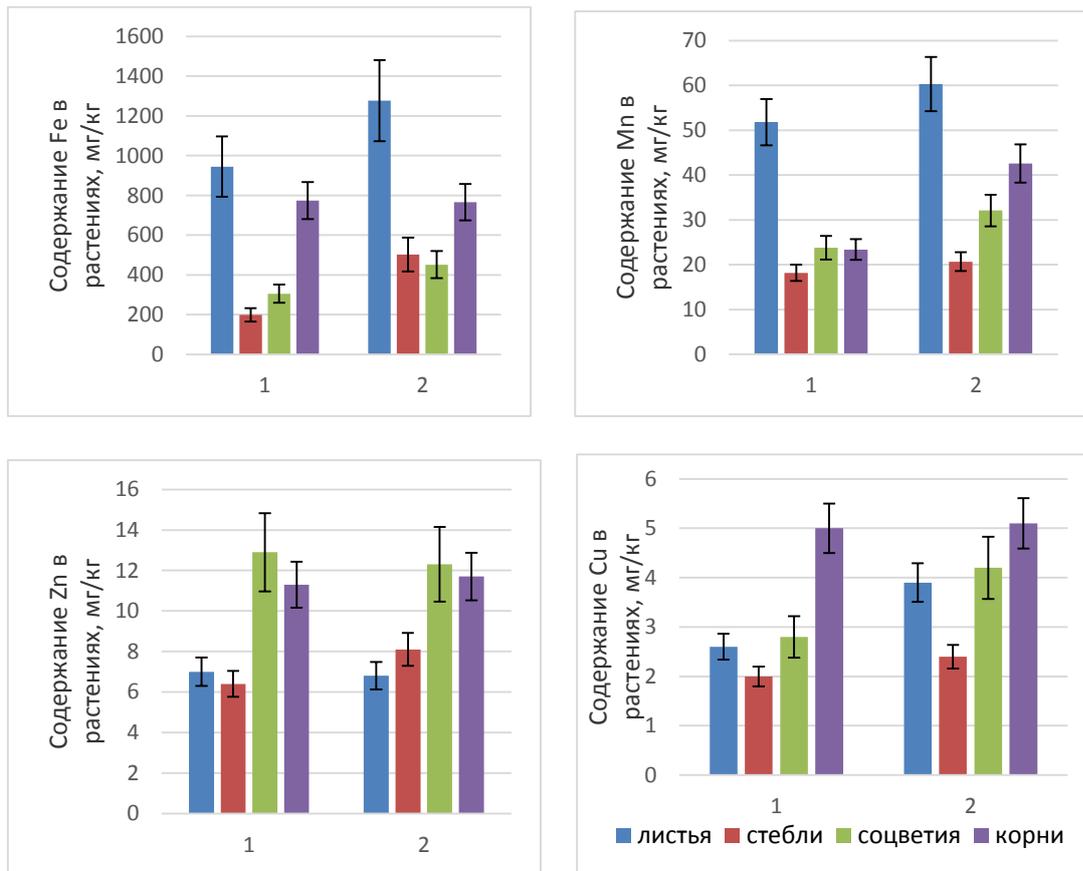
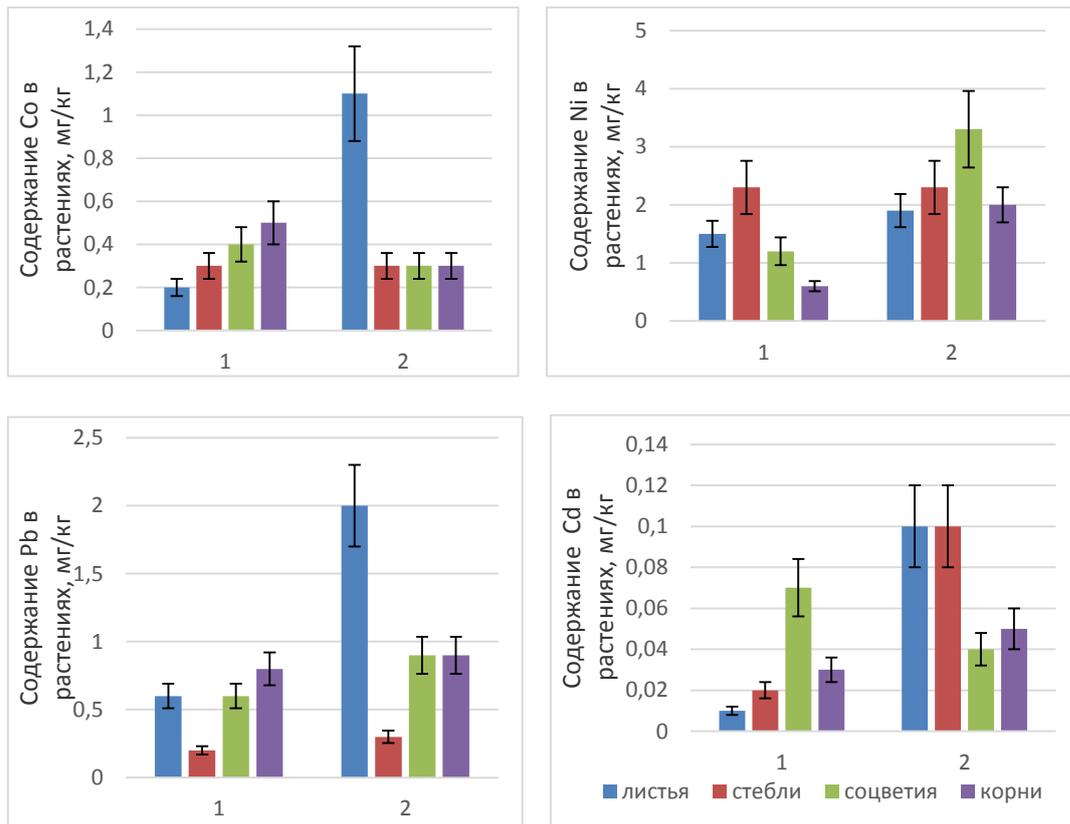


Рис. 14- Содержание тяжелых металлов в органах тысячелистника обыкновенного среднегорной зоны Дагестана, мг/кг сухого вещества (среднее за 2008-2015 гг.)
1 – фон. 2 – растения антропогенно нарушенных местообитаний



Продолжение рис. 14- Содержание тяжелых металлов в органах тысячелистника обыкновенного среднегорной зоны Дагестана, мг/кг сухого вещества (среднее за 2008-2015 гг.)
1 – фон. 2 – растения антропогенно нарушенных местообитаний

Тысячелистник обыкновенный произрастает во всех зонах, поэтому на его примере можно проследить влияние высотной зональности на накопление элементов в разных органах. Максимальное содержание Fe (475-945 мг/кг), Mn (40-51,8 мг/кг) наблюдается в листьях растений тысячелистника обыкновенного всех физико-географических зон. На низменности Zn, Ni, Pb аккумулируются в корнях, в предгорной зоне – в листьях. Тысячелистник обыкновенный среднегорной зоны накапливает максимальные количества Cu, Pb - в корнях, Cd – в соцветиях (рис. 14).

Таким образом, наблюдаются различия в накоплении Zn, Cu, Ni, Co Pb, Cd растениями тысячелистника обыкновенного в зависимости от географических зон.

По результатам дисперсионного анализа (рис. 15, табл. 12) видно, что содержание Fe, Mn, Cu, Pb ($p < 0,001$), Cd ($p < 0,05$) различается в органах тысячелистника обыкновенного фоновых участков, а Fe ($p < 0,01$), Mn, Cu, Pb ($p <$

0,001), Co ($p < 0,05$) – в органах растений антропогенно нарушенных участков среднегорной зоны.

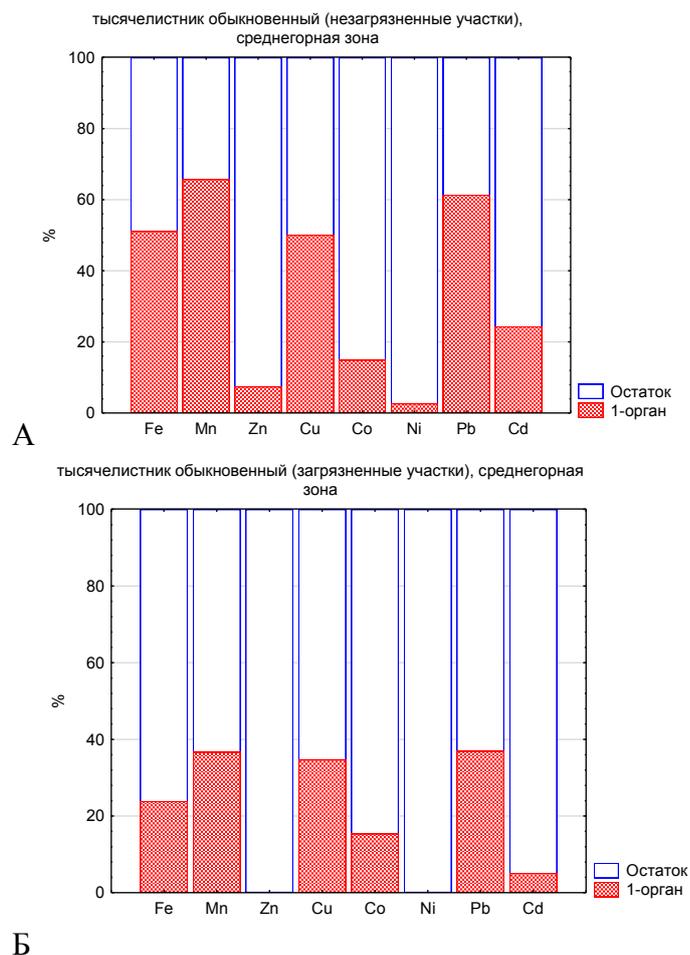


Рис. 15 - Компоненты дисперсии в процентах по факторам влияния на содержание элементов в растениях тысячелистника обыкновенного незагрязненных (А) и антропогенно нарушенных участков (Б) среднегорной зоны. 1 – листья, стебли, соцветия, корни. Остаток - неучтенные факторы.

Таблица 12 – Результаты однофакторного дисперсионного анализа растений тысячелистника обыкновенного незагрязненных и антропогенно нарушенных участков среднегорной зоны

Элемент	Незагрязненные растения		Растения антропогенно нарушенных участков	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Fe	8,72***	0,0004	4,80**	0,0054
Mn	15,15***	0,0000	8,04***	0,0002
Zn	1,59	0,2151	0,53	0,6602
Cu	8,39***	0,0004	7,47***	0,0003
Co	2,29	0,1014	3,21*	0,0316
Ni	1,20	0,3278	0,64	0,5903
Pb	12,73***	0,0000	8,11***	0,0002
Cd	3,37*	0,0334	1,65	0,1893

Примечание. Звездочками обозначены значения достоверные на: *– $P < 0,05$; **– $P < 0,01$; ***– $P < 0,001$. *F* – критерий Фишера, *p* – уровень значимости.

Превышение содержания элементов в органах растений тысячелистника обыкновенного, тысячелистника Биберштейна загрязненных участков низменной зоны над фоном наблюдается для Mn, Zn, Pb, Cd в 2-6 раз, у тысячелистника благородного для Fe в 2,2, Mn в 1,8-2,6, Co в 3,7, Pb в 3,3-6, Cd в 2,5-10 раз, у тысячелистника таволгового для Pb в 3-65 раз. В предгорье наблюдаются превышения в тысячелистнике обыкновенном для Zn, Pb в 1,5-2,4, Ni в 2-17,3, Cd в 5-6,6 раза, в тысячелистнике благородном для Fe, Mn, Co в 1,5-2, Zn, Ni, Cu в 1,7-6,5, Pb и Cd в 1,4-8 раз, в тысячелистнике таволговом Fe, Zn, Ni, Cu, Pb в 2-5 раз. В среднегорной зоне выявлены превышения содержания Fe, Co, Ni, Pb, Cd в загрязненных растениях тысячелистника обыкновенного над фоном в 1,5-10 раз.

Чтобы выяснить достоверность различий содержания ТМ в органах растений в зависимости от высотной зональности и влияния загрязнения, был проведен трехфакторный дисперсионный анализ. Факторами выступали органы тысячелистника обыкновенного, влияние загрязнения, высотная зональность, рассматривался также эффект взаимодействия факторов. На рис. 16 представлены компоненты дисперсии, объясненной рассмотренными в дисперсионном анализе факторами. По результатам дисперсионного анализа (рис. 16, табл. 13) видно, что содержание Fe, Mn ($p < 0,05$) различается в органах тысячелистника обыкновенного. Высотная зональность повлияла на содержание Zn ($p < 0,05$) в растениях. Выявлены зависимости содержания Fe, Ni ($p < 0,05$) в органах растений от почвенно-климатических условий мест произрастания. На содержание Cd в органах растений установлено влияние загрязнения и почвенно-климатических условий ($p < 0,001$).

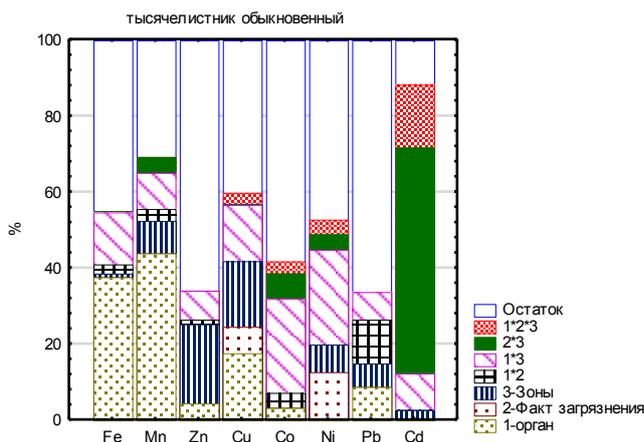


Рис. 16 - Компоненты дисперсии в процентах по факторам влияния на содержание элементов в органах тысячелистника обыкновенного. 1 – листья, стебли, соцветия, корни, 2 – влияние загрязнения, 3 – низменная, предгорная, среднегорная зоны. Остаток – неучтенные факторы.

Таблица 13 – Результаты трехфакторного дисперсионного анализа тысячелистника обыкновенного фоновых и антропогенно нарушенных ландшафтов

Элемент	Орган	Факт загрязнения	Зоны	1*2	1*3	2*3	1*2*3
Fe	<u>6,49*</u> 0,0200	<u>0,74</u> 0,4661	<u>1,24</u> 0,3556	<u>3,0</u> 0,1778	<u>8,87*</u> 0,0349	<u>1,31</u> 0,3392	<u>0,55</u> 0,7680
Mn	<u>8,31*</u> 0,0116	<u>0,49</u> 0,5297	<u>2,64</u> 0,1685	<u>3,03</u> 0,1415	<u>5,26</u> 0,0530	<u>4,49</u> 0,0658	<u>0,92</u> 0,4837
Zn	<u>2,28</u> 0,1677	<u>0,08</u> 0,7947	<u>12,01*</u> 0,0133	<u>7,67</u> 0,6184	<u>15,73</u> 0,1987	<u>0,55</u> 0,6030	<u>0,21</u> 0,9720
Cu	<u>3,46</u> 0,1074	<u>8,03</u> 0,1882	<u>4,39</u> 0,0828	<u>0,93</u> 0,4902	<u>4,11</u> 0,0712	<u>1,10</u> 0,3917	<u>1,43</u> 0,2069
Co	<u>1,24</u> 0,3732	<u>0,17</u> 0,7094	<u>0,63</u> 0,5647	<u>1,88</u> 0,2465	<u>4,92</u> 0,0515	<u>3,09</u> 0,1207	<u>1,31</u> 0,2565
Ni	<u>0,13</u> 0,9395	<u>8,15</u> 0,2454	<u>1,73</u> 0,2596	<u>0,17</u> 0,9079	<u>5,30*</u> 0,0429	<u>2,39</u> 0,1734	<u>1,47</u> 0,1921
Pb	<u>1,93</u> 0,2450	<u>0,98</u> 0,4166	<u>4,56</u> 0,1327	<u>8,87</u> 0,0628	<u>4,11</u> 0,1182	<u>0,11</u> 0,8952	<u>0,51</u> 0,7964
Cd	<u>0,26</u> 0,8522	<u>0,45</u> 0,5698	<u>1,07</u> 0,4691	<u>1,01</u> 0,4465	<u>1,96</u> 0,2147	<u>13,77**</u> 0,0057	<u>9,29***</u> 0,0000

Примечание. Звездочками обозначены значения достоверные на: *– $P < 0,05$; **– $P < 0,01$; ***– $P < 0,001$. В числителе - F - критерий Фишера, в знаменателе – p – уровень значимости.

Были вычислены средние статистические значения содержания элементов в растениях тысячелистника обыкновенного для каждой зоны (табл. 14-19). Наибольшие концентрации Ni, Cu содержатся в надземной и подземной массе растений тысячелистника обыкновенного, отобранных на фоновых участках предгорной зоны (табл. 14). Это связано с тем, что почвы предгорья имеют щелочную реакцию среды ($pH = 7,7$), а в таких почвах соединения Ni, Cu подвижны и легко поглощаются растениями (Садовникова и др., 2006). Содержание Fe, Zn в надземной и подземной массе растений возрастает с увеличением высоты над уровнем моря (табл. 14, 15). Высокая концентрация Fe, Zn в растениях среднегорной зоны обусловлена тем, что с высотой происходит уменьшение температуры воздуха и увеличение количества осадков, что способствует изменению водного режима почв и, возможно, некоторому увеличению подвижности Fe, Zn. Почвы среднегорной зоны имеют нейтральную и щелочную реакцию среды ($pH = 7,1-7,8$), при которой Fe, Zn становятся доступными для растений.

Содержание Zn (5,2; 9,8 мг/кг), Ni (1,7; 2,1 мг/кг) достигает наибольших значений в надземной и подземной массе, Cu (3,6 мг/кг), Mn (44,3 мг/кг) в надземной массе тысячелистника благородного предгорной зоны, а Fe, Co, Pb, Cd не изменяется с высотой (табл. 16). Такая же тенденция наблюдается в растениях тысячелистника благородного загрязненных местообитаний.

Элементы по среднему содержанию их в растениях тысячелистника обыкновенного природных местообитаний низменной и среднегорной зоны (табл. 14, 15) можно расположить в следующие ряды в порядке убывания: для надземной и подземной массы - $Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Pb > Co > Cd$, в предгорной зоне: для надземной и подземной массы - $Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Co > Pb > Cd$, в тысячелистнике благородном (табл. 16) на низменности: для надземной - $Fe > Mn > Zn > Cu > Ni = Co > Pb > Cd$ и подземной массы - $Fe > Mn > Zn > Cu > Co > Pb = Ni > Cd$, в предгорье: для надземной - $Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Co > Pb > Cd$, для подземной массы - $Fe > Mn > Zn > Ni > Cu > Co > Pb > Cd$. Для других видов убывающие ряды элементов одинаковые для надземной и подземной массы (табл. 17, 19) и имеют вид: для тысячелистника таволгового - $Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd > Co$, для тысячелистника Биберштейна - $Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Co > Cd$.

На загрязненных выбросами автотранспорта участках низменной, предгорной, среднегорной зоны среднее содержание тяжелых металлов в растениях тысячелистника обыкновенного превышает фоновое в 1,3-5 раз, тысячелистника таволгового - в 1,2-2,8 раза, тысячелистника благородного - в 1,03-8, тысячелистника Биберштейна – в 1,2-3,5 раз.

Продолжение таблицы 14

	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd
Среднегорная зона (1181-1810 м)								
M ± m	<u>532,0 ± 61,6</u> 736,9 ± 92,7	<u>32,2 ± 2,6</u> 37,5 ± 3,3	<u>9,1 ± 0,8</u> 12,8 ± 1,3	<u>3,4 ± 0,3</u> 5,5 ± 0,5	<u>1,7 ± 0,3</u> 2,3 ± 0,3	<u>0,2 ± 0,04</u> 0,4 ± 0,1	<u>1,1 ± 0,1</u> 0,9 ± 0,2	<u>0,06 ± 0,01</u> 0,04 ± 0,01
Lim	<u>192,0 - 1104,0</u> 71,0 - 1931,0	<u>17,0 - 61,0</u> 14,0 - 65,0	<u>3,7 - 16,0</u> 1,4 - 28,0	<u>0,9 - 6,9</u> 2,5 - 12,0	<u>0,01 - 5,1</u> 0,01 - 5,4	<u>0,01 - 0,5</u> 0,01 - 1,5	<u>0,3 - 2,4</u> 0,08 - 3,7	<u>0,01 - 0,3</u> 0,01 - 0,2
Cv, %	<u>61,3</u> 66,0	<u>42,3</u> 43,2	<u>43,8</u> 57,4	<u>51,7</u> 46,2	<u>90,7</u> 80,3	<u>110,5</u> 116,6	<u>61,5</u> 115,3	<u>116,0</u> 100,0
n	<u>28</u> 28	<u>28</u> 24	<u>28</u> 28	<u>28</u> 28	<u>26</u> 28	<u>24</u> 28	<u>28</u> 28	<u>28</u> 26

Примечание к табл. 14-19: M – среднее содержание, m – ошибка средней, Lim – пределы колебаний, Cv – коэффициент вариации. Над чертой – содержание элементов в надземной, под чертой – в подземной массе растений, в скобках указан фон. Прочерк означает, что данные отсутствуют

Таблица 15 - Статистические показатели содержания элементов в растениях *Achillea millefolium* L., отобранных на фоновых участках среднегорной зоны Дагестана, мг/кг сухого вещества (n = 10, среднее за 2008-2015 гг.)

	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd
M ± m	<u>483,1 ± 66,2</u> 774,0 ± 100,6	<u>31,2 ± 2,4</u> 23,4 ± 1,7	<u>8,8 ± 1,0</u> 11,3 ± 0,8	<u>2,6 ± 0,2</u> 5,0 ± 0,3	<u>1,5 ± 0,4</u> 0,6 ± 0,3	<u>0,3 ± 0,1</u> 0,5 ± 0,2	<u>0,5 ± 0,05</u> 1,5 ± 0,4	<u>0,04 ± 0,01</u> 0,03 ± 0,01
Lim	<u>164,0 - 768,7</u> 460,0 - 1170,0	<u>23,0 - 41,7</u> 18,0 - 31,0	<u>4,0 - 12,3</u> 7,3 - 14,0	<u>1,6 - 3,4</u> 3,7 - 6,2	<u>0,2 - 3,8</u> 0,01 - 2,0	<u>0,01 - 0,7</u> 0,01 - 1,5	<u>0,2 - 0,7</u> 0,5 - 3,9	<u>0,01 - 0,11</u> 0,01 - 0,06
Cv, %	<u>43,3</u> 41,6	<u>23,9</u> 23,9	<u>37,1</u> 23,1	<u>26,1</u> 17,9	<u>92,0</u> 147,5	<u>84,4</u> 111,0	<u>39,1</u> 89,6	<u>75,0</u> 66,6

Таблица 16 – Статистические показатели содержания элементов в растениях *Achillea nobilis* L., отобранных на фоновых и загрязненных участках, мг/кг сухого вещества (среднее за 2008-2015 гг.)

	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd
Низменная зона (n = 6)								
M ± m	<u>1084,0 ± 287,5</u>	<u>59,2 ± 19,8</u>	<u>6,3 ± 0,7</u>	<u>1,4 ± 0,4</u>	<u>0,4 ± 0,1</u>	<u>0,7 ± 0,2</u>	<u>1,2 ± 0,3</u>	<u>0,4 ± 0,1</u>
	1140,0 ± 171,1	63,7 ± 14,7	5,7 ± 0,3	1,9 ± 0,3	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,1	1,0 ± 0,2	0,1 ± 0,04
	(498,0)	(26,3)	(5,0)	(0,7)	(0,3)	(0,3)	(0,2)	(0,05)
	(882,0)	(38,0)	(5,6)	(1,7)	(0,3)	(0,5)	(0,3)	(0,04)
Lim	<u>489,0 - 1957,0</u>	<u>26,8 - 121,0</u>	<u>4,0 - 7,8</u>	<u>0,7 - 2,5</u>	<u>0,1 - 0,6</u>	<u>0,2 - 1,3</u>	<u>0,6 - 2,4</u>	<u>0,2 - 0,5</u>
	719,0 - 1631,0	35,0 - 111,0	4,6 - 6,6	1,2 - 2,7	0,1 - 0,5	0,2 - 0,6	0,5 - 1,3	0,02 - 0,3
Cv, %	<u>63,6</u>	<u>80,3</u>	<u>27,61</u>	<u>62,0</u>	<u>45,2</u>	<u>75,0</u>	<u>66,9</u>	<u>41,6</u>
	36,0	56,7	14,66	35,1	51,6	40,5	38,4	91,6
Предгорная зона (n = 6)								
M ± m	<u>682,8 ± 86,4</u>	<u>40,8 ± 6,1</u>	<u>16,3 ± 3,9</u>	<u>5,2 ± 0,5</u>	<u>6,4 ± 1,4</u>	<u>0,5 ± 0,2</u>	<u>0,7 ± 0,1</u>	<u>0,2 ± 0,04</u>
	773,3 ± 163,9	36,0 ± 10,9	17,3 ± 1,4	2,9 ± 0,7	6,0 ± 2,3	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,04	0,3 ± 0,1
	(445,0)	(44,3)	(5,2)	(3,6)	(1,7)	(0,3)	(0,1)	(0,05)
	(420,0)	(16,0)	(9,8)	(0,7)	(2,1)	(0,4)	(0,3)	(0,04)
Lim	<u>532,3 - 951,0</u>	<u>21,2 - 55,0</u>	<u>8,4 - 28,6</u>	<u>3,9 - 6,8</u>	<u>1,9 - 9,1</u>	<u>0,01 - 0,9</u>	<u>0,4 - 1,1</u>	<u>0,03 - 0,3</u>
	489,0 - 1281,0	17,0 - 71,0	13,0 - 22,0	0,8 - 4,8	2,1 - 14,0	0,01 - 0,6	0,1 - 0,3	0,01 - 0,8
Cv, %	<u>30,4</u>	<u>36,4</u>	<u>58,9</u>	<u>25,4</u>	<u>54,3</u>	<u>76,5</u>	<u>45,6</u>	<u>73,3</u>
	50,8	73,3	19,2	58,9	91,0	89,3	50,0	133,0

Таблица 17 - Статистические показатели содержания элементов в растениях *Achillea filipendulina* Lam., отобранных на фоновых участках предгорной зоны Дагестана, мг/кг сухого вещества (n = 6, среднее за 2008-2015 гг.)

	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd
M ± m	$\frac{269,3 \pm 46,4}{242,6 \pm 63,1}$	$\frac{34,3 \pm 3,2}{33,0 \pm 6,5}$	$\frac{4,9 \pm 1,5}{5,3 \pm 2,4}$	$\frac{1,9 \pm 0,9}{2,7 \pm 0,1}$	$\frac{0,7 \pm 0,4}{0,5 \pm 0,3}$	$\frac{0,03 \pm 0,01}{0,04 \pm 0,01}$	$\frac{0,4 \pm 0,03}{0,2 \pm 0,05}$	$\frac{0,08 \pm 0,01}{0,05 \pm 0,02}$
Lim	$\frac{194,0 - 417,0}{140,0 - 438,0}$	$\frac{24,2 - 40,4}{13,0 - 45,0}$	$\frac{2,3 - 9,6}{1,5 - 12,6}$	$\frac{0,4 - 4,9}{2,5 - 2,8}$	$\frac{0,1 - 1,8}{0,2 - 1,3}$	$\frac{0,01 - 0,05}{0,01 - 0,07}$	$\frac{0,4 - 0,4}{0,2 - 0,4}$	$\frac{0,05 - 0,13}{0,02 - 0,10}$
Cv, %	$\frac{42,2}{62,4}$	$\frac{22,7}{47,3}$	$\frac{72,86}{107,5}$	$\frac{118,8}{7,4}$	$\frac{130,7}{120,0}$	$\frac{66,60}{75,0}$	$\frac{22,2}{52,0}$	$\frac{37,50}{80,0}$

Таблица 18 - Статистические показатели содержания элементов в растениях *Achillea filipendulina* Lam., отобранных на загрязненных участках предгорной зоны Дагестана, мг/кг сухого вещества (n = 6, среднее за 2008-2015 гг.)

	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd
M ± m	$\frac{741,3 \pm 103,7}{439,0 \pm 0,6}$	$\frac{21,9 \pm 1,2}{34,2 \pm 6,4}$	$\frac{8,4 \pm 0,6}{10,5 \pm 0,7}$	$\frac{5,6 \pm 0,5}{4,3 \pm 0,6}$	$\frac{1,6 \pm 0,04}{0,8 \pm 0,2}$	$\frac{0,02 \pm 0,01}{0,01 \pm 0,01}$	$\frac{0,8 \pm 0,05}{0,6 \pm 0,02}$	$\frac{0,06 \pm 0,03}{0,05 \pm 0,02}$
Lim	$\frac{419,0 - 905,0}{437,0 - 441,0}$	$\frac{19,2 - 25,7}{13,0 - 46,0}$	$\frac{7,0 - 10,4}{9,0 - 13,0}$	$\frac{4,0 - 6,6}{2,3 - 5,5}$	$\frac{1,5 - 1,8}{0,4 - 1,6}$	$\frac{0,01 - 0,03}{0,01}$	$\frac{0,7 - 0,9}{0,5 - 0,6}$	$\frac{0,01 - 0,2}{0,01 - 0,1}$
Cv, %	$\frac{33,6}{0,3}$	$\frac{13,2}{44,7}$	$\frac{17,8}{17,1}$	$\frac{21,4}{34,8}$	$\frac{6,3}{62,5}$	-	$\frac{12,5}{8,3}$	$\frac{100,0}{100,0}$

Таблица 19 - Статистические показатели содержания элементов в растениях *Achillea biebersteinii* Afan., отобранных на фоновых и загрязненных участках низменной зоны Дагестана, мг/кг сухого вещества (n = 6, среднее за 2008-2015 гг.)

	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Pb	Cd
M ± m	<u>565,6 ± 84,6</u>	<u>68,0 ± 9,4</u>	<u>5,4 ± 1,0</u>	<u>1,0 ± 0,1</u>	<u>0,4 ± 0,1</u>	<u>0,5 ± 0,1</u>	<u>0,7 ± 0,1</u>	<u>0,2 ± 0,04</u>
	728,0 ± 122,9	68,7 ± 12,6	5,8 ± 0,5	2,1 ± 0,3	0,3 ± 0,04	0,4 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,1 ± 0,04
	(488,0)	(54,2)	(3,6)	(0,8)	(0,3)	(0,3)	(0,4)	(0,06)
	(739,0)	(60,0)	(4,8)	(2,1)	(0,4)	(0,2)	(0,7)	(0,06)
Lim	<u>307,0 - 737,0</u>	<u>40,0 - 92,0</u>	<u>3,0 - 8,5</u>	<u>0,8 - 1,4</u>	<u>0,2 - 0,5</u>	<u>0,2 - 0,7</u>	<u>0,4 - 1,0</u>	<u>0,03 - 0,3</u>
	411,0 - 1071,0	29,0 - 95,0	5,0 - 7,4	1,4 - 2,8	0,2 - 0,5	0,2 - 0,6	0,4 - 1,2	0,03 - 0,4
Cv, %	<u>35,8</u>	<u>33,2</u>	<u>44,9</u>	<u>22,1</u>	<u>46,3</u>	<u>48,8</u>	<u>32,0</u>	<u>58,8</u>
	40,5	44,3	18,9	28,6	33,3	50,0	37,5	100,0

Для полной характеристики variability содержания элементов определены коэффициенты вариации (табл. 14-19). В загрязненных местообитаниях на низменности наибольшая variability отмечена в надземной массе для содержания Cu – у тысячелистника обыкновенного и Mn у тысячелистника благородного, Cd у тысячелистника Биберштейна, в подземной массе – для Ni у тысячелистника обыкновенного и Cd у тысячелистника благородного и тысячелистника Биберштейна. Минимальной изменчивостью на низменности в надземной массе тысячелистника обыкновенного отличилось содержание Co, в подземной – Mn, у тысячелистника благородного - Zn, у тысячелистника Биберштейна в надземной массе - Cu, в подземной массе - Zn. В предгорье в условиях загрязнения максимальная изменчивость в надземной массе характерна для Ni – у тысячелистника обыкновенного, для Co – у тысячелистника благородного, в подземной массе для Cd у обоих видов. Минимальная variability в надземной массе отмечена для Cu – у тысячелистника обыкновенного и тысячелистника благородного, в подземной массе - для Co у тысячелистника обыкновенного, для Zn у тысячелистника благородного. У тысячелистника обыкновенного, отобранного на фоновых участках среднегорной зоны (табл. 15), наибольшая variability характерна для Ni, наименьшая - в надземной массе для Mn, в подземной массе для Cu. В среднегорной зоне в условиях загрязнения (табл. 14) максимальная variability отмечена в надземной и подземной массе тысячелистника обыкновенного для Co и Cd, минимальная для Mn.

Для тысячелистника таволгового, отобранного на фоновых участках предгорной зоны (табл. 17), максимальная variability отмечена для Ni в надземной и подземной массе, минимальная - для Pb в надземной, для Cu в подземной массе. Для тысячелистника таволгового, отобранного на загрязненных участках предгорной зоны (табл.18), максимальная изменчивость отмечена для содержания Cd в надземной и подземной массе, минимальная для Ni в надземной, для Fe в подземной массе. Если обобщить полученные результаты, то получается,

что максимальной изменчивостью как в надземной, так и в подземной массе растений отличились кадмий, никель и кобальт, а минимальной – марганец, цинк и медь.

По полученным нами данным для растений природных местообитаний, видно, что содержание Fe выше значений, приводимых в литературе (Ковальский, 1974, Bowen, 1966), которые варьируют от 130 до 190 мг/кг сухой массы.

По литературным данным (Салманов и др., 1982) в пастбищных растениях Ногайской степи и Терско-Сулакской низменности (полынь Лерха, полынь таврическая) содержание Mn в надземной массе (82,5 и 55 мг/кг) меньше, чем в корнях (99 и 73,7 мг/кг), что не согласуется с нашими данными. Содержание Co, по данным Османовой Р.Р., Курамагомедова М.К. (1982) и Гиреева Г.И. с соавторами (2012), в надземной массе разных видов полыни составляет 0,32-0,42 мг/кг, что согласуется с нашими данными (от 0,2 до 0,5 мг/кг). Исследования по содержанию ТМ в растениях тысячелистника узколистного проводились в Калмыкии (Даваева и др., 2017) и согласуются с нашими данными, за исключением содержания Fe (100 мг/кг) и Cu (20,0 мг/кг), по нашим данным содержание Fe выше (от 197 до 1068 мг/кг), а Cu ниже (от 0,73 до 4,85 мг/кг). Литературные данные (Минкина и др., 2017) по содержанию Mn (29 мг/кг), Cd (0,1 мг/кг), Pb (1 мг/кг) в надземной массе тысячелистника благородного согласуются с нашими данными.

Выявлено, что полученные нами данные по растениям фоновых местообитаний близки к кларкам по В.В. Ковальскому (1974) и превышают их для железа (450 мг/кг), марганца (40 мг/кг) в 1,1 – 2,4, ниже кларка для цинка (17 мг/кг) в 1,4-10,6 раз, для меди (5,7 мг/кг) в предгорной и горной зоне близки к кларку, на низменности ниже в 1,2 – 7,1 раз, для кобальта (0,7 мг/кг) близки к кларку, ниже для тысячелистника таволгового на низменности в 11,6-70 раз. По Добровольскому (1983) содержание свинца в растениях близко к кларку и ниже (1,25 мг/кг) в 1,5-12 раз, выше для кадмия (0,03 мг/кг) в 1,3-3,3 раза.

Таким образом, существует специфика накопления элементов разными органами растений в зависимости от вида. Один вид растений накапливает

максимальные количества какого-либо элемента в определенных органах, другой испытывает недостаток в этом элементе.

В результате наших исследований установлено накопление Fe, Mn в листьях, Cd в листьях и соцветиях растений всех зон, но наблюдаются различия в накоплении Zn, Cu, Ni, Co, Pb разными органами растений природных местообитаний. В загрязненных местообитаниях эти металлы (Zn, Cu, Ni, Co, Pb) накапливаются в листьях и соцветиях. На примере тысячелистника обыкновенного установлено влияние высотной зональности на содержание элементов. Выявлено различие в накоплении железа, цинка, меди и никеля в органах растений тысячелистника обыкновенного, произрастающих на разных высотах.

5.4. Взаимосвязь между содержанием тяжелых металлов в растениях тысячелистника и почвах

В незагрязненных выбросами автотранспорта местообитаниях (фон) тысячелистника обыкновенного с увеличением содержания подвижных форм Co в почве увеличивается их содержание в надземной массе растений ($r = 0,55$, $p < 0,05$), в подземной для Ni ($r = 0,54$, $p < 0,05$), Pb ($r = 0,79$, $p < 0,05$) (табл. 20).

Таблица 20 - Корреляция между содержанием элементов в растениях тысячелистника обыкновенного и содержанием в почве

Элемент	Фон ($n = 16$)		Загрязненные участки ($n = 38$)	
	ААБ	1 М НСІ	ААБ	1 М НСІ
Fe	<u>0,12</u>	<u>0,16</u>	<u>-0,37</u>	<u>0,24</u>
	-0,09	0,11	-0,19	-0,02
Mn	<u>-0,42</u>	<u>-0,01</u>	<u>-0,20</u>	<u>-0,28</u>
	-0,53	0,26	-0,14	-0,41
Zn	<u>-0,67</u>	<u>-0,01</u>	<u>0,26</u>	<u>0,44</u>
	-0,46	0,13	-0,56	0,04
Cu	<u>0,29</u>	<u>0,30</u>	<u>0,19</u>	<u>-0,02</u>
	-0,44	-0,24	0,15	-0,13

Продолжение таблицы 20

Элемент	Фон ($n = 16$)		Загрязненные участки ($n = 38$)	
	ААБ	1 М НСІ	ААБ	1 М НСІ
Co	<u>0,55</u>	<u>0,41</u>	<u>-0,17</u>	<u>-0,04</u>
	0,12	0,31	0,06	0,24
Ni	<u>0,18</u>	<u>0,31</u>	<u>-0,02</u>	<u>0,01</u>
	0,54	-0,06	-0,19	-0,05
Pb	<u>-0,37</u>	<u>0,34</u>	<u>-0,19</u>	<u>0,13</u>
	0,79	0,11	0,31	-0,01
Cd	<u>0,15</u>	<u>-0,39</u>	<u>0,27</u>	<u>0,05</u>
	0,45	0,05	0,06	0,09

Примечание. В числителе - надземная, в знаменателе - подземная масса. Полужирным шрифтом выделены статистически значимые значения корреляции ($p \leq 0,05$).

Содержание Zn в надземной части растений тысячелистника обыкновенного загрязненных местообитаний увеличивается с повышением кислоторастворимых форм в почве ($r = 0,44$, $p < 0,05$) (табл. 20).

В фоновых местообитаниях выявлена значимая положительная корреляция между количеством подвижных форм Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb в почве и содержанием их в надземной и подземной массе тысячелистника таволгового ($r = 0,78-0,97$, $p < 0,05$) (табл. 21). Также выявлена значимая положительная корреляция между кислоторастворимыми формами в почве и содержанием Mn ($r = 0,89$, $p < 0,05$), Cu ($r = 0,74$, $p < 0,05$), Co ($r = 0,84$, $p < 0,05$) в надземной массе и Mn ($r = 0,78$, $p < 0,05$), Ni ($r = 0,81$, $p < 0,05$) в подземной массе тысячелистника таволгового (табл. 21). Отрицательная корреляция между количеством кислоторастворимых форм элементов в почве и содержанием их в надземной массе растений тысячелистника таволгового отмечена для Fe, Zn, Cd ($r = -0,83-0,9$, $p < 0,05$), в подземной массе связь выявлена для Fe, Zn ($r = -0,88-0,98$, $p < 0,05$).

Таблица 21 - Корреляция между содержанием элементов в растениях тысячелистника таволгового и содержанием в почве

Элемент	Фон ($n = 8$)		Загрязненные участки ($n = 6$)	
	ААБ	1 М НСl	ААБ	1 М НСl
Fe	<u>0,93</u>	<u>-0,90</u>	<u>0,99</u>	<u>0,99</u>
	0,60	-0,98	-0,90	-0,87
Mn	<u>0,85</u>	<u>0,89</u>	<u>-0,96</u>	<u>-0,80</u>
	<u>0,84</u>	<u>0,78</u>	<u>0,99</u>	<u>0,94</u>
Zn	<u>0,83</u>	<u>-0,90</u>	<u>0,96</u>	<u>-0,82</u>
	<u>0,78</u>	-0,88	<u>0,99</u>	-0,91
Cu	<u>0,97</u>	<u>0,74</u>	<u>0,99</u>	<u>0,82</u>
	<u>0,84</u>	0,50	<u>0,99</u>	<u>0,86</u>
Co	<u>-0,59</u>	<u>0,84</u>	-	-
	-0,24	0,69		
Ni	<u>0,90</u>	<u>0,53</u>	<u>0,79</u>	<u>-0,62</u>
	<u>0,90</u>	<u>0,81</u>	<u>-0,96</u>	<u>0,99</u>
Pb	<u>0,97</u>	<u>-0,60</u>	<u>-0,97</u>	<u>-0,95</u>
	-0,70	0,45	<u>-0,93</u>	<u>-0,89</u>
Cd	<u>-0,22</u>	<u>-0,83</u>	<u>-0,99</u>	<u>-0,98</u>
	-0,44	-0,55	<u>-0,99</u>	<u>-0,99</u>

Примечание. В числителе - надземная, в знаменателе - подземная масса. Полужирным шрифтом выделены статистически значимые значения корреляции ($p \leq 0,05$).

Наблюдается положительная значимая корреляция высокой степени между содержанием подвижных форм Fe, Zn, Cu в почве и растениях тысячелистника таволгового (табл. 21) загрязненных местообитаний ($r = 0,96-0,99$, $p < 0,05$). Накопление Pb и Cd растениями тысячелистника таволгового на загрязненных участках происходит путем поглощения надземными частями растений из воздуха, а не путем поступления из почвы, поэтому прослеживается отрицательная корреляционная связь с содержанием подвижных форм элементов в почве. По данным некоторых авторов (Кабата-Пендиас, 2001; Лайдинен и др., 2011), для свинца и кадмия поступление из воздуха может быть главным

источником, давая 90% от его общего содержания во всех частях зрелого растения, но преимущественно в листьях. Наблюдается положительная корреляционная связь кислоторастворимых форм Fe, Cu ($r = 0,82-0,99$, $p < 0,05$) в почве с содержанием их в надземной массе тысячелистника таволгового, в подземной массе корреляция высокой степени для Mn, Cu, Ni ($r = 0,86-0,99$, $p < 0,05$).

5.5. Влияние эдафического фактора на накопление тяжелых металлов в растениях рода *Achillea* L.

Исследование накопления ТМ видами тысячелистника проводили в разных эколого-эдафических условиях. Были исследованы следующие эдафические факторы: тип почвы, гумус, рН почвы.

При исследовании механизмов адаптации растений к ТМ необходимо учитывать уровень их аккумуляции в надземной и подземной массе. Поэтому для оценки степени поглощения Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Pb, Cd растениями нами был рассчитан коэффициент биологического поглощения (КБП) (табл. 12-15, приложение). В соответствии с классификацией Перельмана (1975) при КБП > 1 элементы накапливаются в растениях (элементы концентраторы), а при КБП < 1 только захватываются (элементы деструкторы). На большинстве природных и антропогенно нарушенных участков величины КБП были меньше 1, что свидетельствует о слабом поглощении ТМ растениями. КБП > 1 наблюдается только для Cu в надземной массе у тысячелистника таволгового на горно-каштановой почве Карабудахкентского района с. Губден, с. Какамахи, для Co у тысячелистника обыкновенного на горно-луговой почве с. Унчукатль, для Ni у тысячелистника обыкновенного на горно-луговой почве сел Цудахар, Каладжух, Хунзах, для Ni у тысячелистника благородного на коричневой почве с. Дюбек, для Cd у тысячелистника обыкновенного на горно-луговой почве с. Усиша, для Zn в подземной массе тысячелистника обыкновенного с. Унчукатль. По вычисленным средним показателям КБП элементов видно, что данные ТМ

относятся к элементам слабого накопления (КБП Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Pb, Cd = 0,01-0,8).

В среднем убывающий ряд КБП валовых форм в природных местообитаниях для тысячелистника обыкновенного выглядит следующим образом: для надземной – $Cd > Zn > Ni > Mn > Cu > Co > Pb > Fe$, для подземной массы – $Zn > Cu > Co > Mn > Ni > Pb = Cd > Fe$; для тысячелистника таволгового: для надземной – $Cu > Zn > Mn = Ni = Cd > Fe = Pb > Co$, для подземной – $Cu > Zn > Mn > Ni = Cd > Pb = Fe > Co$; для тысячелистника благородного: для надземной – $Zn = Cd = Cu = Mn > Ni > Co > Pb = Fe$, для подземной – $Zn > Cu = Ni = Co > Mn > Cd > Pb = Fe$; для тысячелистника Биберштейна: для надземной – $Zn = Mn = Cu > Co = Cd > Pb > Ni > Fe$, для подземной – $Cu > Zn = Mn > Pb = Cd > Co > Ni > Fe$.

По величине КБП валовых форм в антропогенно нарушенных местообитаниях (табл. 12-15, приложение) исследуемые элементы располагаются в следующем порядке: для надземной части тысячелистника обыкновенного – $Ni > Co > Zn = Cu > Cd = Mn = Pb > Fe$, для подземной – $Zn > Ni > Cu = Cd = Co > Mn > Pb > Fe$; для надземной части тысячелистника таволгового – $Cu > Zn > Ni > Pb > Cd = Mn > Fe > Co$, для подземной – $Cu > Zn > Ni = Mn > Cd > Fe > Pb > Co$, для надземной части тысячелистника благородного – $Ni > Zn > Cu = Cd > Co = Mn > Pb > Fe$, для подземной – $Zn > Ni > Cu > Cd = Mn > Co > Fe > Pb$, для надземной части тысячелистника Биберштейна – $Zn > Mn = Co = Cu = Cd > Pb > Ni > Fe$, для подземной – $Zn = Cu > Mn = Co = Cd > Pb > Fe > Ni$.

Коэффициенты биологического поглощения, рассчитанные на валовое содержание элемента в почве (КБП), не всегда отражают действительную миграционную подвижность его в звене «почва — растение», так как в почве одновременно присутствуют различные формы элементов, отличающиеся прочностью связи и доступностью для растений. Для более точной оценки связи подвижности ТМ в почве и накопления их растениями используют коэффициент биогеохимической подвижности (B_x) (Перельман, 1975). Величина $B_x > 1$ означает наличие значительной аккумуляции элемента растением из почвы.

Растения природных местообитаний характеризуются средним коэффициентом биогеохимической подвижности кислоторастворимых форм Zn (0,12-1,05), высоким Ni на горно-каштановых (1,6-4,3), низким на лугово-каштановых, каштановых почвах (0,04-0,8), низким Mn (0,1-0,35), Fe (0,08-0,77), Co (0,01-0,6), Pb (0,02-0,28), низким Cd на лугово-каштановых, горно-каштановых почвах (0,2-0,82), высоким на горно-луговых, каштановых почвах (0,25-2,4), низким Cu на лугово-каштановых (0,11-0,5), высоким в остальных почвах (0,2-2,4) (табл. 16-19, приложение).

По значениям V_x кислоторастворимых форм в природных местообитаниях можно построить следующие ряды элементов для тысячелистника обыкновенного: для надземной – $Cd > Zn = Cu = Ni > Fe > Co > Mn > Pb$, для подземной массы – $Cu > Zn > Ni > Cd > Fe > Co > Pb > Mn$; для тысячелистника таволгового: для надземной – $Cd > Cu > Ni > Zn > Fe > Mn > Pb > Co$, для подземной – $Cu > Cd > Ni > Zn > Fe > Mn > Co = Pb$; для тысячелистника благородного: для надземной – $Cd > Cu > Zn > Ni > Co > Fe > Mn > Pb$, для подземной – $Zn > Ni > Co > Cd = Fe > Cu > Mn > Pb$, для тысячелистника Биберштейна: для надземной – $Cd > Zn > Co > Cu > Fe > Mn > Ni > Pb$, для подземной – $Cu > Cd > Zn > Fe > Co = Mn > Ni > Pb$.

Интенсивность накопления растениями кислоторастворимых форм элементов из почвы в антропогенно нарушенных местообитаниях сильно различается в зависимости от типа почв (табл. 16-19, приложение): Fe, Mn слабой интенсивности накопления во всех типах почв (0,06-0,94; 0,05-0,31); Zn средней интенсивности накопления в лугово-каштановых, луговых, каштановых, горно-каштановых, горно-луговых почвах (0,14-1,22), сильной - в коричневых почвах (8,50-10,0); Cu слабой интенсивности в лугово-каштановых, луговых, каштановых почвах (0,12-0,59), сильной интенсивности накопления в светло-каштановых (3,0-5,03), горно-луговых (0,08-2,5), горно-луговых дерновых (1,28-1,79), горно-каштановых (2,35-2,84), коричневых почвах (1,02-1,05); Co слабой интенсивности накопления во всех типах почв (0,01-0,66); Ni слабой интенсивности накопления в лугово-каштановых, луговых, каштановых, светло-каштановых, горно-луговых

почвах (0,04-1,61), сильной интенсивности накопления в горно-каштановых, коричневых почвах (1,47-7,5); Pb слабой интенсивности накопления во всех типах почв (0,02-0,15), кроме светло-каштановых (2,65); Cd слабой интенсивности накопления в каштановых, лугово-каштановых, луговых, коричневых, горно-каштановых, горно-луговых почвах (0,05-0,91), сильной интенсивности накопления в светло-каштановых (3,6-4,6).

Элементы в порядке убывания показателей V_x кислоторастворимых форм элементов в антропогенно нарушенных местообитаниях для тысячелистника обыкновенного можно расположить следующим образом: для надземной – $Cu > Ni > Zn > Co > Cd > Fe > Mn > Pb$, для подземной массы – $Cu > Ni > Zn > Cd > Fe > Co > Mn > Pb$; для тысячелистника таволгового: для надземной – $Ni > Cu > Cd > Pb > Fe > Zn > Mn > Co$, для подземной массы – $Cu > Ni > Cd > Zn > Fe > Mn > Pb > Co$; для тысячелистника благородного: для надземной – $Zn > Ni > Cd > Co = Cu = Fe > Mn > Pb$, для подземной массы – $Zn > Ni > Cu = Fe > Cd > Co > Mn > Pb$, для тысячелистника Биберштейна: для надземной – $Zn > Cd = Co > Mn > Fe = Cu > Ni > Pb$, для подземной массы – $Zn > Cu > Fe = Cd > Co > Mn > Ni > Pb$.

На основании рассчитанных V_x кислоторастворимых форм выявлено, что в природных местообитаниях по накоплению Fe, Pb нет различий между видами, Mn больше всего накапливает тысячелистник Биберштейна, Zn - тысячелистник обыкновенный, Cu, Ni, Cd – тысячелистник таволговый, Co – тысячелистник благородный. В антропогенно нарушенных местообитаниях Fe, Cu, Ni, Pb, Cd больше всего накапливает тысячелистник таволговый, Mn - тысячелистник Биберштейна, Zn - тысячелистник благородный, по Co нет различий между видами.

По коэффициентам биогеохимической подвижности кислоторастворимых форм элементов, можно отнести Zn, Cu, Cd, Ni - к элементам сильного накопления, а Fe, Mn, Co, Pb – к элементам слабого накопления. Сравнение видовой специфики коэффициентов биогеохимической подвижности тяжелых металлов для растений тысячелистника, произрастающих в разных районах республики Дагестан, показало, что наибольшую интенсивность к накоплению

кадмия и меди имеет тысячелистник обыкновенный, тысячелистник таволговый, тысячелистник Биберштейна, цинка и кадмия – тысячелистник благородный.

Различается интенсивность накопления подвижных форм из почвы. Растения природных местообитаний характеризуются высоким накоплением Fe (34-568,7), Zn (4,6-425), Cu (0,9-128,1), Ni (3-37,7), Cd (1-12), низким Mn (0,1-0,9), низким Co на каштановых, горно-каштановых (0,05-0,6), высоким на лугово-каштановых почвах (1,8-9), низким Pb на лугово-каштановых (0,4-1,6), высоким на каштановых почвах (1 - 7,2). Слабая интенсивность накопления Ni наблюдалась на горно-луговых типичных, горно-луговых почвах на сланцах (0,3-1,3), Cd - на горно-луговых типичных почвах (0,7-1,1) (табл. 20-23, приложение).

На природных участках высокий B_x подвижных форм Fe ($B_x = 323-568$), Zn (5,4-8,2), Cu (8,7-33), Co (1,7-2,2), Pb ($B_x = 3,8-5,4$), Cd (1,2-3,7) выявлен для надземной массы тысячелистника обыкновенного на горно-луговой типичной и горно-луговой почве на сланцах высокогорной зоны (табл. 20, приложение). Высокий B_x связан с тем, что горно-луговые типичные почвы на песчаниках, горно-луговые почвы на сланцах характеризуются слабокислой реакцией среды ($pH = 6,5-6,6$), а в слабокислой среде возрастает растворимость соединений Fe, Zn, Cd (Добровольский, 1983, 1997; Цинк и кадмий..., 1992; Кадмий: экологические ..., 1994; Садовникова и др., 2006).

Высокая аккумуляция Zn наблюдалась в подземной массе ($B_x = 425$) и Ni в надземной массе ($B_x = 18,6$) тысячелистника таволгового, произрастающего на горно-каштановой почве предгорья (табл. 21, приложение). Высокая интенсивность накопления Zn и Ni растениями на горно-каштановой почве обусловлена тем, что этот тип почвы характеризуется щелочной реакцией среды ($pH = 7,6$), низким содержанием гумуса (3,2 %), а в нейтральных и щелочных почвах с малым содержанием гумуса соединения Zn и Ni подвижны и легко выносятся растениями (Садовникова и др., 2006).

Надземная и подземная масса тысячелистника обыкновенного, тысячелистника таволгового, тысячелистника благородного, тысячелистника Биберштейна в природных местообитаниях характеризуются высокими

величинами B_x 2, составляющими 150,5-156; 53,7-64,1; 92,7-141,8; 135,2-141 для Fe, 24,6-27,3; 117,3-132,3; 8,5-12,6; 4,8-6,4 для Zn, 30,4-82,8; 9,6-32,5; 2,3-3,8; 1,3-2,9 для Cu, 1,8-2,7; 0,4; 1,6-3,8; 2-4,1 для Co, 7,8-23,8; 7,5-9,7; 9-10,3; 4,1-6,2 для Ni, 1,8-2,8; 1,1-1,4; 1-1,6; 2,5-4,4 для Pb, 2,6-3,4; 4,2-6,5; 2,6-4; 3,2 для Cd. Все виды отличаются низкими величинами B_x для Mn, его $B_x = 0,2-0,3$ для тысячелистника обыкновенного, тысячелистника благородного, тысячелистника таволгового, 0,5-0,6 для тысячелистника Биберштейна (табл. 20-23, приложение).

В среднем убывающий ряд B_x подвижных форм в природных местообитаниях для тысячелистника обыкновенного выглядит следующим образом: для надземной – Fe > Cu > Zn > Ni > Cd > Pb > Co > Mn, для подземной массы – Fe > Cu > Zn > Ni > Pb > Co > Cd > Mn; для тысячелистника таволгового: для надземной – Zn > Fe > Ni > Cu > Cd > Pb > Co > Mn, для подземной – Zn > Fe > Cu > Ni > Cd > Pb > Co > Mn; для тысячелистника благородного: для надземной – Fe > Ni > Zn > Cd > Cu > Co > Pb > Mn, для подземной – Fe > Zn > Ni > Co > Cd > Cu > Pb > Mn, для тысячелистника Биберштейна: для надземной – Fe > Zn > Co = Ni > Cd > Pb > Cu > Mn, для подземной – Fe > Zn > Ni > Pb > Cd > Cu > Co > Mn.

В антропогенно–нарушенных местообитаниях (табл. 20-23, приложение): для Fe наиболее сильное накопление (B_x 2) элементов растениями наблюдается на каштановых, лугово-каштановых, светло-каштановых почвах низменности, коричневых почвах предгорья (48,6-550), менее сильное накопление в луговых, горно-каштановых, горно-луговых, горно-луговых дерновых почвах (9,4-77,9); для Mn слабое накопление на почвах низменной, предгорной и среднегорной зоны (0,1-1,0); для Zn очень высокого уровня накопление на горно-каштановых (376-462,5), высокого на горно-луговых почвах (19,2-92,6), на остальных почвах от 1,7 до 41,6; для Cu сильное накопление на всех типах почв от 1 до 28,7; для Co слабого уровня накопление на луговых, светло-каштановых, горно-каштановых (0,1-0,7), высокого на всех остальных типах почв (0,04-8,6); для Ni сильное накопление на всех типах почв (0,3-53); для Pb слабое накопление на лугово-каштановых, каштановых, коричневых, горно-луговых почвах (0,2-1,5), сильное на остальных типах почв (0,2-47), для Cd слабое накопление на горно-каштановых

(0,05-0,07), сильное на остальных типах почв (0,6-37). Максимальный V_x Pb (47) и Cd (14) наблюдался в надземной массе растений тысячелистника таволгового в загрязненных местообитаниях на светло-каштановой почве. Этот тип почвы характеризовался малым содержанием гумуса (1,6 %) и легкосуглинистым составом, а такие почвы слабо связывают ТМ и легко отдают их растениям (Почвенно-экологический..., 1994), кроме того, возможно воздушное поглощение ТМ листьями из воздуха.

Убывающий ряд V_x подвижных форм элементов для тысячелистника обыкновенного антропогенно нарушенных местообитаний (табл. 20-23, приложение) выглядит следующим образом: для надземной и подземной массы – Fe > Zn > Ni > Cu > Cd > Co > Pb > Mn; для тысячелистника таволгового: для надземной – Zn > Fe > Ni > Pb > Cu > Cd > Co > Mn, для подземной массы – Zn > Fe > Ni > Cu > Cd > Pb > Mn > Co; для тысячелистника благородного: для надземной – Fe > Zn > Ni > Cd > Cu > Co > Pb > Mn, для подземной массы – Fe > Zn > Cd > Cu > Ni > Co > Mn > Pb, для тысячелистника Биберштейна: для надземной – Fe > Zn > Co > Cu > Cd > Ni > Pb > Mn, для подземной массы – Fe > Zn > Cu > Co > Cd > Ni > Pb > Mn.

Растениями-аккумуляторами тяжелых металлов являются виды тысячелистника, которые в условиях антропогенного загрязнения накапливают в надземной массе наибольшие количества элементов. Виды тысячелистника характеризуются высокими величинами V_x , составляющими у тысячелистника обыкновенного 3,1 для Co, 29,6 для Ni, у тысячелистника таволгового 30 для Ni, 17,6 для Pb, 4,7 для Cd, у тысячелистника благородного 3,9 для Co, 15,7 для Ni, 11,9 для Cd, у тысячелистника Биберштейна 5,3 для Co, 4,8 для Cd.

Согласно проведенным расчетам величины V_x подвижных форм отличаются от величин КБП валовых форм на порядок и выше.

Для оценки видовой специфичности накопления ТМ растениями тысячелистника мы сравнили показатели биогеохимической подвижности (V_x 2) элементов для разных видов тысячелистника, произрастающих на каштановых почвах (табл. 20-23, приложение). Для тысячелистника обыкновенного,

произрастающего вдали от дороги, по величинам содержания ТМ в надземной массе, исследуемые ТМ можно представить в виде следующего убывающего ряда: Fe (53,6) > Zn (6,1) > Ni (4,8) > Cd (3,7) > Cu (3,1) > Co (1,8) > Pb (0,8) > Mn (0,3), в подземной массе: Fe (49,6) > Ni (7,7) > Zn (7) > Cu (4,3) > Co (2,6) > Cd (2) > Pb (1,5) > Mn (0,4).

Для тысячелистника обыкновенного, произрастающего в условиях антропогенного воздействия, по величинам содержания ТМ в надземной массе, исследуемые ТМ можно представить в виде следующего убывающего ряда: Fe (48,6) > Cu (7,1) > Ni (6,5) > Zn (6,2) > Cd (6) > Co (1,5) > Mn (0,5) > Pb (0,3), в подземной массе: Fe (59,8) > Ni (15,2) > Cu (11,3) > Zn (6,2) > Cd (3) > Co (2,1) > Mn (0,5) > Pb (0,2).

Для тысячелистника таволгового, произрастающего на незагрязненном участке, по величинам содержания ТМ в надземной массе, исследуемые ТМ можно представить в виде следующего убывающего ряда: Fe (99) > Zn (15,3) > Cd (12) > Cu (10,5) > Ni (9,2) > Pb (1,5) > Mn (0,3) > Co (0,05), в подземной массе: Fe (104,3) > Zn (20,3) > Cd (10) > Ni (6,8) > Cu (6,1) > Pb (2,2) > Mn (0,2) > Co (0,05).

Для тысячелистника таволгового, произрастающего около дороги, по величинам содержания ТМ в надземной массе, исследуемые ТМ можно представить в виде следующего убывающего ряда: Fe (525) > Ni (53) > Pb (47) > Zn (33,2) > Cu (28,7) > Cd (14) > Mn (0,5) > Co (0,2), в подземной массе: Fe (550) > Ni (50) > Zn (41,6) > Cu (17,1) > Cd (11) > Pb (3,3) > Mn (0,3) > Co (0,1).

По величинам содержания ТМ в надземной массе тысячелистника благородного, произрастающего на незагрязненном участке, исследуемые ТМ можно представить в виде следующего убывающего ряда: Fe (58,8) > Zn (5,1) > Cd (2,5) > Pb (2,3) > Ni (1,9) > Cu (0,8) > Co (0,5) > Mn (0,3), в подземной массе: Fe (116,6) > Zn (7,7) > Pb (3,6) > Cd (3) > Cu (1,7) > Ni (1) > Co (0,6) > Mn (0,4).

По величинам содержания ТМ в надземной массе тысячелистника благородного, произрастающего на загрязненном участке, исследуемые ТМ можно представить в виде следующего убывающего ряда: Fe (514,7) > Zn (24,1) >

Co (16,4) > Cu (7,3) > Cd (4,7) > Ni (3,8) > Mn (1,1) > Pb (0,5), в подземной массе: Fe (281,6) > Zn (35,3) > Cu (24,1) > Co (3,1) > Ni (2,2) > Cd (2) > Mn (0,9) > Pb (0,3).

На незагрязненном участке по величинам содержания в надземной массе тысячелистника Биберштейна элементы располагаются в следующий ряд: Fe (34) > Ni (5,2) > Zn (5,1) > Pb (3,7) > Cd (2) > Cu (0,9) > Mn (0,7) > Co (0,2), в подземной массе: Fe (118,6) > Pb (7,2) > Zn (6,4) > Ni (4,5) > Cu (3,1) > Cd (2) > Mn (0,9) > Co (0,3).

В условиях антропогенного воздействия по величинам содержания в надземной массе тысячелистника Биберштейна элементы располагаются в следующий ряд: Fe (171,8) > Zn (49,4) > Cu (12,2) > Co (8,3) > Cd (5,5) > Ni (3,3) > Mn (0,8) > Pb (0,2), в подземной массе: Fe (184,7) > Zn (42,9) > Cu (19,1) > Co (8) > Cd (1,7) > Ni (1,1) > Mn (0,7) > Pb (0,3).

По величинам B_x 2 для надземной массы растений, произрастающих в условиях загрязняющего воздействия, виды располагаются в виде следующих убывающих рядов:

Fe: тысячелистник таволговый > тысячелистник благородный > тысячелистник Биберштейна > тысячелистник обыкновенный

Mn: тысячелистник благородный > тысячелистник Биберштейна > тысячелистник обыкновенный = тысячелистник таволговый

Zn: тысячелистник Биберштейна > тысячелистник таволговый > тысячелистник благородный > тысячелистник обыкновенный

Cu: тысячелистник таволговый > тысячелистник Биберштейна > тысячелистник благородный > тысячелистник обыкновенный

Co: тысячелистник благородный > тысячелистник Биберштейна > тысячелистник обыкновенный > тысячелистник таволговый

Ni: тысячелистник таволговый > тысячелистник обыкновенный > тысячелистник благородный > тысячелистник Биберштейна

Pb: тысячелистник таволговый > тысячелистник благородный > тысячелистник обыкновенный > тысячелистник Биберштейна

Cd: тысячелистник таволговый > тысячелистник обыкновенный > тысячелистник Биберштейна > тысячелистник благородный

для подземной массы ряды отличаются от надземной массы по некоторым элементам:

Cu: тысячелистник благородный > тысячелистник Биберштейна > тысячелистник таволговый > тысячелистник обыкновенный

Co: тысячелистник Биберштейна > тысячелистник благородный > тысячелистник обыкновенный > тысячелистник таволговый

Pb: тысячелистник таволговый > тысячелистник благородный = тысячелистник Биберштейна > тысячелистник обыкновенный

Cd: тысячелистник таволговый > тысячелистник обыкновенный > тысячелистник благородный > тысячелистник Биберштейна

В условиях антропогенного воздействия меняется аккумуляция ТМ в надземной и подземной массе растений. У всех видов тысячелистника в надземной массе V_x 2 больше, чем в подземной массе, кроме тысячелистника обыкновенного. Наибольшая концентрация ТМ в корнях тысячелистника обыкновенного по сравнению с надземной массой объясняется барьерной функцией корня, ограничивающего поступление ТМ в надземные органы (Серегин и др., 2014). Среди всех изученных видов тысячелистник таволговый является аккумулятором Fe, Cu, Ni, Pb, Cd, тысячелистник благородный – Mn, Co, тысячелистник Биберштейна - Zn. Тысячелистник обыкновенный оказался наиболее устойчивым к загрязнению Fe, Mn, Zn, Cu, тысячелистник Биберштейна устойчивый к Ni, Pb, тысячелистник благородный - к Cd.

На загрязненных участках в предгорье на горно-луговых почвах проявлялись видовые особенности в накоплении ТМ. Тысячелистник обыкновенный аккумуляровал Ni, Pb – в надземной массе, Fe, Zn, Cu, Co, Cd – в корнях. У тысячелистника благородного накопление Cu, Pb, Cd – в надземной массе, Fe, Zn, Ni – в корнях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе представлены результаты исследования содержания Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd в 4 видах рода *Achillea* L. и почвах, на которых они произрастают. Исследовалось содержание ТМ в растениях не только природных, но и антропогенно нарушенных местообитаний. Это важно, так как виды тысячелистника являются лекарственными растениями. В результате исследований определено фоновое содержание ТМ в разных типах почв Северо-Восточного Кавказа, выявлены превышения концентраций Cu, Pb, Cd по сравнению с кларками, что обусловлено обогащением почвообразующих пород этими элементами. Проведено также изучение содержания ТМ в органах видов тысячелистника разных природных зон. Проведенные исследования показали, что представители разных видов рода *Achillea* L. в одинаковых почвенных и природно-климатических условиях аккумулируют ТМ в разных количествах. Это связано с видовыми особенностями растений тысячелистника. Растения одного вида, произрастающие на разных типах почв, накапливали разные концентрации элементов, что связано с влиянием эдафического и антропогенного факторов.

Выявлено влияние высотной зональности, эдафического фактора (тип почвы, содержание подвижных элементов в почве, реакция среды, гранулометрический состав, содержание гумуса), антропогенного фактора (выбросов автотранспорта) на аккумуляцию ТМ в растениях. Исследована возможность применения растений разных видов тысячелистника в фиторемедиации, выявлены растения-аккумуляторы и виды, устойчивые к загрязнению ТМ.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены превышения концентраций Zn, Pb и Cd в загрязненных почвах низменной, предгорной, среднегорной зоны в 1,6-21,6 раз по сравнению с фоновыми почвами. Валовое содержание Cd превысило ОДК в 1,3-3,2 раза.

2. Определена видовая специфика накопления и распределения тяжелых металлов между генеративными и вегетативными органами разных видов рода *Achillea* L., произрастающих на фоновых участках и в условиях загрязнения. У *Achillea nobilis* на фоновых участках предгорной зоны наибольшие концентрации Zn и Pb накапливаются в корнях, а Cu и Cd в соцветиях растений. В образцах, произрастающих на загрязненных участках, Zn, Cu, Pb, Cd накапливаются в листьях. У *Achillea filipendulina* на фоновых участках Zn аккумулируется в стеблях, Cu и Co – в корнях, а на загрязненных участках Zn и Cu - в соцветиях, Co – в листьях.

3. Установлена зависимость содержания ТМ в растениях тысячелистника от высотной зональности. С возрастанием высоты над уровнем моря происходит изменение типа почв, пород, природно-климатических условий. Наибольшие концентрации Ni, Cu содержатся в растениях *Achillea millefolium*, произрастающих в предгорной зоне, так как в щелочных почвах соединения Ni, Cu подвижны. Выявлено максимальное содержание Fe, Zn в растениях в среднегорной зоне. С высотой температура воздуха уменьшается, а количество осадков увеличивается, что влияет на подвижность Fe, Zn в почвах, кроме того, оказывает влияние рН почвы.

4. Выявлена положительная корреляция между количеством подвижного Co ($r = 0,55$, $p < 0,05$) в почве и содержанием его в надземной массе растений *Achillea millefolium*, в подземной массе для Ni ($r = 0,54$, $p < 0,05$), Pb ($r = 0,79$, $p < 0,05$). Отмечена также положительная корреляция между количеством подвижных форм Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Pb в почве и содержанием их в надземной и подземной массе *Achillea filipendulina* ($r = 0,78-0,97$, $p < 0,05$).

5. Эдафические факторы оказывают влияние на поглощение тяжелых металлов растениями. На подвижность элементов в почве и их доступность для растений оказывает влияние содержание гумуса, рН почвы, гранулометрический состав. Максимальная интенсивность поглощения представителями рода тысячелистник кислоторастворимых форм Zn наблюдалась на коричневых почвах, Cu, Pb, Cd – на светло-каштановых, Ni – на коричневых и горно-каштановых почвах, минимальная – на лугово-каштановых, луговых, каштановых, горно-луговых почвах.

6. Установлены различия в содержании тяжелых металлов в почвах и исследованных растениях тысячелистника в зависимости от произрастания вблизи автомобильных дорог. Причем, *Achillea millefolium* интенсивно концентрирует Ni, Pb, Cd, *Achillea nobilis* - Zn, Ni, Cd, *Achillea filipendulina* – Pb, *Achillea biebersteinii* – Cd, в количествах, превышающих МДУ.

7. На каштановых почвах *Achillea filipendulina* является аккумулятором Fe, Cu, Ni, Pb, Cd, поэтому данный вид можно использовать как фиторемедиатор. *Achillea millefolium* оказался наиболее устойчивым к загрязнению Fe, Mn, Zn, Cu, *Achillea biebersteinii* устойчивый к Ni, Pb, *Achillea nobilis* - к Cd.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. На основании полученных в работе результатов по содержанию тяжелых металлов в почве необходимо провести картографирование и паспортизацию мест заготовки лекарственного растительного сырья (в данном случае растений тысячелистника) для выявления безопасных мест сбора растений.

2. При сборе лекарственных трав и последующем применении растений в лечебных целях следует учитывать район сбора растений и отбирать лекарственные растения вдали от автомобильных дорог.

3. *Achillea filipendulina* Lam. можно использовать для фиторемедиации почв, загрязненных Fe, Cu, Ni, Pb, Cd.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абуталыбов М.Т. Значение микроэлементов в растениеводстве / М.Т. Абуталыбов. - Баку: Кн. Изд-во, 1961. – 252 с.
2. Абдурахманов Г.М. Эколого-географическая обусловленность и прогноз заболеваемости злокачественными новообразованиями населения Республики Дагестан / Г.М. Абдурахманов, А.Г. Гасангаджиева, П.И. Габибова. Махачкала. Изд-во Алеф, 2009. – 500 с.
3. Авалиани С.Л. Оценка вклада выбросов автотранспорта в интегральную характеристику риска загрязнений воздушной среды / С.Л. Авалиани, К.А. Буштуева, М.М. Андрианова, Л.Е. Беспалько // Гигиена и санитария. - 2002. - №6. - С. 21-25.
4. Авцын А.П. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. - М.: Медицина, 1991. - 496 с.
5. Агжигитова Н.И. Особенности распределения растительных сообществ Букантау и накопление некоторых микроэлементов в растениях в зависимости от подстилающих пород / Н.И. Агжигитова, Л.Ф. Капустина // Узб. биол. журн. - 1985.1. - С. 38-40.
6. Агроклиматический справочник по Дагестанской АССР. Л. - 1963. - 72 с.
7. Агроклиматические ресурсы Дагестанской АССР. Л. - 1975. - 112 с.
8. Акаев Б.А. Физическая география Дагестана / Б.А. Акаев, З.В. Атаев. – М.: Высшая школа, 1996. – 381 с.
9. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда / В.А. Алексеенко. - М.: Наука, 1990. – 142 с.
10. Алексеенко В.А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых / В.А. Алексеенко: Учебник - Второе изд., перераб. И доп. - М.: Логос, 2000. - 354 с.
11. Алексеев Б.Д. Лекарственные растения Дагестана / Б.Д. Алексеев; под ред. А. Редько.- Махачкала.: Даг. учеб.-педагог. изд-во, 1971. - 121 с.

12. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. Л.: Агропромиздат, 1987. - 142 с.
13. Алексеева – Попова Н.В. Геохимическая экология растений на известняках Юго-Восточной Чукотки. Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине / Н.В. Алексеева – Попова, И.В. Дроздова, Н.А. Сазыкина. // Тез. докл. 11. Всес. Конф. Самарканд. – 1990. – С. 5-6.
14. Анисимова Л.Н. Накопление Co, Cu и Zn ячменем в зависимости от содержания и формы нахождения металлов в дерново-подзолистой почве / Л.Н. Анисимова // Агрохимия. 2008. № 10. - С. 62-68.
15. Андреева И.В., Говорига В.В. К вопросу о возможных причинах высокой подвижности никеля в растениях / И.В. Андреева, В.В. Говорига // Агрохимия. 2008. № 6. С. - 68-71.
16. Атлас Республики Дагестан. - М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1999. – 63 с.
17. Ахундова А.Б. Тяжелые металлы в почвах зоны техногенных выбросов промышленного объекта г. Али-Байрамлы / А.Б. Ахундова. - Тез. докл. 8 Всес. Съезда почвоведов. Кн. 2. Комис. 2-3. 14-18 авг. 1989, Новосибирск, 1989. - 159 с.
18. Баламирзоев М.А. Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования / М.А. Баламирзоев, Э. М-Р. Мирзоев, А.М. Аджиев, К.Г. Муфараджев. – Махачкала: ГУ «Даг. книж. изд-во», 2008. – 336 с.
19. Барсукова В.С. Физиолого-генетические аспекты устойчивости растений к тяжелым металлам / В.С. Барсукова. - Новосибирск: ГПНТБ СОРАН, 1997. – 170 с.
20. Басов Ю.В., Басов А.Ю. Особенности аккумуляции тяжелых металлов гречихой в условиях техногенеза / Ю.В. Басов, А.Ю. Басов // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2010. –Т. 25. - № 4. – С. 39-43.

21. Баширов Р.Р., Магомедалиев З.Г. Содержание и характер распределения свинца в почвах предгорного Дагестана / Р.Р. Баширов, З.Г. Магомедалиев // Вестник ДНЦ. - № 51. - 2013. - С. 56-61.
22. Башмаков Д.И. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.16 / Д.И. Башмаков; Инстит. экол. прир. систем. – Нижний Новгород. - 2002. - 18 с.
23. Безель В.С. Экологическое нормирование антропогенных нагрузок. 1. Общие подходы. / В.С. Безель, Ф.В. Кряжимский, Н.Г. Семериков, Н.Г. Смирнов // Экология. - 1992. - С. 3-11.
24. Безель В.С. Химическое загрязнение среды: вынос химических элементов надземной фитомассой травянистой растительности / В.С. Безель, Т.В. Жуйкова // Экология. 2007. – № 4. - С. 259-267.
25. Безсонова В.П. Влияние тяжелых металлов на пигментную систему листка. Украинский ботанический журнал. - 1992. - Т.49. - 2. - С. 63-66.
26. Безуглова О.С. Биогеохимия. Учебник для студентов высших учебных заведений / О.С. Безуглова, Д.С. Орлов. - Ростов н / Д: «Феникс», 2000. – 320 с.
27. Берзиня А.Я. Загрязнение металлами растений в придорожных зонах автомагистралей. Загрязнение природной среды выбросами автотранспорта / А.Я. Берзиня. Рига: Зинатне, 1980. - С. 28-45.
28. Бойченко Е.А. Соединения металлов в эволюции растений в биосфере / Е.А. Бойченко // Изв. РАН СССР. Сер. биол. - 1976. 3. - С. 378-385.
29. Боев, В.М. Загрязнение свинцом некоторых объектов окружающей среды / В.М. Боев, С.И. Красиков, И.П. Воронкова, Л.А. Чеснокова, В.Н. Аверьянов, С.А. Кузьмин // Гигиена и санитария. - 2004. - № 1. - С. 25 -28.
30. Большаков В.А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами / В.А. Большаков, Н.Я. Гальпер, Г.А. Клименко, Т.И. Лычкина. - М.: Гидрометеоздат, 1978. – 51 с.

31. Бондарев Л.Т. Ландшафты, металлы и человек / Л.Т. Бондарев. - М.: Мысль, 1976. – 153 с.
32. Бондаренко Е.В., Дворников Г.П. Дорожно-транспортная экология Учебное пособие. / под. ред. А. А. Цыцур. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. - 113 с.
33. Блохин, Е.В. Характеристика эколого-геохимического состояния почв территории Оренбургской области / Е.В. Блохин, А.М. Русанов, Н.Н. Зенина // Гигиена и санитария. - 2002. - № 5. - С. 15-18.
34. Бускунова Г.Г. Экологические и биохимические особенности *Achillea nobilis* L. в условиях степной зоны Южного Урала: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.16 / Г.Г. Бускунова; инстит. экол. Волжского бассейна РАН. – Уфа. – 2009. – 23 с.
35. Важенин Е.А. Химические и минералогические исследования почв в окрестностях металлургических предприятий / Е.А. Важенин // Бюлл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. - 1983. - Вып. 35. - С. 32-35.
36. Вандышева В.И. Лекарственные растения Киргизии и перспективы их использования / В.И. Вандышева, А.А. Юсупова, П.К. Алимбаева. - Фрунзе, «Илим». - 1977.
37. Вайнерт Э. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем / Э. Вайнерт, Р. Вальтер, Т. Ветцель. - М., 1988. - С. 40-56.
38. Веригина К. В. Инструкция по определению тяжелых металлов и фтора химическими методами в почвах, растениях и водах при изучении загрязненности окружающей среды. Почв. ин-т им. В. В. Докучаева. – М., 1977. – 46 с.
39. Вернадский В.И. Биосфера / В.И. Вернадский.- М: Мысль, 1967. - 348 с.
40. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. 1. Значение биогеохимии для познания биосферы / В.И. Вернадский.- Л., 1934. – 47 с.
41. Вернадский В.И. Живое вещество / В.И. Вернадский.- М., 1978. - 358 с.
42. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов // Изд-во АН СССР, изд. 2.- М. - 1957. – 237 с.

43. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А.П. Виноградов // Геохимия, 1962. - № 7. – С. 555-571.
44. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой. Микроэлементы в жизни растений и животных / А.П. Виноградов.- М.; Л.: Наука, 1952. - С. 7-20.
45. Власюк П.А. Микроэлементы и радиоактивные изотопы в питании растений / П.А. Власюк. - Киев: Изд-во АН СССР, 1956. – 115 с.
46. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений / П.А. Власюк. – Киев: Наукова Думка, 1969. – 516 с.
47. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор) / Ю.Н. Водяницкий. – Почвоведение. – 2013. - № 7. - С. 872.
48. Второва В.Н. Изменчивость элементного состава у представителей родов *Populus*, *Lucium* и *Tamarix* на засоленных почвах / В.Н. Второва // Ботанический журнал. – 1993. - Т. 78. - 8. - С. 17-33.
49. Гайдаш Ю.К. Распределение тяжелых металлов в почвах лесных и агробиоценозов. Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы: Матер. 2 Всес. конф. Ч.1. 28-30 дек. 1987 / Ю.К. Гайдаш, А.И. Кораблева, Л.А.Овдиенко, В.А. Сыроватко, Т.М. Антоненко.-М.,1988. - С. 76-78.
50. Геохимия ландшафтов и география почв. Сб. изд. МГУ, М., 1982.
51. Гиреев Г.И. Содержание микроэлементов и витаминов в растениях пастбищ Дагестана / Г.И. Гиреев, Ш.К. Салихов, С.Г. Луганова // Растительные ресурсы. – Том 48. – Вып. 1. – 2012. – С. 99-110.
52. Гладков Е.А. Оценка комплексной фитотоксичности тяжелых металлов и определение ориентировочно допустимых концентраций для цинка и меди / Е.А. Гладков // Сельскохозяйственная биология. - № 6. – 2010. - С. 94-99.
53. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов / М.А. Глазовская. М.: МГУ, 1964. - 230 с.

54. Глазовская М.А. Проблемы аридного почвообразования и литогенеза в свете трудов И.П. Герасимова / М.А. Глазовская // Почвоведение. - 1985. - № 2. - С. 28–35.
55. Глазовская М.А. Биогеохимическая организованность экологического пространства в природных и антропогенных ландшафтах как критерий их устойчивости / М.А. Глазовская // Изв. РАН. Сер. географ. - 1992. 5. - С. 5-12.
56. ГН 2.1.7. 2041-06. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве. М., 2006.- 6 с.
57. ГН 2.1.7.2511-09. Гигиенические нормативы. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М., 2009.- 3с.
58. Говорина В.В. Содержание и распределение кадмия, свинца и никеля в растениях яровой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания и загрязнения тяжелыми металлами / В.В. Говорина, Н.Г. Ракипов, Кео Сонхиак Лин, Н.К. Федоренкова // Агрехимия. - 2007. № 3. - С. 61-67.
59. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды. Учебник для вузов / Л.Ф. Голдовская – М.: Мир, 2005. - 296 с.
60. Голов В.И. Микроэлементы в СССР / В.И. Голов, П.В. Елпатьевский, В.С. Аржанова. - 1986. – Вып. 28. – С. 69.
61. Голубятников В.Д. Геология и полезные ископаемые терригенных отложений Дагестана / В.Д.. Голубятников. - Госгеолиздат., Л., 1940. - М.- 202 с.
62. Голубятников В.Д. Геологическое строение Дагестана / В.Д. Голубятников // Тр. первой научной сессии. - Махачкала, 1947.
63. Гольдшмидт В.М. Принципы распределения химических элементов в минералах и породах. Сборник статей по геохимии редких элементов. ГОНТИ / В.М. Гольдшмидт. - 1937.
64. ГОСТ 174.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб, 1983. – 3 с.

65. ГОСТ 8.207. Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2006.
66. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартинформ, 2011. - 6 с.
67. ГОСТ 26929-86. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения токсичных элементов, 1986.
68. ГОСТ 26931-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди, 1986. – 15 с.
69. ГОСТ 26932-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца. М.: Стандартинформ, 2010. – 11 с.
70. ГОСТ 26933-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия. М.: Стандартинформ, 2010. – 12 с.
71. ГОСТ 29934-86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка. М.: Стандартинформ, 2010. – 9 с.
72. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991.-8 с.
73. ГОСТ Р ИСО 5725-5-6. Альтернативные методы определения прецизионности стандартного метода измерений. Использование значений точности на практике. М., Госстандарт России, 2002.
74. Гравель И.В. Содержание тяжелых металлов в некоторых видах лекарственных растений Алтайского края / И.В. Гравель, Г.П. Яковлев, Н.В. Петров, С.С. Стуловский, С.А. Листов // Растительные ресурсы, вып. 1-2. - 1994. - С. 101-108.
75. Гринкевич Н.И. Влияние геохимических факторов среды на накопление биологически активных веществ лекарственных растений: Автореф. докт. дис. М., 1975. - 370 с.
76. Гюль К.К. Физическая география Дагестанской АССР / К.К. Гюль, С.В. Власова. - Махачкала, 1959. - 250 с.

77. Дабахов М.В., Соловьев Г.А., Егорова В.С. Влияние агрохимических средств на подвижность Рb и Cd в светло-серой лесной почве и поступление их в растения // Агрохимия. - 1998. № 3. - С. 54-59.
78. Даваева Ц.Д. Изменение степени аккумуляции тяжелых металлов растениями сенокосов и пастбищ аридных территорий / Ц.Д. Даваева, О.С. Сангаджиева, Е.Н. Бамбаева, Л.Х. Сангаджиева // Материалы XIX Международной научной конференции с элементами научной школы молодых ученых «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России». – Махачкала. – 2017. С. 186-188.
79. Джура В.С. Распределение токсических и эссенциальных элементов в системе почва-растение на примере *Cichorium inthybus* L. / В.С. Джура, А.А. Машкова, А.З. Каримова, Р.С. Евдокимова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. -2013. - № 4 (42). - С. 214-215.
80. Дибирова А.П. Содержание молибдена, цинка, бора, йода в почвах равнинной территории Дагестана / А.П. Дибирова, З.Н. Ахмедова, Н.И. Рамазанова, П.Р. Хизроева // Почвоведение. - 2005. - № 8. – С. 968-973.
81. Дмитраков Л.М. Транслокация свинца в растения овса / Л.М. Дмитраков, Л.К. Дмитракова // Агрохимия. 2006. № 2. - С. 71-77.
82. Дмитриев С.В. Изучение влияния некоторых антропогенных факторов на качество сырья дикорастущих лекарственных растений: Автореф. канд. дис. М., 1991. - 22 с.
83. Добровольский В.В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы / В.В. Добровольский // Почвоведение. - 1997. - № 4. - С. 431-441.
84. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние / В.В. Добровольский. - М.: Мысль, 1983. – 272 с.
85. Добрынин Б.Ф. География Дагестанской АССР / Б.Ф. Добрынин. - Махачкала, 1926. - 130 с.
86. Докучаев В.В. К учению о зонах природы / В.В. Докучаев. - Соч. Т. 2. М., 1949. - С. 28-40.

87. Дончева А.В. Прогнозирование изменения природы горнометаллургическим производством / А.В. Дончева, В.Н. Калущков // Вестник МГУ. Сер. геогр., 1976. 5. - С. 65-72.
88. Дробышев Д.В. Геологическое строение Дагестанской АССР и ее полезные ископаемые / Д.В. Дробышев // Природные ресурсы Дагестанской АССР. М.-Л., 1935. – С. 13-31.
89. Дубина А.А. Уровень содержания марганца в почвах урбосистем индустриальных городов Степного Приднепровья / А.А. Дубина, Н.Н. Цветкова // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. - 2009. Вип. 17. – Т. 1. - С. 57-64.
90. Евдокимова Т.И. Методические указания по почвенному картографированию и полевым исследованиям почв / Т.И. Евдокимова. М.: Изд-во Моск. ун-та., 1988. - 40 с.
91. Елькина Г.Я. Поведение меди в системе почва-растение в условиях европейского северо-востока / Г.Я. Елькина // Агротехника. 2008. № 6. - С. 72-79.
92. Ельчининова О.А. Микроэлементы в наземных экосистемах Алтайской горной области: автореф. дис. д-ра с/х наук: 03.00.16. / Ольга Анатольевна Ельчининова; Новосиб. госуд. аграр. унив.- Барнаул, 2009. – 35 с.
93. Ефремов А.А. Влияние экологических факторов на химический состав некоторых дикорастущих растений Красноярского края / А.А. Ефремов, Н.В. Шаталина, Е. Н. Стрижева, Г.Г. Первышина // Химия растительного сырья. - 2002. - № 3. – С. 53-56.
94. Жемкова Л.Н. Содержание тяжелых металлов в органах растений. Проблемы использования, воспроизводства и охраны лесных ресурсов / Л.Н. Жемкова, З.В. Бирюкова, Т.С. Терехова, В.Л. Фоминых, В.И. Шабалова // Матер. Респ. науч.-практ. конф. Кн. 2, июнь 1989, Йошкар-Ола. - 1989. - С. 135-136.
95. Жизневская Г.Я. Медь, молибден и железо в азотном обмене бобовых растений / Г.Я. Жизневская. - М., 1972. - 335 с.

96. Жуйкова Т.В., Зиннатова Э.Р. Аккумулирующая способность растений в условиях техногенного загрязнения почв тяжелыми металлами / Т.В. Жуйкова, Э.Р. Зиннатова // Поволжский экологический журнал. – 2014. № 2. – С. 196-207.
97. Забашта Н.Н. О накоплении тяжелых металлов в цепи «почва-растение-животное» в условиях Краснодарского края / Н.Н. Забашта, Н.В. Кульпина, Н.Г. Ижевская // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. 2012. - Т. 1. - №1. -С. 97-104.
98. Закруткин В.Е. Геохимия ландшафта и техногенез. / В.Е. Закруткин Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. - 308 с.
99. Зитте П. Ботаника. Физиология растений: учебное пособие для вузов/ П. Зитте, Э.В. Вайлер, И.В. Кадерайт, А. Брезински, К. Кернер. - 35-е изд. - М.: Издат. центр «Академия», - 2008. - 489 с.
100. Зонн С.В. Опыт естественноисторического районирования Дагестана / Сельское хозяйство Дагестана // С.В. Зонн. - М.-Л.: Изд. АН СССР, 1946. - Т.2. - С. 141-165.
101. Зонн С.В. Вопросы преобразования почв Дагестана в связи с интенсификацией их использования / Биологическая продуктивность дельтовых экосистем Прикаспийской низменности Кавказа // С.В. Зонн. - Махачкала, 1978. - С. 13-18.
102. Зырин Н.Г. Формы соединений цинка в почвах и поступление его в растения / НГ. Зырин, В.И. Рерих, Ф.А. Тихомиров // Агрохимия. - 1976. - № 5. - С. 124-132.
103. Зырин Н.Г. Ванадий, хром, марганец, кобальт, никель, медь в почвах Дагестана. Микроэлементы и естественная радиоактивность почв / Н.Г. Зырин, Г.Д. Белицына. Изд-во Ростовского ун-та, 1962. – С. 35-38.
104. Зырин Н.Г. Микроэлементы в почвах СССР / Н. Г. Зырин, Г. Д. Белицына. М.: Изд-во МГУ, 1981.- 252 с.
105. Ивлев А.М. Биогеохимия / А.М. Ивлев.- М.: Высшая школа, 1986. - 126 с.

106. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды и пути их решения / Ю.А. Израэль. - Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 560 с.
107. Ильин В.Б. Биогеохимия и агрохимия микроэлементов в южной части Западной Сибири / В.Б. Ильин.- Новосибирск: Наука, 1973. - 389 с.
108. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В.Б. Ильин.- Новосибирск: Наука, 1991. – 150 с.
109. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в почвах Западной Сибири. Почвоведение. / В.Б. Ильин. - 1987. 11. - С.87-94.
110. Ильин В.Б. Оценка защитных возможностей системы почва-растение при модельном загрязнении почвы свинцом (по результатам вегетационных опытов) / В.Б. Ильин // Агрохимия. 2004. № 4. - С. 52-57.
111. Ильин В.Б. К оценке массопотока тяжелых металлов в системе почва - сельскохозяйственная культура // Агрохимия. 2006. № 3. - С. 52-59.
112. Ищенко В.И. Микроэлементы в витаминном сырье и витаминных препаратах: автореф. канд. дис / В.И. Ищенко. - Витебск, 1965. – 19 с.
113. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. - М.: Мир, 1989. - 439 с.
114. Кабата-Пендиас А. Фитоиндикация как инструмент для изучения окружающей среды / А. Кабата-Пендиас // Сибирский экологический журнал. 2. - 2001. С. 125-130.
115. Кадмий: Экологические аспекты. – Женева: ВОЗ, 1994. – 160 с.
116. Калинин Ю.А. Тяжелые металлы в почвах Кузбасса и экологические проблемы городов / Ю.А. Калинин // Концепция дальнейшего развития г. Кемерово, 1992. - С. 23-24.
117. Касимов Н.С. О геохимии почв / Н.С. Касимов // Почвоведение. - 1992. 2. - С. 9-26.
118. Касимов Н.С. Эколого-геохимическая оценка состояния древесной растительности в г. Улан-Батор (Монголия) / Н.С. Касимов, Н.Е. Кошелева, О.И. Сорокина, П.Д. Гунин, С.Н. Бажа, С. Энх-Амгалан // Аридные экосистемы. – 2011. – Т. 17. - № 4 (49). - С. 14-31.

119. Каталымов М.В. Микроэлементы и их роль в повышении урожайности / М.В. Каталымов; ред. К.Г. Виноградова; Госуд. научно-техн. изд-во хим. лит-ры. - 2-е изд. - М.: Госхимиздат, 1960. - 76 с.
120. Кашин В.К. Микроэлементный состав некоторых лекарственных растений Забайкалья / В.К. Кашин // Растительные ресурсы. 2010. – вып. 3. - С. 73-85.
121. Кветкина А.А. Распределение микроэлементов (В, Мп, Мо, Zn, Cu, V, Fe, Cr, Ni) в органах кукурузы в онтогенезе и влияние предшественников на их накопление: автореф. канд. дис. / А.А. Кветкина. - Алма-Ата, 1968. – 24 с.
122. Кикнавелидзе Т.А. Загрязнение почв тяжелыми металлами вокруг промышленных предприятий Восточной Грузии. Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы. Матер. 2 Всес. конф. Ч.1. 28-30 дек. / Т.А. Кикнавелидзе. - М., 1988. - С. 92-96.
123. Кист А.А. Феноменология биогеохимии и бионеорганической химии / А.А. Кист; отв. ред. А.А. Хайдарова. - Ташкент: Фан, 1987. - 236 с.
124. Клемпер А.В. Загрязнение лекарственного растительного сырья выбросами промышленных предприятий / А.В. Клемпер, С.А. Листов, Н.В. Петров, С.А. Стуловский, Г.П. Яковлев // Растительные ресурсы, вып. 4. - 1993. - С. 13-23.
125. Ковалевский А.Л. Основные закономерности формирования химического состава растений. Биогеохимия растений / А.Л. Ковалевский. - Улан-Удэ: Бурятское кн. изд-во, 1969. - С. 6-28.
126. Ковалевский А.Л. Биогеохимия растений / А.Л. Ковалевский. – М.: Наука, 1991. – 278 с.
127. Ковальский В.В. Биогеохимическая провинция Терско-Сулакско-Кумской низменности. Труды Биогеохимич. лаб. АН СССР. Т. II, 1960. - С. 19-25.
128. Ковальский В.В. Микроэлементы в растениях и кормах / В.В. Ковальский, Ю.И. Раецкая, Т.И. Грачева. - М., 1971. – 235 с.
129. Ковальский В.В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. - 281 с.
130. Ковальский В.В. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В.В. Ковальский, Г.А. Андрианова. -Изд-во «Наука». – М. – 1970. - 182 с.

131. Ковальский В.В. Проблемы биогеохимии микроэлементов и геохимической экологии. Избранные труды / В.В. Ковальский. – М.: Россельхозакадемия, 2009. - 357 с.
132. Ковда В.А. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В.А. Ковда, И.В. Якушевская, А.Н. Тюрюканов. - Изд-во МГУ, 1959. - 67 с.
133. Ковда В.А. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В.А. Ковда, Н.Г. Зырин. Изд-во МГУ. – 1973. – 283 с.
134. Кортиков В.Н. Справочник лекарственных растений / В.Н. Кортиков, А.В. Кортиков. - Ростов на Дону: Издат. дом «Проф-Пресс», 2002. - 800 с.
135. Корякина В.Ф. Микроэлементы на сенокосах и пастбищах / В.Ф.Корякина. - СПб.: изд-во «Колос», 1974. - 168 с.
136. Кривоносова Г.М. Техногенное загрязнение почв Донбасса выбросами предприятий черной и цветной металлургии. Агроэкологическая обстановка на сельскохозяйственных угодьях УССР и пути снижения загрязнения токсическими веществами / Г.М. Кривоносова, В.А. Джамиль, Л.П. Головина, М.Н. Лысенко. - Черкассы, 1989. - С. 38-39.
137. Кудряшова В.И. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими растениями: автореф. дис. канд. биол. Наук: 03.00.16 / В.И. Кудряшова; Инстит. фонд. проб. биол. РАН. - Саранск. - 2003. - 19 с.
138. Курбатова, А.И. Моделирование воздействия выбросов предприятий цветной металлургии на лесные биогеоценозы: автореф. дис. канд. биологич. Наук: 03.00.16 / А.И. Курбатова. М. - 2006. - 27 с.
139. Лайдинен Г.Ф. Состояние травянистой растительности в условиях промышленного загрязнения (на примере Южной Карелии) / Г.Ф. Лайдинен, Н.М. Казнина, Ю.В. Батова, А.Ф. Титов // Растительные ресурсы. - Т. 47. Вып. 4. - 2011. – С. 50-61.
140. Леванидов Л.Я. Марганец как микроэлемент в связи с биохимией и свойствами таннидов / Л.Я. Леванидов, С.Т. Давыдов. - Челябинск: Кн. изд-во, 1961. – 156 с.

141. Лепехина А.А. Флора Дагестана и ее охрана / А.А. Лепехина. Махачкала, 1988. - 80 с.
142. Лещихин М.И. Ресурсы дикорастущих лекарственных растений поймы реки Васюгана и изучение содержание микроэлементов в сырье и препаратах: автореф. канд. дис. / М.И. Лещихин. - Томск, 1969.
143. Листов С.А. Антропогенные воздействия на лекарственные растения / С.А. Листов, А.В. Чуппин, А.П. Арзамасцев. - М., 1990. - 106 с.
144. Лукин С.В. Мониторинг содержания тяжелых металлов в почвах и сельскохозяйственных растениях / С.В. Лукин, А.В. Малыгин, Н.С. Четверикова // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 2011. № 7 (79) – С. 87-92.
145. Малюга Д.П. К вопросу о содержании кобальта, никеля и меди в почвах / Д.П. Малюга. Доклады АН СССР, 1944. - Т. 43. - №5. – С. 216-220.
146. Маймулов В.Г. Основы системного анализа в эколого-гигиенических исследованиях / В.Г. Маймулов, С.В. Нагорный, А.В. Шабров. - СПб: СПб ГМА им. И.И. Мечникова. - 2000. - 342 с.
147. Махлаюк В.П. Лекарственные растения в народной медицине / В.П. Махлаюк. - М.: Нива России, 1992. - 477 с.
148. Меженский В.Н. Растения-индикаторы / В.Н. Меженский. Изд-во АСТ, Сталкер. - 2004. – 80 с.
149. Минкина Т.М. Транслокация цинка и свинца на техногенно загрязненной почве / Т.М. Минкина // Вестник Южного научного центра РАН. Том 2. № 4. 2006. - С. 60-66.
150. Минкина Т.М. Тяжелые металлы в почвах и растениях г. Новочеркаска / Т.М. Минкина, Н.С. Скуратов, Л.М. Докучаева // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естественные науки. 2001. № 3. - С.68-71.
151. Минкина Т.М. Барьерные функции системы почва-растение / Т.М. Минкина, Г.В. Мотузова, Г.В. Манджиева // Вест. Моск. Ун-та. Сер. Почвоведение. 2008 а. № 4. - С. 10-16.

152. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г., Крыщенко В.С., Самохин А.П., Манджиева С.С. Накопление тяжелых металлов растениями ячменя на черноземе и каштановой почве // *Агрохимия*. 2009. № 10. - С. 53-63.
153. Минкина Т.М. Влияние аэротехногенных выбросов на содержание тяжелых металлов в травянистых растениях Нижнего Дона / Т.М. Минкина, С.С. Манджиева, В.А. Чаплыгин, Г.В. Мотузова, М.В. Бурачевская, Т.В. Бауэр, С.Н. Сушкова, Д.Г. Невидомская // *Почвоведение*. – 2017. - № 6. – С. 759-768.
154. Мишин П.Я. Динамика содержания меди и цинка в яровой пшенице по фазам развития / П.Я. Мишин // *Агрохимия*. - 1967. - 2. - С.62-66.
155. Мотузова Г.В. Экологический мониторинг / Г.В. Мотузова, О.С. Безуглова. – М.: Академ. проект, Гаудеамус, 2007. – 237 с.
156. Мудрый И.В. Тяжелые металлы в системе почва-растение-человек // *Гигиена и санитария*. - 1997. - № 2. - С. 11–13.
157. Мякушко Т. Я., Определитель лекарственных растений Украины / Т. Я. Мякушко, Т.В. Зинченко. - Справочное пособие - Киев: Наукова думка, 1982. - 124 с.
158. Научно-производственное предприятие «Эконикс-Эксперт». Сборник методик выполнения измерений концентрации ионов тяжелых металлов. - М. - 2004. – 70 с.
159. Национальный план действий по охране окружающей среды Российской Федерации на 1999-2001 гг. (одобрен правительством РФ 12.11.1998). Разработан Госкомэкологией РФ.
160. Немерешина О.Н. К вопросу о содержании микроэлементов в сырье перспективных видов лекарственных растений Южного Предуралья / О.Н. Немерешина, Н.Ф. Гусев // *Вестник ОГУ*, №12, дек.- 2006.- С. 167-168.
161. Немерешина О.Н. Некоторые аспекты адаптации *Polygonum aviculare* L. к загрязнению почвы тяжелыми металлами / О.Н. Немерешина, Н.Ф. Гусев, Г.В. Петрова, А.А. Шайхутдинова // *Известия ОГАУ*. - 2012. Т. 33. - № 1. - С. 230-234.

162. Нестерова А.Н. Изменение организации меристемы главных корней проростков кукурузы при действии некоторых тяжелых металлов. *Соврем. пробл. экол. анатомии раст.* / А.Н. Нестерова. Матер. 2 Всес. совещ. 10-16 сент., 1990, Владивосток, 1991. - С. 109-111.
163. Никитин Д.П. *Окружающая среда и человек* / Д.П. Никитин, Ю.В. Новиков. - М.: Высшая школа, 1980. - 424 с.
164. Ниязов А.Х. Содержание и характер распределения свинца и ртути в некоторых почвенных типах Малого Кавказа Азербайджанской ССР. Матер. респ. почвен. - агрохим. совещ. / А.Х. Ниязов, А.С. Мамедов, С.Г. Гасанов, А.П. Мамедов. - Баку, 1990. - С. 222.
165. Новиков В.С. Популярный атлас-определитель. Дикорастущие растения / В.С. Новиков, И.А. Губанов. - 2-е изд., стереотип. - М.: Дрофа, 2004. - 416 с.
166. Ноздрюхина Л.Р. Нарушение микроэлементного обмена и пути его коррекции / Л.Р. Ноздрюхина, Н.И. Гринкевич. - М.: Наука, 1980. - 280 с.
167. Обухов А.И. Тяжелые металлы в почвах и растениях Москвы. Экол.-исслед. в Москве и Моск. обл.: Матер. науч.-практ. конф. 6-7 апр. / А.И. Обухов, И.О. Плеханова, Ю.Д. Кутукова, Е.В. Афолина. - М., 1990. - С. 148-161.
168. Орлов Д.С. Химическое загрязнение почв и их охрана / Д.С. Орлов, М.С. Малинина, Г.В. Мотузова, Л.К. Садовникова. - М., Агропромиздат, 1991. - 303 с.
169. Османова Р.Р. Содержание кобальта в растениях пастбищ Ногайской степи / Р.Р. Османова, М.К. Курамагомедов. - В сб. Микроэлементы в растениях равнинной зоны Дагестана. Махачкала, 1982. - С. 58-64.
170. ОСТ 10-221-98. Почвы, грунты, удобрения, сельскохозяйственная и пищевая продукция. Минерализация проб в аналитическом автоклаве НПВФ «Анкон-АТ-2» для определения ртути, свинца, кадмия, мышьяка, меди, цинка, железа, олова, марганца, хрома, никеля, селена, теллура, таллия и бериллия. Минсельхозпрод России, 1998.

171. Павлов Б.К. Оценка уровней техногенного накопления тяжелых металлов компонентами растительности лесных экосистем, существенно различающихся геохимическим фоном. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем / Б.К. Павлов, Е.И. Грошева, А.М. Бейм // Т.12. - 1989. - С. 204-210.
172. Петрунина Н.С. Индикационное значение ивы при выявлении кадмиевых аномалии / Н.С. Петрунина, А.П. Дегтярев, В.В. Ермаков // Развитие идей континентальной биогеохимии и геохимической экологии: Материалы VI-XII Биогеохимических чтений, посвященных памяти В.В. Ковальского. М: ГЕОХИ РАН, 2010. С. 200-205.
173. Перельман А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман. 2-е изд., перераб. и доп. - М: Высшая школа, 1975. - 342 с.
174. Перельман А.И. Изучая геохимию. Серия «Наука и технический прогресс», О методологии науки / А.И. Перельман – М.: Наука, 1987. - 152 с.
175. Пейве Я.В. Микроэлементы и биологическая фиксация атмосферного азота / Я.В. Пейве // Тимиряз. чтен. 31. - М., 1971. - С. 53-62.
176. Плеханова И.О. Содержание тяжелых металлов в почвах парков г. Москвы / И.О. Плеханова // Почвоведение. - 2000. - № 6. - С.754-759.
177. Плеханова И.О. Влияние осадка сточных вод и мелиорантов на фракционный состав тяжелых металлов в супесчаных дерново-подзолистых почвах / И.О. Плеханова, О.В. Кленова, Ю.Д. Кутукова // Почвоведение, 2001. №4. С. 496-503.
178. Полевой В.В. Физиология растений / В.В. Полевой. - М.: Высшая школа, 1989. - 464 с.
179. Попов А.И. Элементный состав надземной части *Achillea millefolium* L. / А.И. Попов // Растительные ресурсы. – 1993. - Вып. 3. – С. 100-105.
180. Попов А.И. Влияние почвы на элементный состав *Achillea millefolium* L. / А.И. Попов // Растительные ресурсы. - 1994. - Т. 30. - С. 108-120.

181. Попов А. И. Фронтальный элементный анализ травы тысячелистника / А. И. Попов, В. А. Попков // Хим.-фарм. журн. – 1992б. – Т. 26. – № 9–10. – С. 96–97.
182. Попов А. И. Изучение элементного состава душицы обыкновенной / А. И. Попов, В. А. Попков // Фармация. – 1992а. – Т. 41. – № 3. – С. 41-43.
183. Попов А.И. Элементный состав лекарственного сбора для лечения гипертонической болезни / А.И. Попов // Растительные ресурсы. 1995. – вып. 1. - С. 67-71.
184. Попович Л.П. Экологические проблемы почвоведения. Основные направления получения экол. чист. продукции растениеводства / Л.П. Попович: Тез. докл. Респ. науч-производст. конф., 13-15 апр. 1992. - Горки, 1992. - С. 116.
185. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / Под ред. Д.С. Орлова и В.Д. Васильевской. – М.: Изд-во МГУ, 1994. - 272 с.
186. Правила сбора и сушки лекарственных растений (сборник инструкций) / Под ред. А.И. Шретера. – М, 1985. – 328 с.
187. Практикум по агрохимии. Учебное пособие. – 2 изд., перераб. и доп. / под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. - 689 с.
188. Просвинова Л.В. Влияние марганца на накопление танинов и алкалоидов в некоторых нимфейных: автореф. канд. дис. / Л.В. Просвинова. - Свердловск, 1968.
189. Разумов В.А. Справочник лаборанта-химика по анализу кормов / В.А. Разумов. - М.: Россельхозиздат, 1986. - 303 с.
190. Растения в экстремальных условиях минерального питания. Под ред. М.Я. Школьника и Н.В. Алексеевой-Поповой.- Л.: Наука, 1983. – 177 с.
191. Растительные ресурсы СССР «Цветковые растения, их химический состав, использование». Наука, 1991. - Т. 6. – СПб. - 200 с.
192. РД 52.18.191-90. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. М., 1990.

193. Ребров В.Г. Витамины, макро- и микроэлементы. / В.Г. Ребров, О.А. Громова. - М.: ГЭОТАР - Медиа, 2008. - 960 с.
194. Реутова Т.В. Фоновые концентрации тяжелых металлов и неорганических соединений азота в почвах основных экосистем Центрального Кавказа / Т.В. Реутова, Т.И. Воробьева, Л.З. Жинжакова // VII Межд. конференция «Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений». – Владикавказ, 2010. – С. 1-4.
195. Ровенская Л.И. Накопление тяжелых металлов в листьях растений и в почве г. Алма-Аты / Л.И. Ровенская // Пром. ботан.: Состояние и перспективы развития: Тез. докл. Респ. науч. конф., Донецк. Киев, 1990. - С. 143.
196. Романе Э.Я. Бюл. лат. фармацевтов / Э.Я. Романе.- Рига, 1989. - С. 24-38.
197. Романе Э.Я. Загрязнение лекарственного растительного сырья в зонах влияния автотранспорта (на примере Ленинградской области): Автореф. канд. дис. Л., 1987. - 22 с.
198. Рубилин Е.В. Микроэлементы в почвах Северного Кавказа / Е.В. Рубилин. - Изд-во Ленинградского ун-та, 1968. – 55 с.
199. Рэуце К. Борьба с загрязнением почвы / К. Рэуце, С. Кырстя. - М.: Агропромиздат, 1986. – 221 с.
200. Савицкене Н. Содержание тяжелых металлов в лекарственных растениях из разных придорожных зон в Литве / Н. Савицкене, Я.А. Вайчюнене, А.А. Пясяцкене, С.П. Риспелис, Х. Абрахманов, А.Б. Савицкас // Растительные ресурсы, вып. 4., 1993.- С. 23-30.
201. Садовникова Л.К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении; Учеб. пособие / Л.К. Садовникова, Д.С. Орлов, И.Н. Лозановская. 3-е изд., перераб. - М.: Высш. шк., 2006. - 334 с.
202. Салманов А.Б. Марганец в растительности зимних пастбищ Дагестана / А.Б. Салманов, З.Г. Магомедалиев, А.А. Рябицева // Микроэлементы в растениях равнинной зоны Дагестана; под ред. А.Б. Салманова. – Махачкала, 1982. – С. 36-44.

203. Самохвалов С.Г. Методические указания по определению микроэлементов в кормах и растениях / С.Г. Самохвалов, О.И. Лакалина, А.А. Титова, Н.А. Целикова; под ред. Л.М. Державина. – М.: ЦИНАО, 1973. - 38 с.
204. Санитарные правила и нормы. Издание 3-е с изменениями и дополнениями. - М.: изд-во «Приор», 2002. - 464 с.
205. Семенова В.В. Накопление тяжелых металлов в почвах и растениях придорожных зон / Междунар. науч. конф. «Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности юга России: инновационные технологии для сохранения биоресурсов, плодородия почв, мелиорации и водообеспечения», г. Ростов-на-Дону. 27-30 сентября 2011 г. – С. 245-247.
206. Серегин И.В. Способность к накоплению никеля и цинка и устойчивость к ним исключателя *Thlaspi arvense* и гипераккумулятора *Nocca caerulea* / И.В. Серегин, Н.Т. Эрлих, А.Д. Кожевникова // Физиология растений. – 2014. – Т. 61. - № 2. С. 224.
207. Сибгатуллина М.Ш. Видовые особенности и эдафические факторы накопления тяжелых металлов лекарственными растениями пригородной зоны г. Казани / М.Ш. Сибгатуллина // Третья междунар. научно-техн. конф. «Экология и безоп. жизнед. промышленно-транспортных комплексов ЕРit 2007». - Тольятти, 2007. - С. 271-276.
208. Скальный, А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. - М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир. - 2004. - 272 с.
209. Скарлыгина-Уфимцева М.Д. Техногенное загрязнение растений тяжелыми металлами и его эколого-биологический эффект. Тяжелые металлы в окружающей среде / М.Д. Скарлыгина-Уфимцева. М., 1980. - С. 85-88.
210. Смирнова В.В. Микроэлементы в фармакологии наперстянки: автореф. канд. дис. / В.В. Смирнова. - Рязань, 1968. – 17 с.
211. Соборникова И.Г. Химическое и радиоактивное загрязнение почв / И.Г.Соборникова, В.Ф.Вальков // Охрана почв. Ростов н/Д., 1983. - С. 109 - 124.

212. Стрекалова А.С. Обоснование технологии сбора лекарственных растений в условиях современной экологической ситуации (на примере Волгоградской области): автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.16 / А.С. Стрекалова; ГОУ ВПО. - Волгоград. - 2007. – 21 с.
213. Степанок В.В. Влияние сочетания соединений тяжелых металлов на урожай сельскохозяйственных культур и поступление тяжелых металлов в растения / В.В. Степанок // Агрехимия. 2000, №1. - С.74-80.
214. Тихомирова В.Я. Влияние агрохимических средств на содержание химических элементов в растениеводческой продукции // Агрехимия. 2003. № 12. - С. 66-71.
215. Толоконцев Н.А. Обеспечение необходимого качества природной среды города - междисциплинарная проблема / Н.А. Толоконцев, Д.Н. Толоконцев // Проблемы качества городской среды - сборник научных трудов - Отв. ред. д.г.н Лаппо Г.М.-М.: Наука, 1989. - 70-81 с.
216. Трубецкой О.А. Влияние тяжелых металлов на величину электрокинетического потенциала илистой фракции серой лесной почвы / О.А. Трубецкой, Б.Н. Золотарева, В. Странд, М. Хайнос, Л. Холиш // Агрехимия. - 1992. 1. - С. 80-83.
217. Тукманова Н.Г. Фармакогностическое изучение представителей семейства Вересковых Западной Сибири: автореф. канд. дис. / Н.Г. Тукманова. - Пятигорск, 1988. – 22 с.
218. Турков В.Д. Биологическая оценка мутагенной активности техногенной пыли и почвы по хромосомным нарушениям в клетках растений. Загрязнение среды / В.Д. Турков, Г.А. Шелепина. - М.,1980. - С. 43-45.
219. Тяжелые металлы в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1980. – 132 с.
220. Унифицированные методы мониторинга фонового загрязнения природной среды, М.: Гидрометеиздат, 1986. – 182 с.
221. Флора СССР, Т. XXVI / ред. XXVI тома Б.К. Шишкин, Е.Г. Бобров. - М., Л.: изд-во Академии наук СССР, 1961. - 938 с.

222. Фортескью Дж. Геохимия окружающей среды / Дж. Фортескью. - М.: Прогресс, 1985. – 360 с.
223. Хала В.Г. Оценка системы почва-растение по содержанию и транслокации тяжелых металлов / В.Г. Хала, В.С. Артемьев, В.И. Мешков // Агрохимический вестник. 2002. №1. - С. 74-80.
224. Хизроева П.Р. Содержание подвижного цинка в почвах Ногайской степи Дагестана / П.Р. Хизроева. - В сб.: Микроэлементы в почвах Терско-Кумской низменности. Махачкала, 1981. - С. 112-125.
225. Хохлова Т.И. Содержание и распределение микроэлементов в почвах Кузнецкой лесостепи / Т.И. Хохлова // Почвоведение. - 1967. - № 1. - С.59-66.
226. Цветкова Н.Н. Особенности распределения тяжелых металлов в почвах лесных биогеоценозов лесной зоны / Н.Н. Цветкова, А.А. Дубина // Тез. докл. 8 Всес. съезда почвоведов. 14-18 авг., Новосибирск, 1989. – С. 185.
227. Церлинг В.В. О методике сбора растительного материала для диагностики микроэлементного состава / В.В. Церлинг // Бюлл. Почв. ин-та ВАСХНИЛ, 1980. № 24. - С. 7 - 8.
228. Цинк и кадмий в окружающей среде / Алексеенко В.А., Алешукин Л.В., Беспалько Л.Е. и др. – М.: Наука, 1992. – 199 с.
229. Чернавина И.А. Физиология и биохимия микроэлементов / И.А. Чернавина. - М.: Высшая школа, 1970. - 309 с.
230. Черных Н.А. Закономерности поведения тяжелых металлов в системе почва-растение при различной антропогенной нагрузке: автореф. дис. докт. биол. наук: 06.01.04 / Н.А. Черных. – М., 1996. – 39 с.
231. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений. Учеб. Пособие / Т.В. Чиркова. - СПб: С.-Петербург. ун-та. 2002. - 244 с.
232. Чумаков А.В. Определение недостатка питательных веществ у растений / А.В. Чумаков // Микроэлементы в СССР. 1980. - Вып. 21. - С. 56–58.
233. Шаркова С.Ю. Экологическое состояние природных и техногенных экосистем Среднего Поволжья и их реабилитация: автореф. дис. д-ра биол. наук / С.Ю. Шаркова; Моск. гос. унив. природ.. – М. - 2009. – 40 с.

234. Шиханов Н.С. О фоновом содержании некоторых микроэлементов в растениях на территории Кировской области. Рациональное использование и охрана лугов Урала / Н.С. Шиханов, И.Г. Юлушев. - Пермь, 1984. - С.127-131.
235. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. / М.Я. Школьник. - СПб.: изд-во «Наука», Ленингр. отделение, 1974. - 324 с.
236. Щербинина Е.Ф. Фармакогностическое изучение синюхи голубой флоры Западной Сибири: автореф. дис. канд. фарм. наук / Е.Ф. Щербинина, Пятигорск, 1990. — 24 с.
237. Ягодин Б.А. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков; под ред. Б.А. Ягодина. - М.: Агропромиздат, 1987. - 512 с.
238. Adriano D.C. Trace Elements in Terrestrial Environment: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals / D.C. Adriano, C. Adriano Domy, D. C. Adriano The. Book Description: Springer-Verlag New York Inc., United States, 2001. – 867 p.
239. Alloway B.J. The behaviour and availability of Cd, Ni, and Pb in polluted soils / B.J. Alloway, H. Morgan // Contaminated Soil. Proc. 1-st Intern. TNO Conf. on Contaminated Soil. Utrecht. The Netherlands, 1985. Dordrecht, Boston, Lancaster Martinus Nijhof Publishers, 1986. - P. 101-113.
240. Al-Farraj AS. Assessment and heavy metal behaviors of industrial waste water: A case study of Riyadh city, Saudi Arabia / AS. Al-Farraj, M. Al-Sewailem, A. Aly // Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences. - 2013. - Vol. 3. - № 3. - P. 266-277.
241. Beckett KP. Particulate pollution capture by urban trees: Effect of species and wind speed / KP. Beckett, PH. Freer-Smith, G. Taylor // Global Change Biology. - 2000. – Vol. 6. - P. 995-1003.
242. Baker D.E. Chemical monitoring of soils for environmental quality and animal and human health / D.E. Baker // Advanc. Agron. - 1975. - Vol. 27. - P. 305-375.
243. Baker A.J. Metal tolerance / A.J. Baker // New Phytol. - 1987. - Vol. 106. 1. - P. 93-111.

244. Benes S. Geochemie pud vzniklych na metamorfovanych horninach Sb. / S. Benes, J. Benesovs // VSZ Praze. A. - 1992. - T.54. - S. 99-105.
245. Bowen H.J.M. Trace elements in biochemistry / H.J.M. Bowen. – London - New York: Academic Press, 1966. - 241 p.
246. Dahmani-Muller H. Strategies of heavy metal uptake by three plant species growing near a metal smelter / H. Dahmani-Muller, F. Van Oort, B. Gelie, M. Balabane // Environmental Pollution. - 2000. - Vol. 109. - P. 231-238.
247. Fernandes J.C. Biochemical, physiological, and structural effect of excess copper in plants / J.C. Fernandes, F.S. Henriques // The Botanical Rev. - 1991. -Vol. 57. - № 3. - P. 246-273.
248. Foy C.D. The physiology of metal toxicity in plants / C.D. Foy, R.L. Chaney, M.C. White // Ann Rev. Plant. Physiol. - 1978. - Vol. 29. 4. - P. 511-566.
249. Fritz D. Schwermetallgehalte in einigen Gem(searten Landwirtschaftliche Forschung / D. Fritz, M. Foroughi, F. Venter. - 1976. S.-H. 33. - S. 335-345.
250. Godzik B. Accumulation of heavy metals in *Biscutella laevigata* (Cruciferae) as a function of their concentration in substrate / B. Godzik // Pol. Bot. Stud. -1991. - Vol. 2. - P. 241-246.
251. Grill E. Phytochelatins: the principal heavy-metal complexing peptides of higher plants / Grill E., E.-L. Winnacker, M.H. Zenk // Science. - 1985. - Vol. 230. 4726. - P. 674-676.
252. Keller J. Road dust as an indicator for air pollution transport and deposition: An application of SPOT imagery / J. Keller, R. Lamprecht // Remote Sensing of Environment. - 1995. - Vol. 54. - P. 1-12.
253. Kirkham M. B. Trace Elements in Soil: Bioavailability, Flux, and Transfer / M. B. Kirkham, I.K. Iskandar. Hardcover, CRC Press, 2001. – 304 p.
254. Liphadzi MS. Heavy-metal displacement in chelate - treated soil with sludge during phytoremediation / MS. Liphadzi, MB. Kirkham // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. - 2006. - Vol. 169(6). - P. 737-744.
255. Mitchell R.L. Trace elements. Chemistry of the soil / R.L. Mitchell. N.Y.1955. – 325 p.

256. Monni S. Ecophysiological responses of *Empetrum nigrum* to heavy metal pollution / S. Monni, C. Uhlig, E. Hansen E. Magel // *Environmental Pollution*. - 2001. - Vol. 112. - P. 121-129.
257. Pietrini F. Interaction of cadmium with glutathione and photosynthesis in developing leaves and chloroplasts of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel. / F. Pietrini, M. A. Iannelli, S. Pasqualini, A. Massacci // *Plant Physiology*. - 2003. - Vol. 133 (2). - P. 829–837.
258. Prasad M.N.V. *Metals in the Environment – Analysis by biodiversity* / M.N.V. Prasad. Marcel Dekker Inc. New York. 2001. – 504 p.
259. Prajapati SK. Biomonitoring and speciation of road dust for heavy metals using *Calotropis procera* and *Delbergia sissoo* / SK. Prajapati // *Environmental Skeptics and Critics*. - 2012. - Vol. 1. № 4. - P. 61-64.
260. Rorison J.H. The response of plants to acid soils / J.H. Rorison // *Experientia*. - 1986. - Vol. 42. 4. - P. 357-362.
261. Schileher H., Peters H. Empfehlung von Richt- und Grenzwerten für den maximalen Blei- und Cadmium-Gehalt von Arzneidrogen und daraus hergestellter pharmazeutischer Zubereitungen / H. Schileher, H. Peters // *Pharm. Ind.* 1990. - Vol. 52. - № 7. - P. 916- 921.
262. Schnetzer H.L. Auswirkung von Kl(rchlamm compost auf den Schwermetallgehalt von Futterpflanzen im Gefa(versuch Landwirtschaftliche Forschung / H.L. Schnetzer, A. Chetelat, J.-M. Besson. - 1980. - S.-H. 39. - S. 342-351.
263. Schumann L.M. Zinc, manganese and copper in soil fractions / L.M. Schumann // *Soil Sci.* - 1979. - Vol. 127. - № 1. - P. 10-17.
264. Sevljanski R. Heavy metal content in medicinal and spice plants cultivated in Yugoslavia / R. Sevljanski, S. Lazic, V. Macka, S. Obradovic // *Herba hung.* -1990. - № 3. - P. 59-63.
265. Smilde K.W. Heavy metal accumulation in crops grown of sewage sludge amended with soils / K.W. Smilde // *Plant and soil*. - 1981. Vol. 62. P. 3-14.

266. Zhang WJ. Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus / WJ. Zhang, FB. Jiang, JF. Ou // Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences. - 2011 - Vol. 1 - №2 - P. 125-144.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1 - Содержание тяжелых металлов в природных почвах низменной зоны, мг/кг сухого вещества

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Каштановая карбонатная среднесуглинистая											
12.Карабудах- кентский р-он, с. Манаскент 29	Валовое	2,5	7,4	16900	201,0	15,0	15,0	2,60	9,40	10,0	1,00
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$			<u>4,20</u>	<u>76,0</u>	<u>0,62</u>	<u>0,46</u>	<u>0,18</u>	<u>0,19</u>	<u>0,18</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)			0,02 (0,4)	37,8 (76,0)	4,1 (5,0)	3,1 (23,8)	6,9 (50,0)	2,0 (6,5)	1,8 (3,3)	1,0 (20,0)
	Hc (1 М HCl)			1088	100,0	12,0	2,10	0,23	2,90	5,50	0,05
	Пс			15810	101,0	3,0	12,90	2,37	6,50	4,50	0,95
	Hc/Пс			6/94	50/50	80/20	14/86	9/91	31/69	55/45	5/95
42. Кумтор- калинский р- он, с. Коркмаскала 52	Валовое	3,3	7,8	25600	420,0	30,0	11,0	4,10	16,0	9,0	1,10
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$			<u>9,0</u>	<u>98,0</u>	<u>0,75</u>	<u>0,90</u>	<u>0,85</u>	<u>0,10</u>	<u>0,12</u>	<u>0,02</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)			0,03 (0,5)	23,3 (37,7)	2,5 (8,6)	8,2 (26,5)	20,7 (88,5)	0,6 (4,0)	1,3 (2,4)	1,8 (20,0)
	Hc (1 М HCl)			1700	260,0	8,70	3,40	0,96	2,50	5,0	0,12
	Пс			23900	160,0	21,30	7,60	3,14	13,50	4,0	0,98
	Hc/Пс			7/93	76/24	29/71	31/69	23/77	16/84	56/44	11/89

Продолжение таблицы 1

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая											
47. Кизилюр- товский р-он, с. Стальское 29	Валовое	4,5	7,7	25800	420,0	45,0	8,50	5,30	13,0	15,0	0,60
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)			<u>2,70</u> 0,01 (0,1)	<u>115,0</u> 27,4 (41,0)	<u>0,75</u> 1,6 (8,3)	<u>0,52</u> 6,1 (19,2)	<u>0,06</u> 1,1 (5,5)	<u>0,05</u> 0,4 (1,6)	<u>0,32</u> 2,1 (7,1)	<u>0,02</u> 3,3 (20,0)
	Hc (1 М HCl)			2500	280,0	9,0	2,70	1,10	3,10	4,50	0,10
	Пс			23300	140,0	36,0	5,80	4,20	9,90	10,50	0,49
	Hc/Пс			10/90	67/33	20/80	32/68	21/79	24/76	30/70	18/82
Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая											
48. Хасавюр- товский р-он, с. Тотурбийка- ла. 160	Валовое	5,3	7,9	25700	400,0	25,0	13,0	4,0	13,0	13,0	0,70
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)			<u>5,50</u> 0,02 (0,2)	<u>100,0</u> 25,0 (50,0)	<u>0,7</u> 2,8 (7,7)	<u>0,40</u> 3,1 (13,8)	<u>0,30</u> 7,5 (25,0)	<u>0,20</u> 1,5 (6,9)	<u>0,40</u> 3,1 (9,3)	<u>0,02</u> 2,8 (15,4)
	Hc (1 М HCl)			2350	200,0	9,0	2,90	1,20	2,90	4,30	0,13
	Пс			23350	200,0	16,0	10,10	2,80	10,10	8,70	0,57
	Hc/Пс			9/91	50/50	36/64	22/78	30/70	22/78	33/67	19/81

Продолжение таблицы 1

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая											
49. Карабу- дахкентский р-он, с. Манаскент 29	Валовое	7,5	8,0	26500	400,0	22,0	40,0	2,50	9,0	8,0	0,30
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$			<u>4,30</u>	<u>100,0</u>	<u>0,70</u>	<u>0,70</u>	<u>0,10</u>	<u>0,20</u>	<u>0,30</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)			0,02 (0,41)	25,0 (40,0)	3,2 (8,7)	1,7 (7,0)	4,0 (8,30)	2,20 (13,3)	3,75 (10,0)	3,30 (10,0)
	Нс (1 М HCl)			1050	250,0	8,0	10,0	1,20	1,50	3,0	0,10
	Пс			25450	150,0	14,0	30,0	1,30	7,50	5,0	0,20
Нс/Пс			4/96	62/38	36/64	25/75	48/52	17/83	38/62	33/67	

Примечание к табл. 1-3. Нс – непрочносвязанные (кислоторастворимые формы), Пс – прочносвязанные формы элементов.

Таблица 2 - Содержание тяжелых металлов в природных почвах предгорной зоны, мг/кг сухого вещества

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Горно-луговая карбонатная среднесуглинистая											
16.Сергока- линский, с. Серго- кала 519	Валовое	5,6	7,6	16300	350,0	29,0	8,40	5,0	16,0	18,0	0,80
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$			<u>3,40</u>	<u>240,0</u>	<u>0,05</u>	<u>0,05</u>	<u>0,09</u>	<u>0,02</u>	<u>0,35</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)			0,02 (0,2)	68,6 (82,7)	0,2 (0,3)	0,6 (3,8)	1,8 (10,2)	0,1 (4,3)	1,9 (6,9)	1,2 (20,0)
	Hc (1 М HCl)			1610,0	290,0	18,0	1,30	0,88	0,46	5,10	0,05
	Пс			14690	60,0	11,0	7,10	4,12	15,54	12,90	0,75
	Hc/Пс			10/90	83/17	62/38	16/84	18/82	3/97	28/72	6/94
17.Сергока- линский, с. Мюрего 531	Валовое	5,4	7,5	16100	345,0	28,0	8,20	4,0	15,0	16,0	0,70
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$			<u>3,10</u>	<u>233,0</u>	<u>0,03</u>	<u>0,04</u>	<u>0,07</u>	<u>0,02</u>	<u>0,28</u>	<u>0,02</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)			0,02 (0,2)	67,5 (84,7)	0,1 (0,2)	0,5 (2,0)	1,7 (8,2)	0,1 (1,5)	1,7 (6,5)	2,8 (33,3)
	Hc (1 М HCl)			1588,0	275,0	16,40	2,0	0,85	1,32	4,30	0,06
	Пс			14510	70,0	11,60	6,20	3,15	13,68	11,70	0,64
	Hc/Пс			10/90	80/20	59/41	24/76	21/79	9/91	27/73	9/91

Продолжение таблицы 2

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Горно-луговая карбонатная среднесуглинистая											
50. Буйнак- ский р-он, с. Эрпели 840	Валовое	7,0	7,7	20000	370,0	55,0	9,50	3,30	42,0	11,0	0,60
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$			<u>12,0</u>	<u>250,0</u>	<u>0,50</u>	<u>0,40</u>	<u>0,30</u>	<u>0,80</u>	<u>0,30</u>	<u>0,02</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)			0,06 (0,82)	67,5 (96,0)	0,90 (3,85)	4,20 (8,50)	9,10 (30,0)	1,9 (34,78)	2,73 (7,30)	3,30 (10,0)
	Hc (1 М HCl)			1468	260,0	13,0	4,70	1,0	2,30	4,10	0,20
	Пс			18532	110,0	42,0	4,80	2,30	39,70	6,90	0,40
	Hc/Пс			7/93	70/30	24/76	50/50	30/70	5/95	37/63	33/67
Горно-луговая карбонатная тяжелосуглинистая											
51. Сулейман- Стальский р-он, с. Сайтар- кент 876	Валовое	6,0	7,5	25000	310,0	40,0	25,0	3,50	7,50	14,0	0,30
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$			<u>9,50</u>	<u>108,0</u>	<u>0,43</u>	<u>0,40</u>	<u>0,20</u>	<u>0,10</u>	<u>0,35</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)			0,04 (0,50)	34,80 (60,0)	1,07 (3,30)	1,60 (14,3)	5,70 (28,57)	1,30 (7,10)	2,50 (8,70)	3,30 (10,0)
	Hc (1 М HCl)			1810	180,0	13,0	2,80	0,70	1,40	4,0	0,10
	Пс			23190	130,0	27,0	22,20	2,80	6,10	10,0	0,20
	Hc/Пс			7/93	58/42	33/67	11/89	20/80	19/81	29/71	33/67

Продолжение таблицы 2

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Горно-каштановая карбонатная среднесуглинистая											
52. Карабудахкентский, с. Какамахи 697	Валовое	3,2	7,6	10800	430,0	26,0	5,0	3,0	9,50	9,0	0,40
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$			<u>20,0</u>	<u>135,0</u>	<u>0,02</u>	<u>0,70</u>	<u>0,04</u>	<u>0,07</u>	<u>0,30</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)			0,18 (2,10)	31,30 (90,0)	0,07 (0,12)	14,0 (30,4)	1,30 (5,30)	0,70 (23,30)	3,30 (7,30)	2,50 (10,0)
	Hc (1 М HCl)			945	150,0	16,0	2,30	0,75	0,30	4,10	0,10
	Пс			9855	280,0	10,0	2,70	2,25	9,20	4,90	0,30
	Hc/Пс			9/91	35/65	62/38	46/54	25/75	3/97	46/54	25/75

Таблица 3 - Содержание тяжелых металлов в природных почвах среднегорной и высокогорной зоны, мг/кг сухого вещества

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Среднегорная											
Горно-луговая карбонатная глинистая											
14. Аку- шинский р- он, с. Усиша. 1463	Валовое	5,5	7,1	19200	140,0	31,0	15,0	1,50	9,40	13,0	0,09
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)			<u>2,30</u> 0,01 (0,1)	<u>135,0</u> 89,3 (98,0)	<u>0,32</u> 1,0 (2,5)	<u>0,01</u> 0,06 (0,7)	<u>0,08</u> 5,3 (16,0)	<u>0,34</u> 3,6 (21,2)	<u>0,29</u> 2,2 (7,4)	<u>0,01</u> 10,0 (25,0)
	Hc (1 М HCl)			1860,0	138,0	13,0	1,40	0,50	1,60	3,90	0,04
	Пс			17340	2,0	18,0	13,60	1,0	7,80	9,10	0,05
	Hc/Пс			10/90	98/2	42/58	9/91	33/67	17/83	30/70	44/56
Горно-луговая карбонатная среднесуглинистая											
15.Аку- шинский р- он, с. Гапшима 1611	Валовое	5,7	7,3	15200	180,0	25,0	13,0	2,35	13,0	13,0	0,90
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)			<u>17,0</u> 0,1 (0,7)	<u>150,0</u> 83,3 (93,7)	<u>0,07</u> 0,3 (0,5)	<u>0,17</u> 1,3 (8,1)	<u>0,11</u> 4,7 (8,8)	<u>0,03</u> 0,2 (2,2)	<u>0,28</u> 2,1 (6,1)	<u>0,01</u> 1,1 (16,6)
	Hc (1 М HCl)			2500,0	160,0	14,0	2,10	1,25	1,37	4,60	0,06
	Пс			12700	20,0	11,0	10,90	1,10	11,63	8,40	0,84
	Hc/Пс			16/84	89/11	56/44	16/84	53/47	10/90	35/65	7/93

Продолжение таблицы 3

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
32. Хунзах- ский р-он, с. Орта 1181	Валовое	5,1	7,8	17500	240,0	25,0	24,0	1,90	8,0	6,0	0,98
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)			<u>5,50</u> 0,03 (0,4)	<u>127,0</u> 52,9 (74,7)	<u>0,28</u> 1,1 (3,3)	<u>0,37</u> 1,5 (11,7)	<u>0,13</u> 6,8 (6,2)	<u>0,03</u> 0,4 (1,2)	<u>0,70</u> 11,60 (17,1)	<u>0,01</u> 1,0 (1,2)
	Нс (1 М HCl)			1500,0	170,0	9,0	3,40	1,60	2,50	4,10	0,20
	Пс			16000	70,0	16,0	20,60	0,30	5,50	1,90	0,78
	Нс/Пс			9/91	71/29	36/64	14/86	84/16	31/69	68/32	20/80
5. Хунзах- ский р-он, с. Батлаич 1810	Валовое	5,0	7,8	20400	570,0	24,0	15,0	2,80	4,0	7,0	0,80
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)			<u>8,50</u> 0,04 (0,5)	<u>130,0</u> 22,8 (43,3)	<u>0,42</u> 1,7 (5,7)	<u>0,25</u> 1,6 (3,1)	<u>0,35</u> 12,5 (12,5)	<u>0,08</u> 2,0 (5,3)	<u>0,60</u> 8,6 (13,3)	<u>0,01</u> 1,2 (2,0)
	Нс (1 М HCl)			1759,0	300,0	7,0	6,50	2,40	1,50	4,50	0,50
	Пс			18640	270,0	17,0	8,50	0,40	2,50	2,5	0,30
	Нс/Пс			9/91	53/47	29/71	43/57	86/14	38/62	64/36	63/37

Продолжение таблицы 3

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
26. Лева- шинский р- он, с. Цудахар (равнина) 1250	Валовое	4,7	7,7	21300	280,0	26,0	11,0	3,0	8,60	7,70	0,90
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$			<u>3,20</u>	<u>128,0</u>	<u>0,62</u>	<u>0,05</u>	<u>0,21</u>	<u>0,02</u>	<u>0,29</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)			0,01 (0,1)	45,7 (58,0)	2,4 (4,6)	0,4 (1,2)	7,0 (13,3)	0,2 (0,6)	3,7 (4,2)	1,1 (1,6)
	Hc (1 М HCl)			2190,0	220,0	13,0	4,0	1,50	3,10	5,10	0,66
	Пс			19110	60,0	13,0	7,0	1,50	5,50	2,6	0,24
	Hc/Пс			10/90	78/22	50/50	36/64	50/50	36/64	66/34	73/27
Высокогорная											
Горно-луговая среднесуглинистая на сланцах											
9. Цунтин- ский р-он, с. Цицимах 1691	Валовое	7,6	6,6	35200	340,0	45,0	52,0	4,0	10,0	13,60	0,60
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$			<u>4,80</u>	<u>70,0</u>	<u>2,40</u>	<u>0,27</u>	<u>0,04</u>	<u>0,46</u>	<u>0,26</u>	<u>0,04</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)			0,01 (0,1)	20,6 (21,8)	5,3 (9,6)	0,5 (10,7)	1,0 (6,7)	4,6 (71,4)	1,9 (2,6)	3,3 (50,0)
	Hc (1 М HCl)			4570,0	320,0	25,0	2,80	0,63	0,65	11,40	0,06
	Пс			30630	20,0	20,0	49,20	3,37	9,35	2,20	0,54
	Hc/Пс			13/87	94/6	56/44	5/95	16/84	7/93	84/16	7/93

Продолжение таблицы 3

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Горно-луговая типичная среднесуглинистая											
38. Ругу- льский р- он, с. Аракул 2200	Валовое	5,2	6,5	36500	250,0	31,0	19,0	1,50	11,0	27,0	1,00
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)			<u>3,10</u> 0,01 (0,2)	<u>146,0</u> 74,4 (66,4)	<u>0,71</u> 2,3 (10,3)	<u>0,04</u> 0,2 (1,2)	<u>0,05</u> 3,3 (3,6)	<u>1,40</u> 12,7 (77,8)	<u>0,90</u> 3,3 (8,2)	<u>0,25</u> 25,0 (78,1)
	Hc (1 М HCl)			2020,0	220,0	6,90	3,30	1,40	1,80	11,0	0,32
	Пс			34480	30,0	24,10	15,70	0,10	9,20	16,0	0,68
	Hc/Пс			6/94	88/12	22/78	17/83	93/7	16/84	41/59	32/68
Горно-луговая дерновая легкосуглинистая											
8. Хунзахский р-он, с. Шотода 1895	Валовое	12,5	7,1	17600	560,0	194,0	54,0	8,80	12,0	30,0	0,40
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)			<u>6,50</u> 0,04 (0,4)	<u>220,0</u> 39,3 (63,9)	<u>5,70</u> 2,9 (8,4)	<u>0,51</u> 0,9 (10,0)	<u>0,23</u> 2,6 (15,3)	<u>0,03</u> 0,3 (11,1)	<u>0,42</u> 1,4 (2,0)	<u>0,01</u> 2,5 (33,3)
	Hc (1 М HCl)			1680,0	344,0	68,0	5,10	1,50	0,27	20,0	0,03
	Пс			15920	216,0	126,0	48,90	7,30	11,73	10,0	0,37
	Hc/Пс			10/90	61/39	35/65	9/91	17/83	2/98	67/33	7/93

Таблица 4 - Содержание тяжелых металлов в антропогенно нарушенных почвах низменной зоны, мг/кг сухого вещества

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Расстоя- ние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Луговая карбонатная тяжелосуглинистая												
34. Кировский р-он, с. Богатыревка 0	Валовое	10	5,6	7,8	34200	560,0	33,0	32,0	1,90	17,0	13,0	0,70
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>26,0</u>	<u>132,0</u>	<u>1,64</u>	<u>0,44</u>	<u>0,50</u>	<u>0,19</u>	<u>1,05</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,07 (0,6)	23,5 (33,0)	4,9 (13,6)	1,4 (4,0)	26,3 (31,2)	1,1 (3,1)	8,1 (10,5)	1,4 (1,8)
	Hc (1 М HCl)				4370,0	400,0	12,0	11,0	1,60	6,20	10,0	0,54
	Пс				29830	160,0	21,0	21,0	0,30	10,80	3,0	0,16
	Hc/Пс				13/87	71/29	36/64	34/66	84/16	36/64	77/23	77/23
35. Кизилюр- товский р-он, с. Акнада 0	Валовое	10	4,2	7,9	60000	460,0	23,0	26,0	2,90	11,0	14,0	0,60
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>54,0</u>	<u>122,0</u>	<u>0,65</u>	<u>0,57</u>	<u>0,20</u>	<u>0,14</u>	<u>1,13</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,1 (1,3)	26,5 (42,0)	2,8 (4,6)	2,2 (9,6)	6,9 (8,7)	1,3 (3,1)	8,1 (10,3)	1,6 (2,3)
	Hc (1 М HCl)				4270,0	290,0	14,0	5,90	2,30	4,50	11,0	0,43
	Пс				55730	170,0	9,0	20,10	0,60	6,50	3,0	0,17
	Hc/Пс				7/93	63/37	61/39	23/77	79/21	41/59	79/21	72/28

Продолжение таблицы 4

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Расстояние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая												
19. Карабудахкентский р-он, с. Манаскент 29	Валовое	10	7,5	8,0	38300	440,0	22,0	60,0	2,80	10,0	10,0	0,60
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>4,50</u>	<u>140,0</u>	<u>0,71</u>	<u>0,67</u>	<u>0,15</u>	<u>0,23</u>	<u>2,40</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,01 (0,4)	31,8 (44,4)	3,2 (5,8)	1,1 (6,1)	5,4 (7,9)	2,3 (10,5)	24,0 (32,0)	1,6 (2,5)
	Hc (1 М HCl)				1090,0	315,0	12,0	11,0	1,90	1,90	7,50	0,39
	Пс				37210	125,0	10,0	49,0	0,90	8,1	2,50	0,21
Hc/Пс				3/97	72/28	55/45	18/82	68/32	19/81	75/25	65/35	
36. Хасавюртовский р-он, с. Тотурбийкала 160	Валовое	5	5,3	7,9	36600	600	26,0	14,0	3,0	13,0	13,0	2,40
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>9,40</u>	<u>103,0</u>	<u>0,90</u>	<u>0,08</u>	<u>0,25</u>	<u>0,32</u>	<u>1,42</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,03 (0,3)	17,2 (29,4)	3,5 (8,6)	0,6 (1,2)	8,3 (15,6)	2,5 (5,5)	10,9 (12,7)	0,4 (2,5)
	Hc (1 М HCl)				3170,0	350,0	10,50	8,50	1,60	5,40	11,0	0,43
	Пс				3343,0	250,0	15,50	5,50	1,40	7,60	2,0	1,97
Hc/Пс				9/91	58/42	40/60	61/39	53/47	42/58	85/15	18/82	

Продолжение таблицы 4

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Расстояние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая												
37. Кировский район г. Махачкалы, с. Шамхал 18	Валовое	10	3,3	8,0	34000	520,0	43,0	15,0	2,50	16,0	11,0	1,10
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>12,0</u>	<u>85,0</u>	<u>0,94</u>	<u>1,21</u>	<u>0,30</u>	<u>0,14</u>	<u>0,97</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,03 (0,3)	16,3 (22,9)	2,2 (8,7)	8,1 (13,8)	12,0 (27,3)	0,9 (1,1)	8,8 (10,8)	0,9 (4,5)
	Нс (1 М HCl)				3940,0	370,0	10,30	8,70	1,10	8,90	8,30	0,22
	Пс				30060	150,0	32,70	6,30	1,40	7,10	2,70	0,88
Нс/Пс				12/88	71/29	24/76	58/42	44/56	56/44	75/25	20/80	
Светло-каштановая карбонатная легкосуглинистая												
13. Карабудахкентский р-он. Трасса Махачкала-Манас 53	Валовое	5	1.6	7.3	15900	190,0	13,0	13,0	3,0	9,5	15,0	1,00
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>0,80</u>	<u>51,0</u>	<u>0,31</u>	<u>0,14</u>	<u>0,08</u>	<u>0,03</u>	<u>0,19</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,01 (0,1)	26,8 (39,2)	2,4 (4,2)	1,1 (12,5)	2,6 (26,6)	0,3 (3,7)	1,3 (23,3)	1,0 (3,3)
	Нс (1 М HCl)				820,0	130,0	7,10	0,80	0,25	3,66	3,40	0,03
	Пс				15080	60,0	5,90	12,20	2,75	5,84	11,60	0,97
Нс/Пс				5/95	68/32	55/45	6/94	8/92	38/62	23/77	3/97	

Продолжение таблицы 4

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Расстояние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая												
39; 43. Кизилюртовский р-он, с. Стальское 29	Валовое	50	4,6	7,7	26900	450,0	47,0	8,60	6,50	14,0	22,0	2,00
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>2,50</u>	<u>118,0</u>	<u>0,81</u>	<u>0,82</u>	<u>0,07</u>	<u>0,06</u>	<u>0,63</u>	<u>0,05</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,01 (0,1)	26,2 (39,3)	1,7 (7,3)	9,5 (10,9)	1,1 (8,3)	0,4 (1,8)	2,9 (5,0)	2,5 (16,6)
	Hc (1 М HCl)				2650,0	300,0	11,0	7,30	1,20	3,30	12,0	0,33
	Пс				24250	150,0	36,0	1,30	5,30	10,7	10,0	1,67
Hc/Пс				10/90	67/33	23/77	85/15	18/82	24/76	55/45	16/84	
Каштановая карбонатная среднесуглинистая												
45. Кумторкалинский р-он, с. Учкент 113	Валовое	10	8,7	7,5	26700	480,0	27,0	22,0	3,0	15,0	29,0	0,90
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>3,80</u>	<u>113,0</u>	<u>0,17</u>	<u>0,11</u>	<u>0,08</u>	<u>0,16</u>	<u>4,20</u>	<u>0,04</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,01 (0,2)	23,5 (33,2)	0,6 (0,8)	0,5 (1,6)	2,6 (4,2)	1,1 (6,4)	14,5 (15,5)	4,4 (10,0)
	Hc (1 М HCl)				1920,0	340,0	25,0	6,0	1,90	2,50	27,0	0,43
	Пс				24780	140,0	2,0	16,0	1,10	12,50	2,0	0,47
Hc/Пс				7/93	71/29	93/7	27/73	63/37	17/83	93/7	48/52	

Продолжение таблицы 4

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Расстояние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Каштановая среднесуглинистая												
40; 44. Кумторкалинский р-он, с. Учкент 113	Валовое	50	3,4	7,9	25800	430,0	32,0	13,0	4,30	17,0	23,0	1,20
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>8,30</u>	<u>118,0</u>	<u>0,86</u>	<u>0,11</u>	<u>0,98</u>	<u>0,08</u>	<u>2,8</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,03 (0,5)	27,4 (43,7)	2,7 (10,1)	0,8 (2,7)	22,8 (75,0)	0,5 (3,7)	12,2 (23,3)	0,8 (3,3)
	Нс (1 М HCl)				1690,0	270,0	8,90	3,60	1,25	2,70	12,0	0,33
	Пс				24110	160,0	23,10	9,40	3,05	14,30	11,0	0,87
	Нс/Пс				7/93	63/37	28/72	28/72	29/71	16/84	52/48	28/72
41. Кумторкалинский р-он, с. Учкент 113	Валовое	70	3,5	7,0	21700	450,0	24,0	20,0	3,30	13,0	14,0	0,80
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>3,30</u>	<u>54,0</u>	<u>0,47</u>	<u>0,19</u>	<u>0,08</u>	<u>0,33</u>	<u>0,42</u>	<u>0,04</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,01 (0,1)	12,0 (18,0)	1,9 (7,5)	0,9 (3,6)	2,4 (6,2)	2,5 (8,3)	3,0 (4,6)	5,0 (8,0)
	Нс (1 М HCl).				2260,0	300,0	6,30	5,20	1,30	3,60	8,70	0,54
	Пс				19440	150,0	17,70	14,80	2,0	9,40	5,30	0,26
	Нс/Пс				10/90	67/33	26/74	26/74	39/61	28/72	62/38	67/33

Примечание к табл. 4-6. Нс – непрочносвязанные (кислоторастворимые формы), Пс – прочносвязанные формы элементов. Полужирным шрифтом выделены превышения предельно допустимой концентрации (ПДК), мг/кг

Таблица 5 - Содержание тяжелых металлов в антропогенно нарушенных почвах предгорной зоны, мг/кг сухого вещества

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Расстояние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Горно-луговая карбонатная тяжелосуглинистая												
29. Сулейман-Стальский р-он, с. Касумкент 477	Валовое	5	6,0	7,5	35000	520,0	51,0	66,0	3,70	8,10	16,0	6,50
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>17,0</u>	<u>110,0</u>	<u>0,44</u>	<u>0,50</u>	<u>0,18</u>	<u>0,08</u>	<u>0,68</u>	<u>0,02</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,05 (0,3)	21,1 (33,3)	0,8 (2,8)	0,7 (5,0)	4,8 (7,2)	0,9 (2,2)	4,3 (5,4)	1,2 (1,4)
	Hc (1 М HCl)				5580,0	330,0	14,0	10,0	2,50	3,60	13,0	5,80
	Пс				29420	190,0	37,0	56,0	1,20	4,50	3,0	0,70
Hc/Пс				16/84	64/36	27/73	15/85	68/32	44/56	81/19	89/11	
Горно-луговая карбонатная среднесуглинистая												
21. Буйнакский р-он, с. Эрпели 840	Валовое	10	7,0	7,7	24500	735,0	72,0	10,30	3,60	66,0	12,50	1,30
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>32,0</u>	<u>250,0</u>	<u>0,85</u>	<u>0,90</u>	<u>0,53</u>	<u>1,11</u>	<u>2,10</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,1 (0,9)	34,0 (46,3)	1,2 (4,4)	8,7 (9,5)	14,7 (21,7)	1,7 (47,8)	16,8 (19,1)	0,8 (1,1)
	Hc (1 М HCl)				3218,0	540,0	18,0	9,50	2,30	2,30	11,0	0,98
	Пс				21280	195,0	54,0	0,80	1,30	63,70	1,50	0,32
Hc/Пс				13/87	73/27	25/75	92/8	64/36	4/96	88/12	75/25	

Продолжение таблицы 5

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Расстоя- ние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
22. Буйнак- ский р-он, турбаза Терменлик 950	Валовое	5	7,1	7,8	25500	740,0	73,0	11,50	3,80	67,0	11,90	1,60
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)				<u>46,0</u> 0,2 (1,4)	<u>280,0</u> 37,8 (50,0)	<u>0,94</u> 1,3 (4,5)	<u>1,20</u> 10,4 (12,0)	<u>0,55</u> 14,5 (20,0)	<u>1,13</u> 1,7 (44,0)	<u>2,30</u> 19,3 (20,5)	<u>0,01</u> 0,6 (1,0)
	Нс (1 М HCl)				3220,0	560,0	20,0	10,0	2,50	2,50	11,20	1,0
	Пс				22280	180,0	53,0	1,50	1,30	64,50	0,70	0,6
	Нс/Пс				13/87	76/24	27/73	87/13	66/34	4/96	94/6	62/38
Горно-каштановая карбонатная среднесуглинистая												
10. Карабу- дахкентский, с. Губден 606	Валовое	10	3,4	7,8	10600	560,0	30,0	5,70	3,0	9,70	17,0	0,80
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)				<u>25,0</u> 0,2 (2,6)	<u>150,0</u> 26,8 (83,3)	<u>0,02</u> 0,1 (0,1)	<u>0,95</u> 16,6 (47,4)	<u>0,07</u> 2,3 (11,6)	<u>0,10</u> 1,4 (50,0)	<u>0,29</u> 1,7 (3,2)	<u>0,38</u> 47,5 (75,0)
	Нс (1 М HCl)				960,0	180,0	26,0	1,90	0,63	0,18	9,30	0,40
	Пс				9640	380,0	4,0	3,80	2,37	9,60	7,70	0,40
	Нс/Пс				9/91	32/68	87/13	33/67	21/79	1/99	55/45	50/50

Продолжение таблицы 5

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Расстоя- ние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
11. Карабудах- кентский, с. Какамахи 697	Валовое	10	3,2	7,6	10400	540,0	27,0	5,80	3,4	9,80	15,0	0,70
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)				<u>22,0</u> 0,2 (2,3)	<u>147,0</u> 27,2 (91,8)	<u>0,02</u> 0,1 (0,1)	<u>0,87</u> 15,0 (32,1)	<u>0,05</u> 1,5 (8,3)	<u>0,08</u> 0,8 (33,3)	<u>0,27</u> 1,8 (3,9)	<u>0,31</u> 44,3 (75,0)
	Hc (1 М HCl)				958,0	160,0	19,50	2,80	0,61	0,30	7,60	0,36
	Пс				9440	380,0	7,50	3,0	2,79	9,50	7,40	0,34
	Hc/Пс				9/91	30/70	72/28	48/52	18/82	3/97	51/49	51/49
Коричневая выщелоченная глинистая												
30. Табаса- ранский р-он, с. Дюбек 379	Валовое	5	4,4	7,9	28300	380,0	10,0	6,30	7,80	3,0	15,0	2,50
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)				<u>6,50</u> 0,02 (0,1)	<u>61,0</u> 16,1 (35,8)	<u>0,64</u> 6,4 (42,8)	<u>0,18</u> 2,8 (4,3)	<u>0,10</u> 1,3 (4,3)	<u>0,23</u> 7,6 (10,5)	<u>1,30</u> 8,6 (8,9)	<u>0,02</u> 0,8 (1,6)
	Hc (1 М HCl)				5060,0	170,0	1,40	4,60	2,20	1,90	14,60	1,25
	Пс				23240	210,0	8,60	1,70	5,60	1,10	0,40	1,25
	Hc/Пс				18/82	45/55	14/86	73/27	28/72	63/37	97/3	50/50

Таблица 6 - Содержание тяжелых металлов в антропогенно нарушенных почвах среднегорной зоны, мг/кг сухого вещества

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Расстоя- ние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Горно-луговая карбонатная глинистая												
2. Гунибский р-он, с. Гуниб (верх) 1594	Валовое	10	4,8	7,4	16000	220,0	56,0	17,0	1,70	13,0	12,0	0,08
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)				<u>5,70</u> 0,03 (0,4)	<u>169,0</u> 76,8 (84,5)	<u>0,61</u> 1,1 (2,8)	<u>0,18</u> 1,1 (9,5)	<u>0,53</u> 31,2 (35,7)	<u>0,27</u> 2,1 (60,0)	<u>2,50</u> 20,8 (26,0)	<u>0,01</u> 12,5 (20,0)
	Hc (1 М HCl)				1430,0	200,0	21,0	2,10	1,40	0,46	9,60	0,05
	Пс				14570	20,0	35,0	14,90	0,30	12,54	2,40	0,03
	Hc/Пс				9/91	91/9	37/63	12/88	82/18	4/96	80/20	63/37
23. Докуз- паринский р- он, с. Каладжух 1264	Валовое	5	6,7	7,9	28300	460,0	58,0	68,0	3,50	5,20	20,0	2,50
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)				<u>42,0</u> 0,1 (0,9)	<u>170,0</u> 36,9 (53,9)	<u>0,60</u> 1,0 (1,9)	<u>0,48</u> 0,7 (6,7)	<u>0,55</u> 15,7 (21,7)	<u>0,07</u> 1,3 (1,6)	<u>3,10</u> 15,5 (15,8)	<u>0,01</u> 0,4 (1,4)
	Hc (1 М HCl)				4370,0	315,0	32,0	7,40	2,30	4,30	19,60	0,75
	Пс				23930	145,0	26,0	60,60	1,20	0,90	0,40	1,75
	Hc/Пс				15/85	68/32	55/45	11/89	66/34	83/17	98/2	30/70

Продолжение таблицы 6

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Расстоя- ние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Горно-луговая карбонатная среднесуглинистая												
7. Хунзахский р-он, с. Батлаич 1810	Валовое	5	4,8	7,8	25500	530,0	25,0	14,0	1,50	3,80	9,80	1,0
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)				<u>8,80</u> 0,03 (0,5)	140,0 26,4 (35,0)	<u>0,60</u> 2,4 (7,1)	<u>0,35</u> 2,5 (5,3)	<u>0,38</u> 25,3 (30,7)	<u>0,09</u> 2,4 (5,3)	<u>0,80</u> 8,2 (10,4)	<u>0,01</u> 1,0 (1,4)
	Нс (1 М HCl)				1806,0	400,0	8,50	5,60	1,26	1,90	7,70	0,70
	Пс				23690	130,0	16,50	8,40	0,24	1,90	2,10	0,30
	Нс/Пс				7/93	53/47	34/66	40/60	84/16	50/50	79/21	70/30
33. Лакский р- он, с. Унчукатль 1433	Валовое	5	8,1	7,8	19200	150,0	45,0	65,0	2,40	6,60	8,0	1,20
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)				<u>5,50</u> 0,03 (0,5)	143,0 95,3 (96,6)	<u>1,30</u> 2,8 (10,0)	<u>0,39</u> 0,6 (66,5)	<u>0,16</u> 25,0 (40,0)	<u>0,13</u> 1,9 (4,0)	<u>0,55</u> 6,8 (10,0)	<u>0,01</u> 0,8 (1,1)
	Нс (1 М HCl)				1150,0	148,0	13,0	0,57	1,50	2,50	6,0	0,89
	Пс				18050	2,0	32,0	64,43	0,90	4,10	2,0	0,31
	Нс/Пс				6/94	99/1	29/71	1/99	62/38	38/62	75/25	74/26

Продолжение таблицы 6

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Расстоя- ние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
27. Левашин- ский р-он, с. Цудахар (южный склон) 1250	Валовое	5	6,4	7,8	12800	290,0	50,0	21,0	2,50	3,0	7,0	1,20
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				27,0	170,0	0,04	0,83	0,34	0,03	1,42	0,01
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,2 (2,1)	58,6 (70,8)	0,1 (0,1)	3,9 (10,8)	13,6 (14,3)	1,0 (1,6)	20,3 (20,9)	0,8 (1,2)
	Hc (1 М HCl)				1270,0	240,0	38,0	7,40	2,10	1,90	6,70	0,82
	Пс				11530	50,0	12,0	13,60	0,40	1,10	0,30	0,38
	Hc/Пс				10/90	83/17	76/24	35/65	84/16	63/37	96/4	68/32
Горно-луговая карбонатная тяжелосуглинистая												
31. Хунзах- ский р-он, Хунзахское плато 1659	Валовое	10	4,1	7,8	28300	580,0	26,0	14,0	1,80	4,30	8,50	0,35
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				61,0	180,0	0,54	0,57	0,50	0,08	1,54	0,01
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,2 (2,0)	31,0 (45,0)	2,1 (2,8)	4,1 (11,2)	27,7 (50,0)	1,8 (2,6)	18,1 (19,5)	2,8 (4,0)
	Hc (1 М HCl)				2990	400,0	18,0	5,10	1,0	3,10	7,90	0,25
	Пс				25310	180,0	8,0	8,90	0,80	1,20	0,60	0,10
	Hc/Пс				11/89	69/31	69/31	36/64	56/44	72/28	93/7	71/29

Продолжение таблицы 6

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Расстоя- ние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Горно-луговая карбонатная тяжелосуглинистая												
25. Лакский р-он, с. Унчукатль (по сухим склонам) 1433	Валовое	10	6,2	7,8	20800	190,0	10,0	46,0	2,10	6,30	8,60	0,65
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>13,0</u>	<u>180,0</u>	<u>0,21</u>	<u>0,43</u>	<u>0,17</u>	<u>0,03</u>	<u>1,55</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,1 (1,0)	94,7 (97,3)	2,1 (2,5)	0,9 (39,1)	33,3 (53,8)	0,5 (1,2)	18,0 (22,5)	1,5 (1,9)
	Нс (1 М HCl)				1300,0	185,0	8,40	1,10	1,30	2,50	6,90	0,51
	Пс				19500	5,0	1,60	44,90	0,80	3,80	1,70	0,14
	Нс/Пс				6/94	97/3	84/16	2/98	62/38	40/60	80/20	78/22
Горно-луговая среднесуглинистая												
20. Лакский р-он, с. Куркли 1396	Валовое	5	7,4	7,7	29200	160,0	10,80	49,0	2,80	5,0	12,50	0,43
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$				<u>12,0</u>	<u>89,0</u>	<u>0,70</u>	<u>0,38</u>	<u>0,10</u>	<u>0,08</u>	<u>0,78</u>	<u>0,01</u>
	% от вал. (% от 1 М HCl)				0,04 (0,2)	55,6 (59,3)	6,5 (12,5)	0,7 (6,7)	3,6 (4,8)	1,6 (2,2)	6,2 (7,1)	2,3 (2,6)
	Нс (1 М HCl)				5060,0	150,0	5,60	5,70	2,10	3,70	11,0	0,39
	Пс				24140	10,0	5,20	43,30	0,70	1,30	1,50	0,04
	Нс/Пс				17/83	94/6	52/48	12/88	75/25	74/26	88/12	91/9

Продолжение таблицы 6

№ точки. Место отбора. Высота над уровнем моря, м	Содержание элементов	Расстоя- ние от дороги, м	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Горно-луговая дерновая карбонатная среднесуглинистая												
24. Хунзах- ский р-он, с. Хариколо 1372	Валовое	10	14,0	8,0	20400	500,0	86,0	33,0	4,80	5,10	9,20	4,30
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)				<u>8,30</u> 0,04 (0,5)	<u>140,0</u> 28,0 (40,0)	<u>0,44</u> 0,5 (4,9)	<u>0,20</u> 0,6 (6,9)	<u>0,33</u> 6,8 (12,5)	<u>0,07</u> 1,4 (3,7)	<u>0,59</u> 6,4 (8,9)	<u>0,01</u> 0,2 (0,3)
	Нс (1 М HCl)				1840,0	350,0	9,0	2,90	2,40	1,90	6,70	3,20
	Пс				18560	150,0	77,0	30,10	2,40	3,20	2,50	1,10
	Нс/Пс				9/91	70/30	11/89	9/91	50/50	37/63	73/27	74/26
Горно-луговая карбонатная глинистая												
6. Левашинский р-он, с. Леваши 1269	Валовое	5	4,0	7,6	26400	260,0	42,0	19,0	1,60	14,0	19,0	1,10
	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$ % от вал. (% от 1 М HCl)				<u>4,70</u> 0,02 (0,2)	<u>89,0</u> 34,2 (37,1)	<u>0,05</u> 0,1 (0,3)	<u>0,09</u> 0,5 (3,2)	<u>0,06</u> 3,7 (4,0)	<u>0,06</u> 0,4 (8,7)	<u>0,68</u> 3,6 (9,8)	<u>0,01</u> 0,9 (10,0)
	Нс (1 М HCl)				2750,0	240,0	17,0	2,80	1,50	0,69	7,10	0,10
	Пс				23650	20,0	25,0	16,20	0,10	13,31	11,90	1,0
	Нс/Пс				10/90	92/8	40/60	15/85	94/6	5/95	37/63	9/91
ОДК валового содержания по ГН 2.1.7. 2511-09					-	1500,0	220,0	132,0	-	80,0	130,0	2,0
ПДК под- вижных (ААБ) форм элементов в почве по ГН 2.1.7.2041-06					-	100,0	23,0	3,00	5,0	4,0	6,0	-

Таблица 7 - Содержание ТМ в органах растений тысячелистника низменной зоны Дагестана, мг/кг сухого вещества

№ точки. Вид расте- ния. Место отбора (расстояние от дороги, м)	Ор- ганы рас- тений	Гу- мус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Антропогенно нарушенные											
36. Т. обык- новенный. Хасавюр- товский р- он, с. Тотур- бийкала (5)	л	5,3	7,9	1200	150	9,5	0,39	0,19	0,19	0,32	0,01
	ст			390	39	3,6	1,10	0,20	1,80	0,05	0,07
	соц			530	67	6,8	1,60	0,50	1,0	0,57	0,02
	к			630	57	3,9	1,80	0,13	0,25	0,72	0,02
13. Т. тавол- говый. Кара- будахкентс- кий р-он. Трасса Ма- хачкала- Манас (5)	л	1,6	7,3	780	53	4,2	5,30	0,02	1,9	26,0	0,19
	ст			140	10	13,1	3,10	0,01	1,1	0,36	0,15
	соц			340	14	13,7	3,70	0,02	1,8	0,67	0,07
	к			440	15	12,9	2,40	0,01	1,5	0,63	0,11
34. Т. обык- новенный. Кировский р-он, с. Бо- гатыревка (10)	л	5,6	7,8	530	49	5,9	1,0	0,40	1,25	0,33	0,08
	ст			190	20	3,0	0,83	0,18	0,25	0,17	0,10
	соц			290	34	1,1	1,40	0,07	0,58	4,20	0,09
	к			320	4,9	0,7	0,89	0,01	0,81	0,30	0,05
35. Т. обык- новенный. Кизилюртов- ский р-он, с. Акнада (10)	л	4,2	7,9	340	71	10,0	2,0	0,44	0,31	0,93	0,03
	ст			144	36	1,5	0,13	0,06	0,10	2,40	0,33
	соц			240	50	1,6	0,38	0,13	0,19	0,07	0,17
	к			350	56	3,1	2,24	0,19	0,91	0,04	0,15
37. Т. обык- новенный. Кировский р-он г. Ма- хачкалы, с. Шамхал (10)	л	3,3	8,0	630	88	5,7	1,20	0,44	0,50	0,55	0,17
	ст			69	24	3,5	0,83	0,19	1,60	0,23	0,01
	соц			240	39	4,0	2,30	0,28	0,44	0,40	0,05
	к			720	51	5,6	2,70	0,48	1,40	0,03	0,02

Продолжение таблицы 7

№ точки. Вид расте- ния. Место отбора (расстояние от дороги, м)	Ор- ганы рас- тений	Гу- мус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
19. Т. обык- новенный. Карабудах- кентский р- он, с. Манас (10)	л	7,5	8,0	290	47	2,7	4,80	0,44	3,20	2,0	0,06
	ст			104	20	5,3	3,90	0,31	3,20	0,20	0,06
	соц			224	32	6,1	5,90	0,29	0,76	0,25	0,14
	к			236	53	5,9	6,20	0,63	8,0	0,43	0,05
41. Т. Бибер- штейна. Кумтор- калинский р-он, с. Учкент (10)	л	3,5	7,0	1460	160	19,4	1,65	1,13	0,29	0,94	0,14
	ст			91	39	1,5	0,12	0,31	0,88	0,38	0,18
	соц			410	74	4,3	2,24	0,56	0,41	0,91	0,35
	к			702	82	7,3	2,10	0,64	0,18	1,10	0,07
40. Т. Бибер- штейна. Кумтор- калинский р-он, с. Учкент (70)	л	3,4	7,9	585	140	8,1	0,35	0,23	0,24	1,0	0,02
	ст			107	25	2,3	0,88	0,14	0,59	0,21	0,07
	соц			234	51	1,6	1,35	0,20	0,76	0,29	0,04
	к			1070	94	5,1	2,82	0,28	0,47	0,88	0,04
44. Т. благо- родный. Кумтор- калинский р-он, с. Учкент (10)	л	3,4	7,9	5690	270	5,9	1,28	3,65	0,66	4,60	0,43
	ст			117	29	3,4	0,94	0,13	0,59	1,10	0,11
	соц			63	63	3,1	0,18	0,15	0,59	1,20	0,05
	к			1070	110	6,0	2,65	0,25	0,35	1,20	0,08
45. Т. благо- родный. Кумторкали- нский р-он, с. Учкент (50)	л	8,7	7,5	1380	49,0	15,0	2,60	0,70	0,35	1,60	0,25
	ст			176	9,6	3,3	3,42	0,20	0,18	0,32	0,08
	соц			865	25,0	4,9	1,42	0,69	0,07	0,62	0,79
	к			1630	45,0	4,7	1,17	0,31	0,11	1,28	0,26
43. Т. благо- родный. Кизилюртов- ский р-он, с. Стальское (50)	л	4,6	7,7	1350	53	15,0	1,38	0,25	0,69	1,47	0,80
	ст			108	12	3,0	0,88	0,25	0,33	0,13	0,01
	соц			12	23	3,7	0,25	0,13	0,25	0,16	0,77
	к			720	36	6,5	1,83	0,56	0,47	0,51	0,03
39. Т. Бибер- штейна. Ки- зилюртовс- кий р-он, с. Стальское (50)	л	4,6	7,7	1730	82	4,4	0,83	1,13	0,22	1,79	0,43
	ст			118	14	2,5	0,83	0,13	0,11	0,96	0,18
	соц			360	27	4,4	1,08	0,29	0,15	0,34	0,14
	к			412	30	5,1	1,42	0,25	0,29	0,41	0,30

Продолжение таблицы 7

№ точки. Вид расте- ния. Место отбора	Ор- ганы рас- тений	Гу- мус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Природные											
12. Т. тавол- говый. Кара- будахкентс- кий р-он, с. Манаскент	л	2,5	7,4	775	52	4,0	5,80	0,02	1,8	0,40	0,17
	ст			138	9	12,0	3,70	0,01	1,0	0,20	0,13
	соц			335	12	13,0	4,60	0,02	1,6	0,23	0,06
	к			438	13	12,6	2,80	0,01	1,3	0,40	0,10
47. Т. благо- родный. Ки- зилюртовс- кий р-он, с. Стальское	л	4,5	7,7	1250	51	13,0	1,37	0,23	0,65	0,37	0,17
	ст			106	10	2,0	0,78	0,22	0,31	0,12	0,01
	соц			42	20	3,5	0,23	0,11	0,22	0,15	0,11
	к			715	34	5,5	1,82	0,54	0,45	0,18	0,02
42. Т. Бибер- штейна. Кумторка- линский р- он, с. Кор- маскала	л	3,3	7,8	583	138	7,9	0,34	0,21	0,23	0,90	0,02
	ст			105	23	2,1	0,86	0,12	0,58	0,18	0,06
	соц			232	49	1,4	1,34	0,18	0,75	0,28	0,03
	к			1068	92	4,8	2,80	0,24	0,45	0,86	0,04
48. Т. обык- новенный. Хасавюр- товский р- он, с. Тотур- бийкала	л	5,3	7,9	680	53	5,4	1,20	0,42	0,40	0,50	0,01
	ст			105	25	3,2	0,82	0,18	1,50	0,05	0,05
	соц			230	30	3,8	1,10	0,60	0,80	0,40	0,02
	к			246	44	4,3	1,60	0,12	1,30	0,60	0,02
49. Т. обык- новенный. Карабудах- кентский р- он, с. Манас	л	7,5	8,0	270	44	2,5	2,50	0,42	1,50	0,40	0,05
	ст			102	18	5,1	2,0	0,20	1,10	0,10	0,05
	соц			220	28	5,8	3,0	1,10	0,50	0,30	0,10
	к			235	47	5,6	3,20	0,50	1,80	0,50	0,03
42. Т. благород- ный. Кум- торкалинс- кий р-он, с. Коркмаскала	л	3,3	7,8	1250	45,0	5,4	1,20	0,60	0,33	0,50	0,05
	ст			110	8,6	3,2	0,80	0,20	0,16	0,03	0,02
	соц			230	23,0	3,0	0,20	0,40	0,10	0,33	0,08
	к			1050	42,0	5,8	1,60	0,50	0,10	0,44	0,06

Продолжение таблицы 7

№ точки. Вид расте- ния. Место отбора	Ор- ганы рас- тений	Гу- мус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
47. Т. Биберштей- на. Кизи- люртовский р-он, с. Стальское	л	4,5	7,7	1620	80	4,10	0,73	1,10	0,21	0,70	0,20
	ст			110	12	2,30	0,64	0,10	0,10	0,16	0,03
	соц			280	23	4,10	1,10	0,26	0,13	0,30	0,06
	к			410	28	4,90	1,40	0,23	0,40	0,53	0,09

Примечание к табл. 7-9. Обозначения: л - листья, ст – стебли, соц – соцветия, к – корни. Полужирным шрифтом выделены превышения максимально допустимого уровня (МДУ), мг/кг

Таблица 8 - Содержание ТМ в органах растений тысячелистника предгорной зоны Дагестана, мг/кг сухого вещества

№ точки. Вид расте- ния. Место отбора (расстояние от дороги, м)	Ор- ганы рас- тений	Гу- мус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Антропогенно нарушенные											
30. Т. благо- родный. Та- басаранский р-он, с. Дюбек (5)	л	4,4	7,9	2440	46,0	21,0	7,6	2,0	15,0	2,60	0,29
	ст			230	8,8	6,6	2,5	0,39	10,0	0,24	0,41
	соц			180	12,0	8,3	4,4	0,19	2,0	0,33	0,15
	к			550	20,0	14,0	4,7	0,25	2,8	0,29	0,74
29. Т. благо- родный. Сулейман- Стальский р- он, с. Ка- сумкент (5)	л	6,0	7,5	1200	109,0	5,8	5,30	0,01	3,2	1,80	0,16
	ст			76	12,0	6,6	0,12	0,01	1,5	0,04	0,05
	соц			420	41,0	13,0	6,4	0,01	1,1	0,10	0,22
	к			1280	70,0	17,0	0,85	0,01	2,2	0,29	0,08
22. Т. обык- новенный. Буйнакский р- он, турбаза Терменлик (5)	л	7,1	7,8	950	67,0	9,1	6,2	1,40	8,0	0,83	0,82
	ст			160	13,0	1,6	1,2	0,31	0,76	0,11	0,50
	соц			210	21,0	5,9	6,5	0,41	5,0	0,53	0,27
	к			490	27,0	10,0	5,5	0,75	2,70	0,20	0,80
21. Т. обык- новенный. Буйнакский р- он, с. Эрпели (10)	л	7,0	7,7	948	66,5	9,0	6,0	1,30	7,90	0,82	0,81
	ст			154	12,5	1,5	1,2	0,30	0,74	0,10	0,45
	соц			209	20,0	5,8	6,3	0,40	4,70	0,52	0,26
	к			480	25,0	9,0	5,3	0,73	2,60	0,19	0,60
18. Т. обык- новенный. Буйнакский р-он. Буйнак- ский перевал (10)	л	7,0	7,6	980	44,0	19,0	4,9	0,75	30,0	2,0	0,01
	ст			403	19,0	9,5	3,1	0,44	14,0	0,55	0,07
	соц			550	20,0	9,5	6,2	0,28	8,4	0,01	0,01
	к			830	35,0	26,0	6,5	0,75	8,4	0,35	0,04

Продолжение таблицы 8

№ точки. Вид растения. Место отбора (расстояние от дороги, м)	Органы растений	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
28. Т. благородный. Сулейман-Стальский район, с. Сайтаркент (10)	л	6,0	7,5	1050	108,0	73,0	13,0	1,25	12,0	0,32	0,05
	ст			200	12,0	2,6	1,4	0,30	8,5	0,14	0,06
	соц			350	19,0	10,0	6,1	0,44	4,5	0,62	0,02
	к			490	18,0	21,0	3,3	0,58	13,0	0,09	0,01
10. Т. таволговый. Карабудахкентский, с. Губден (10)	л	3,4	7,8	1160	48,0	1,8	7,1	0,04	2,9	1,30	0,07
	ст			144	7,5	7,4	3,3	0,01	1,1	0,55	0,02
	соц			1410	7,0	14,7	9,3	0,01	1,3	0,79	0,01
	к			438	45,0	9,4	5,4	0,01	0,5	0,54	0,02
11. Т. таволговый. Карабудахкентский, с. Какамахи (10)	л	3,2	7,6	1156	45,0	1,6	6,8	0,04	2,7	0,98	0,06
	ст			142	7,0	7,0	3,1	0,01	1,0	0,52	0,02
	соц			1400	6,0	13,0	8,9	0,01	1,1	0,76	0,01
	к			439	43,0	9,1	5,2	0,01	0,5	0,52	0,02
3. Т. обыкновенный. Казбековский район, с. Гертма (10)	л	-	-	625	82	2,8	2,28	0,13	0,31	3,30	0,14
	ст			1180	17	5,3	0,97	0,02	0,15	0,36	0,10
	соц			650	32	10,7	3,20	0,01	0,62	0,66	0,01
	к			1015	53	11,0	2,90	0,07	0,62	3,50	0,28
Природные											
16. Т. таволговый. Сергокалинский, с. Сергокала	л	5.6	7.6	430	71,0	5,1	0,13	0,04	0,33	0,74	0,13
	ст			33	22,0	2,2	1,0	0,02	0,01	0,19	0,09
	соц			130	28,0	1,1	0,25	0,04	0,01	0,37	0,03
	к			150	41,0	1,7	2,80	0,07	0,17	0,19	0,04
17. Т. таволговый. Сергокалинский, с. Мюрего	л	5.4	7.5	425	69,0	4,6	0,12	0,04	0,32	0,73	0,12
	ст			32	20,0	2,0	0,90	0,03	0,01	0,17	0,09
	соц			128	26,0	1,0	0,23	0,05	0,01	0,35	0,02
	к			140	45,0	1,5	2,50	0,05	0,15	0,16	0,02
50. Т. обыкновенный. Буйнакский район, с. Эрпели	л	7,0	7,7	750	40,0	8,0	5,80	1,20	4,50	0,53	0,15
	ст			150	9,5	1,4	1,10	0,20	0,30	0,10	0,05
	соц			200	15,0	5,5	6,0	0,30	3,70	0,42	0,03
	к			450	20,0	7,3	5,10	0,60	2,50	0,30	0,09
51. Т. благородный. Сулейман-Стальский район, с. Сайтаркент	л	6,0	7,5	1020	105,0	5,6	5,10	0,55	2,90	0,20	0,05
	ст			85	10,0	2,5	0,20	0,20	1,30	0,05	0,03
	соц			230	18,0	7,5	5,70	0,30	1,0	0,10	0,07
	к			420	16,0	9,8	0,70	0,40	2,10	0,30	0,04

Продолжение таблицы 8

№ точки. Вид растения. Место отбора	Органы растений	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
52. Т. таволговый. Карабудахкентский, с. Какамахи	л	3,2	7,6	1100	43,0	1,3	5,70	0,04	1,80	0,60	0,05
	ст			140	6,0	6,8	2,90	0,01	1,0	0,20	0,02
	соц			950	5,0	11,0	8,0	0,02	1,20	0,40	0,01
	к			430	40,0	8,5	4,20	0,01	0,50	0,30	0,02

Таблица 9 - Содержание ТМ в органах растений тысячелистника обыкновенного среднегорной и высокогорной зоны Дагестана, мг/кг сухого вещества

№ точки. Место отбора (расстояние от дороги, м)	Органы растений	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Антропогенно нарушенные											
27. Левашинский р-он, с. Цудахар (южный склон) (5)	л	6,4	7,8	1006	41	8,0	4,9	1,03	4,0	2,40	0,03
	ст			276	14	12,0	4,0	0,01	2,80	0,67	0,03
	соц			430	23	25,0	12,0	0,08	5,0	4,0	0,01
	к			930	34	17,0	6,7	0,97	2,80	1,40	0,03
23. Докузпаринский р-он, с. Каладжух (5)	л	6,7	7,9	340	34	8,0	6,8	0,44	3,10	3,60	0,04
	ст			180	12	4,60	3,1	0,50	9,50	0,60	0,04
	соц			250	23	6,70	5,2	0,63	16,0	0,50	0,04
	к			720	25	7,80	7,7	0,31	4,20	0,58	0,04
33. Лакский р-он, с. Унчукатль (5)	л	8,1	7,8	1250	91	3,10	3,9	5,10	1,70	2,40	0,01
	ст			1240	42	17,0	4,1	1,10	2,30	0,50	0,01
	соц			776	37	26,0	2,9	1,90	5,80	0,01	0,01
	к			72	52	1,50	3,1	1,40	0,81	0,16	0,03
7. Хунзахский р-он, с. Батлаич (5)	л	4,8	7,8	440	13	2,2	0,01	0,01	1,1	6,0	0,11
	ст			94	11	1,6	1,0	0,01	1,1	0,15	0,01
	соц			344	30	22,5	2,8	0,01	1,4	0,45	0,04
	к			240	2	12,5	6,1	0,01	0,8	0,24	0,03
20. Лакский р-он, с. Куркли (5)	л	7,4	7,7	2700	56	10,0	6,60	0,93	4,60	36,0	0,01
	к			970	32	22,0	7,60	0,21	5,30	1,10	0,01

Продолжение таблицы 9

№ точки. Место отбора (расстояние от дороги, м)	Органы растений	Гумус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Антропогенно нарушенные											
6. Левашинский р-он, с. Леваша (5)	л	4,0	7,6	2060	21,0	7,9	7,1	0,04	1,3	0,75	0,02
	ст			470	3,8	9,0	4,8	0,01	1,0	0,24	0,01
	соц			780	34,0	14,1	6,7	0,02	1,3	0,39	0,02
	к			1090	18,0	13,3	6,8	0,01	1,7	0,77	0,01
46. Докузпаринский р-он, с. Каладжух (10)	л	6,7	7,9	870	104	7,20	4,3	0,63	1,15	0,48	0,51
	ст			240	28	3,50	0,6	0,15	4,40	0,11	0,15
	соц			290	48	0,47	6,1	0,19	0,14	0,41	0,18
	к			870	64	3,70	3,3	0,31	4,60	0,17	0,09
25. Лакский р-он, с. Унчукатль (10)	л	6,2	7,8	1320	61	4,10	5,3	6,80	1,50	0,93	0,01
	ст			680	26	8,60	3,5	1,10	0,77	0,09	0,01
	к			1035	58	27,0	11,0	0,81	3,50	0,74	0,01
1. Гунибский р-он, с. Гуниб (10)	л	5,0	7,4	750	53	3,1	2,0	0,01	1,50	1,15	0,03
	ст			56	2	9,7	1,9	0,01	0,90	0,24	0,03
	соц			240	13	16,8	4,4	0,01	1,40	1,19	0,02
	к			210	8	9,3	2,7	0,02	0,50	0,35	0,02
2. Гунибский р-он, с. Гуниб (верх) (10)	к	4,8	7,4	1930	42	9,4	2,6	0,08	0,26	3,60	0,16
31. Хунзахский р-он, Хунзахское плато (10)	л	4,1	7,8	780	53	17,0	6,1	0,58	4,0	0,38	0,27
	ст			160	16	17,0	2,5	0,34	4,5	0,05	0,01
	соц			430	18	11,0	2,5	0,48	6,5	0,57	0,01
	к			720	38	19,0	7,5	0,44	4,5	0,09	0,01
24. Хунзахский р-он, с. Хариколо (10)	л	14,0	8,0	250	25,0	3,3	2,4	0,80	3,5	1,0	0,01
	ст			180	9,6	3,2	2,6	0,29	3,2	0,01	0,01
	соц			150	19,0	7,3	6,2	0,50	2,5	2,0	0,03
	к			230	19,0	5,6	5,2	0,38	2,5	0,40	0,01
МДУ для кормовых трав (Санитарные..., 2002)				-	-	50,0	30	1,0	3,0	5,0	0,3

Продолжение таблицы 9

№ точки. Место отбора	Ор- ганы рас- тений	Гу- мус, %	pH	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Природные											
32. Хунзахский р-он, с. Орота	л	5,1	7,8	1520	44	9,10	1,4	0,53	1,50	0,24	0,01
	ст			316	12	5,10	2,2	0,34	6,50	0,14	0,02
	соц			470	31	22,0	6,5	0,53	3,50	0,11	0,01
	к			460	18	13,0	5,5	0,79	1,0	1,10	0,03
26. Левашинский р-он, с. Цудахар (равнина)	л	4,7	7,7	1380	42	2,70	2,0	0,25	3,20	0,33	0,01
	ст			300	17	9,0	3,5	0,56	0,38	0,35	0,01
	соц			94	13	0,43	0,7	1,30	0,01	0,50	0,08
	к			560	18	11,0	3,7	1,50	0,01	0,63	0,01
5. Хунзахский р-он, с. Батлаич	л	5,0	7,8	630	60	2,3	3,3	0,39	1,6	0,52	0,01
	ст			240	19	5,7	1,4	0,48	2,0	0,24	0,03
	соц			460	33	17,0	4,1	0,25	2,4	0,86	0,01
	к			1120	31	11,0	5,2	0,38	2,0	1,10	0,06
14. Акушинский р-он, с. Усиша	л	5,5	7,1	215	30	12,0	2,1	0,01	0,44	0,75	0,01
	ст			75	15	7,6	2,4	0,01	0,15	0,29	0,01
	соц			205	28	17,0	0,8	0,02	0,01	0,76	0,33
	к			1170	22	14,0	6,2	0,01	0,01	0,90	0,01
15. Акушинский р-он, с. Гапшима	л	5,7	7,3	980	83	9,0	4,0	0,07	0,66	1,26	0,03
	ст			66	28	4,8	0,7	0,03	0,01	0,15	0,01
	соц			300	14	7,9	1,8	0,05	0,17	0,59	0,03
	к			560	28	7,3	4,5	0,04	0,01	0,50	0,03
9. Цунтинский р-он, с. Цицимах	л	7,6	6,6	2460	40	6,0	3,6	0,15	0,19	1,20	0,01
	ст			1310	31	50,0	2,0	0,03	0,91	0,98	0,38
	соц			890	32	2,8	1,5	0,05	0,67	0,83	0,06
	к			1120	46	4,2	2,5	0,06	0,18	0,72	0,13
38. Рутульский р-он, с. Аракул	л	5,2	6,5	3800	195	7,70	2,40	0,01	0,51	3,0	0,41
	ст			910	62	2,90	1,50	0,18	0,14	0,59	0,44
	соц			580	84	0,93	0,06	0,13	1,20	11,0	0,02
	к			820	100	3,10	1,70	0,15	0,38	0,57	0,18
Региональный участок											
8. Хунзахский р-он, с. Шотода	л	12,5	7,1	510	35,0	12,0	2,2	0,02	0,01	1,60	0,02
	ст			65	15,0	10,7	0,9	0,01	0,01	0,26	0,10
	соц			65	24,0	16,0	0,9	0,01	0,15	0,26	0,06
	к			235	15,0	21,0	3,4	0,01	0,01	0,74	0,08

Таблица 10 - Содержание ТМ в надземной и подземной массе разных видов тысячелистника природных зон Дагестана, мг/кг сухого вещества

Тип почвы. Район, населенный пункт	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Низменная зона								
Тысячелистник обыкновенный								
Лугово-каштановая на галечниках, песках. Хасавюртовский, с. Тотурбийкала	<u>338</u> 246	<u>36,0</u> 44	<u>4,10</u> 4,3	<u>1,10</u> 1,60	<u>0,40</u> 0,12	<u>0,90</u> 1,30	<u>0,30</u> 0,60	<u>0,03</u> 0,02
Лугово-каштановая на глинах. Карабудахкентский, с. Манас	<u>197</u> 235	<u>30,0</u> 47	<u>4,50</u> 5,6	<u>2,50</u> 3,20	<u>0,24</u> 0,50	<u>1,03</u> 1,80	<u>0,26</u> 0,50	<u>0,06</u> 0,03
Тысячелистник таволговый								
Каштановая на глинах. Карабудахкентский, с. Манаскент	<u>416</u> 438	<u>24,3</u> 13,0	<u>9,50</u> 12,6	<u>4,85</u> 2,80	<u>0,01</u> 0,01	<u>1,75</u> 1,3	<u>0,27</u> 0,40	<u>0,12</u> 0,10
Тысячелистник благородный								
Лугово-каштановая на галечниках, песках. Кизилюртовский, с. Стальское	<u>466</u> 715	<u>27,0</u> 34	<u>6,16</u> 5,5	<u>0,79</u> 1,82	<u>0,18</u> 0,54	<u>0,39</u> 0,45	<u>0,12</u> 0,18	<u>0,09</u> 0,02
Каштановая на глинах. Кумторкалинский, с. Коркмаскала	<u>530</u> 1050	<u>25,5</u> 42,0	<u>3,80</u> 5,8	<u>0,73</u> 1,60	<u>0,40</u> 0,50	<u>0,19</u> 0,10	<u>0,28</u> 0,44	<u>0,05</u> 0,06
Тысячелистник Биберштейна								
Каштановая на глинах. Кумторкалинский, с. Коркмаскала	<u>306</u> 1068	<u>70,0</u> 92	<u>3,80</u> 4,8	<u>0,85</u> 2,80	<u>0,17</u> 0,24	<u>0,52</u> 0,45	<u>0,45</u> 0,86	<u>0,04</u> 0,04
Лугово-каштановая на галечниках, песках. Кизилюртовский, с. Стальское	<u>670</u> 410	<u>38,3</u> 28	<u>3,50</u> 4,90	<u>0,82</u> 1,40	<u>0,48</u> 0,23	<u>0,15</u> 0,40	<u>0,38</u> 0,53	<u>0,09</u> 0,09
Предгорная зона								
Тысячелистник обыкновенный								
Горно-луговая на глинах. Буйнакский, с. Эрпели	<u>366</u> 450	<u>21,50</u> 20,0	<u>4,90</u> 7,3	<u>4,30</u> 5,10	<u>0,50</u> 0,60	<u>2,83</u> 2,50	<u>0,35</u> 0,30	<u>0,07</u> 0,09
Тысячелистник таволговый								
Горно-каштановая на известняках. Карабудахкентский, с. Какамахи	<u>730</u> 430	<u>18,0</u> 40,0	<u>6,36</u> 8,5	<u>5,50</u> 4,20	<u>0,02</u> 0,01	<u>1,30</u> 0,50	<u>0,40</u> 0,30	<u>0,03</u> 0,02
Горно-луговая на глинах. Сергокалинский, с. Сергокала	<u>197</u> 150	<u>40,3</u> 41,0	<u>2,8</u> 1,7	<u>0,46</u> 2,80	<u>0,03</u> 0,07	<u>0,12</u> 0,17	<u>0,43</u> 0,19	<u>0,08</u> 0,04

Продолжение таблицы 10

Тип почвы. Район, населенный пункт	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Горно-луговая на глинах. Сергокалинский, с. Мюрего	$\frac{195}{140}$	$\frac{38,3}{45,0}$	$\frac{2,4}{1,5}$	$\frac{0,43}{2,50}$	$\frac{0,04}{0,05}$	$\frac{0,10}{0,15}$	$\frac{0,40}{0,16}$	$\frac{0,06}{0,02}$
Тысячелистник благородный								
Горно-луговая на глинах. Сулейман-Стальский, с. Сайтаркент	$\frac{445}{420}$	$\frac{44,30}{16,0}$	$\frac{5,20}{9,8}$	$\frac{3,60}{0,70}$	$\frac{0,30}{0,40}$	$\frac{1,73}{2,10}$	$\frac{0,10}{0,30}$	$\frac{0,05}{0,04}$
Среднегорная зона								
Тысячелистник обыкновенный								
Горно-луговая на глинах. Акушинский, с. Усиша	$\frac{165}{1170}$	$\frac{24,30}{22,0}$	$\frac{12,2}{14,0}$	$\frac{1,70}{6,2}$	$\frac{0,02}{0,01}$	$\frac{0,23}{0,01}$	$\frac{0,60}{0,90}$	$\frac{0,10}{0,01}$
Горно-луговая на глинах. Акушинский, с. Гапшима	$\frac{448}{560}$	$\frac{41,60}{28,0}$	$\frac{7,23}{7,3}$	$\frac{2,18}{4,5}$	$\frac{0,05}{0,04}$	$\frac{0,31}{0,01}$	$\frac{0,60}{0,50}$	$\frac{0,02}{0,03}$
Горно-луговая на известняках. Хунзахский, с. Орота	$\frac{768}{460}$	$\frac{29,0}{18,0}$	$\frac{12,10}{13,0}$	$\frac{3,36}{5,5}$	$\frac{0,46}{0,79}$	$\frac{3,83}{1,0}$	$\frac{0,16}{1,10}$	$\frac{0,01}{0,03}$
Горно-луговая на известняках. Хунзахский, с. Батлаич	$\frac{443}{1120}$	$\frac{37,30}{31,0}$	$\frac{8,30}{11,0}$	$\frac{2,93}{5,2}$	$\frac{0,37}{0,38}$	$\frac{2,0}{2,0}$	$\frac{0,54}{1,10}$	$\frac{0,02}{0,06}$
Горно-луговая на песчаниках. Левашинский, с. Цудахар	$\frac{591}{560}$	$\frac{24,0}{18,0}$	$\frac{4,04}{11,0}$	$\frac{2,08}{3,7}$	$\frac{0,71}{1,50}$	$\frac{1,19}{0,01}$	$\frac{0,39}{0,63}$	$\frac{0,03}{0,01}$
Высокогорная зона								
Горно-луговая на сланцах. Цунтинский, с. Цицимах	$\frac{1553}{1120}$	$\frac{34,3}{46,0}$	$\frac{19,6}{4,2}$	$\frac{2,36}{2,5}$	$\frac{0,07}{0,06}$	$\frac{0,59}{0,18}$	$\frac{1,0}{0,72}$	$\frac{0,15}{0,13}$
Горно-луговая типичная на песчаниках. Рутульский, с. Аракул	$\frac{1763}{820}$	$\frac{113,6}{100,0}$	$\frac{3,84}{3,10}$	$\frac{1,32}{1,70}$	$\frac{0,11}{0,15}$	$\frac{0,62}{0,38}$	$\frac{4,86}{0,57}$	$\frac{0,29}{0,18}$
Региональный участок								
Горно-луговая дерновая на известняках. Хунзахский р-он, с. Шотода	$\frac{213}{235}$	$\frac{24,60}{15,0}$	$\frac{12,9}{21,0}$	$\frac{1,38}{3,4}$	$\frac{0,01}{0,01}$	$\frac{0,05}{0,01}$	$\frac{0,70}{0,74}$	$\frac{0,06}{0,08}$

Примечание. В числителе – надземная масса, в знаменателе – подземная масса.

Таблица 11 - Содержание ТМ в разных видах тысячелистника антропогенно нарушенных ландшафтов Дагестана, мг/кг сухого вещества

Тип почвы. Район, населенный пункт	Расстояние от дороги, м	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Низменная зона									
Тысячелистник обыкновенный									
Луговая на галечниках, песках. Кировский, с. Богатыревка	10	<u>336</u>	<u>34,3</u>	<u>3,33</u>	<u>1,07</u>	<u>0,22</u>	<u>0,69</u>	<u>1,56</u>	<u>0,09</u>
		320	4,9	0,7	0,89	0,01	0,81	0,30	0,05
Луговая на галечниках, песках. Кизилюртовский, с. Акнада	10	<u>241</u>	<u>52,3</u>	<u>4,36</u>	<u>0,84</u>	<u>0,21</u>	<u>0,20</u>	<u>1,13</u>	<u>0,17</u>
		350	56,0	3,1	2,24	0,19	0,91	0,04	0,15
Лугово-каштановая на галечниках, песках. Кировский район г. Махачкалы, с. Шамхал	10	<u>313</u>	<u>50,3</u>	<u>4,40</u>	<u>1,44</u>	<u>0,31</u>	<u>0,85</u>	<u>0,39</u>	<u>0,07</u>
		720	51,0	5,6	2,70	0,48	1,40	0,03	0,02
Лугово-каштановая на глинах. Карабудахкентский, с. Манас	10	<u>206</u>	<u>33,0</u>	<u>4,70</u>	<u>4,86</u>	<u>0,34</u>	<u>2,38</u>	<u>0,82</u>	<u>0,08</u>
		236	53,0	5,9	6,20	0,63	8,0	0,43	0,05
Лугово-каштановая на галечниках, песках. Хасавюртовский, с. Тотурбийкала	5	<u>706</u>	<u>85,3</u>	<u>6,63</u>	<u>1,03</u>	<u>0,29</u>	<u>0,99</u>	<u>0,31</u>	<u>0,03</u>
		630	57,0	3,9	1,80	0,13	0,25	0,72	0,02
Тысячелистник таволговый									
Светло-каштановая на глинах. Карабудахкентский. Трасса Махачкала-Манас	5	<u>420</u>	<u>25,60</u>	<u>10,30</u>	<u>4,03</u>	<u>0,02</u>	<u>1,60</u>	<u>9,01</u>	<u>0,14</u>
		440	15,0	12,9	2,40	0,01	1,5	0,63	0,11
Тысячелистник благородный									
Каштановая на глинах. Кумторкалинский, с. Учкент	10	<u>1956</u>	<u>120,6</u>	<u>4,10</u>	<u>0,80</u>	<u>1,31</u>	<u>0,61</u>	<u>2,30</u>	<u>0,19</u>
		1070	110,0	6,0	2,65	0,25	0,35	1,20	0,08
Каштановая на глинах. Кумторкалинский, с. Учкент	50	<u>807</u>	<u>27,80</u>	<u>7,70</u>	<u>2,48</u>	<u>0,53</u>	<u>0,20</u>	<u>0,84</u>	<u>0,37</u>
		1630	45,0	4,7	1,17	0,31	0,11	1,28	0,26

Продолжение таблицы 11

Тип почвы. Район, населенный пункт	Расстояние от дороги, м	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Лугово-каштановая на галечниках, песках. Кизилюртовский, с. Стальское	50	<u>490</u> 720	<u>29,30</u> 36,0	<u>7,23</u> 6,5	<u>0,84</u> 1,83	<u>0,21</u> 0,56	<u>0,42</u> 0,47	<u>0,58</u> 0,51	<u>0,53</u> 0,03
Тысячелистник Биберштейна									
Каштановая на глинах. Кумторкалинский, с. Учкент	10	<u>653</u> 702	<u>91,0</u> 82,0	<u>8,40</u> 7,3	<u>1,34</u> 2,10	<u>0,66</u> 0,64	<u>0,53</u> 0,18	<u>0,74</u> 1,10	<u>0,22</u> 0,07
Каштановая на глинах. Кумторкалинский, с. Учкент	70	<u>308</u> 1070	<u>72,0</u> 94,0	<u>4,0</u> 5,1	<u>0,86</u> 2,82	<u>0,19</u> 0,28	<u>0,53</u> 0,47	<u>0,50</u> 0,88	<u>0,04</u> 0,04
Лугово-каштановая на галечниках, песках. Кизилюртовский, с. Стальское	50	<u>736</u> 412	<u>41,0</u> 30,0	<u>3,76</u> 5,1	<u>0,92</u> 1,42	<u>0,52</u> 0,25	<u>0,16</u> 0,29	<u>1,03</u> 0,41	<u>0,25</u> 0,30
Предгорная зона									
Тысячелистник обыкновенный									
Горно-луговая на глинах. Буйнакский, турбаза Терменлик	5	<u>440</u> 490	<u>33,60</u> 27,0	<u>5,53</u> 10,0	<u>4,63</u> 5,5	<u>0,71</u> 0,75	<u>4,58</u> 2,70	<u>0,49</u> 0,20	<u>0,53</u> 0,80
Горно-луговая на глинах. Буйнакский, с. Эрпели	10	<u>438</u> 480	<u>33,40</u> 25,0	<u>5,52</u> 9,0	<u>4,60</u> 5,3	<u>0,69</u> 0,73	<u>4,56</u> 2,60	<u>0,48</u> 0,19	<u>0,52</u> 0,60
Тысячелистник таволговый									
Горно-каштановая на известняках. Карабудахкентский, с. Губден	10	<u>904</u> 438	<u>20,83</u> 45,0	<u>7,96</u> 9,4	<u>6,56</u> 5,4	<u>0,02</u> 0,01	<u>1,76</u> 0,5	<u>0,88</u> 0,54	<u>0,03</u> 0,02
Горно-каштановая на известняках. Карабудахкентский, с. Какамахи	10	<u>900</u> 439	<u>19,30</u> 43,0	<u>7,10</u> 9,1	<u>6,20</u> 5,2	<u>0,02</u> 0,01	<u>1,62</u> 0,5	<u>0,75</u> 0,52	<u>0,02</u> 0,02
Тысячелистник благородный									
Коричневая выщелоченная на глинах. Табасаранский, с. Дюбек	5	<u>950</u> 550	<u>22,20</u> 20,0	<u>11,90</u> 14,0	<u>4,83</u> 4,7	<u>0,86</u> 0,25	<u>9,0</u> 2,8	<u>1,05</u> 0,29	<u>0,28</u> 0,74

Продолжение таблицы 11

Тип почвы. Район, населенный пункт	Расстояние от дорог и, м	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Тысячелистник благородный									
Горно-луговая на глинах. Сулейман-Стальский, с. Касумкент	5	<u>565</u> 1280	<u>54,0</u> 70,0	<u>8,46</u> 17,0	<u>3,94</u> 0,85	<u>0,01</u> 0,01	<u>1,93</u> 2,2	<u>0,64</u> 0,29	<u>0,14</u> 0,08
Среднегорная зона									
Тысячелистник обыкновенный									
Горно-луговая на песчаниках. Левашинский, с. Цудахар	5	<u>570</u> 930	<u>26,0</u> 34,0	<u>15,0</u> 17,0	<u>6,96</u> 6,7	<u>0,37</u> 0,97	3,93 2,80	<u>2,35</u> 1,40	<u>0,03</u> 0,03
Горно-луговая на песчаниках. Докузпаринский, с. Каладжух	5	<u>256</u> 720	<u>23,0</u> 25,0	<u>6,43</u> 7,80	<u>5,03</u> 7,7	<u>0,52</u> 0,31	9,53 4,20	<u>1,56</u> 0,58	<u>0,04</u> 0,04
Горно-луговая на песчаниках. Лакский, с. Унчукатль	5	<u>1088</u> 72	<u>56,60</u> 52,0	<u>15,36</u> 1,50	<u>3,60</u> 3,1	2,70 1,40	3,26 0,81	<u>0,97</u> 0,16	<u>0,01</u> 0,03
Горно-луговая на песчаниках. Лакский, с. Унчукатль	10	<u>1000</u> 1035	<u>43,50</u> 58,0	<u>6,35</u> 27,0	<u>4,40</u> 11,0	3,95 0,81	<u>1,13</u> 3,50	<u>0,51</u> 0,74	<u>0,01</u> 0,01
Горно-луговая на песчаниках. Гунибский, с. Гуниб	10	<u>390</u> 1930	<u>29,0</u> 42,0	<u>6,50</u> 9,4	<u>2,30</u> 2,6	<u>0,06</u> 0,08	<u>0,16</u> 0,26	<u>0,59</u> 3,60	<u>0,03</u> 0,16
Горно-луговая на известняках. Хунзахский, Хунзахское плато	10	<u>456</u> 720	<u>29,0</u> 38,0	<u>15,0</u> 19,0	<u>3,70</u> 7,5	<u>0,46</u> 0,44	5,0 4,5	<u>0,33</u> 0,09	<u>0,09</u> 0,01
Горно-луговая на известняках. Хунзахский, с. Батлаич	5	<u>292</u> 240	<u>18,0</u> 2,0	<u>8,70</u> 12,5	<u>1,30</u> 6,1	<u>0,01</u> 0,01	<u>1,2</u> 0,8	<u>2,20</u> 0,24	<u>0,05</u> 0,03
Горно-луговая дерновая на известняках. Хунзахский, с. Хариколо	10	<u>193</u> 230	<u>17,80</u> 19,0	<u>4,60</u> 5,6	<u>3,73</u> 5,2	<u>0,53</u> 0,38	<u>3,06</u> 2,5	<u>1,01</u> 0,40	<u>0,02</u> 0,01
Горно-луговая на песчаниках. Левашинский, с. Леваша	5	<u>1103</u> 1090	<u>19,60</u> 18,0	<u>10,3</u> 13,3	<u>6,20</u> 6,8	<u>0,02</u> 0,01	<u>1,20</u> 1,7	<u>0,46</u> 0,77	<u>0,02</u> 0,01
МДУ для кормовых трав (Санитарные..., 2002)		-	-	50,0	30	1,0	3,0	5,0	0,3

Примечание. В числителе – надземная масса, в знаменателе – подземная масса. Полужирным шрифтом выделены превышения максимально допустимого уровня (МДУ), мг/кг

Таблица 12 – Коэффициент биологического поглощения элементов (КБП) *Achillea millefolium* L.

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Природные	Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая																
	Хасавюртовский, с. Тотурбийкала	0,01	0,01	0,10	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,03	0,10	0,10	0,02	0,05	0,04	0,03
	Карабудахкентский, с. Манаскент	0,01	0,01	0,10	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,20	0,03	0,10	0,20	0,10
	A _x	0,01	0,01	0,10	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,02	0,10	0,10	0,10
	Горно-луговая карбонатная, средне-, тяжелосуглинистая и глинистая																
	Буйнакский, с. Эрпели	0,02	0,02	0,06	0,05	0,1	0,1	0,4	0,5	0,10	0,2	0,10	0,10	0,03	0,03	0,1	0,1
	Акушинский, с. Усиша	0,01	0,06	0,17	0,16	0,39	0,45	0,12	0,42	0,01	0,01	0,03	0,01	0,05	0,30	2,50	0,25
	Акушинский, с. Гапшима	0,03	0,04	0,23	0,15	0,28	0,29	0,16	0,35	0,02	0,02	0,02	0,01	0,05	0,04	0,02	0,03
	Хунзахский, с. Орота	0,04	0,03	0,12	0,07	0,48	0,52	0,14	0,23	0,24	0,42	0,47	0,13	0,03	0,18	0,01	0,03
	Левашинский, с. Цудахар	0,03	0,03	0,08	0,06	0,15	0,42	0,18	0,34	0,24	0,50	0,14	0,01	0,05	0,08	0,03	0,01
	Хунзахский, с. Батлаич	0,02	0,05	0,06	0,05	0,34	0,46	0,19	0,35	0,13	0,14	0,50	0,50	0,07	0,16	0,03	0,07
	A _x	0,02	0,04	0,10	0,10	0,30	0,40	0,20	0,40	0,10	0,20	0,20	0,10	0,05	0,10	0,40	0,10
	Горно-луговая среднесуглинистая на сланцах																
	Цунтинский, с. Цицимах	0,04	0,03	0,10	0,14	0,44	0,09	0,04	0,05	0,02	0,02	0,06	0,02	0,07	0,05	0,25	0,22
	Горно-луговая типичная среднесуглинистая																
	Рутульский, с. Аракул	0,05	0,02	0,45	0,40	0,13	0,10	0,07	0,08	0,07	0,10	0,05	0,03	0,18	0,02	0,29	0,18
Средний A _x	0,03	0,03	0,15	0,13	0,27	0,28	0,13	0,25	0,10	0,16	0,16	0,11	0,06	0,10	0,35	0,10	

Продолжение таблицы 12

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd		
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
		Луговая карбонатная тяжелосуглинистая																
Антропогенно нарушенные	Кировский, с. Богатыревка	0,01	0,01	0,06	0,01	0,10	0,02	0,03	0,03	0,12	0,01	0,04	0,05	0,12	0,02	0,13	0,07	
	Кизилюртовский, с. Акнада	0,01	0,01	0,12	0,12	0,18	0,13	0,03	0,08	0,07	0,06	0,02	0,08	0,08	0,01	0,28	0,25	
	А _х	0,01	0,01	0,09	0,06	0,14	0,07	0,03	0,05	0,09	0,04	0,03	0,06	0,13	0,02	0,21	0,16	
			Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая															
	Карабудахкентский, с. Манаскент	0,01	0,01	0,1	0,1	0,21	0,27	0,08	0,11	0,12	0,23	0,2	0,8	0,08	0,04	0,14	0,09	
	Хасавюртовский, с. Тотурбийкала	0,02	0,02	0,14	0,09	0,25	0,15	0,07	0,13	0,09	0,04	0,07	0,02	0,02	0,05	0,01	0,01	
	Кировский, с. Шамхал	0,01	0,02	0,09	0,09	0,11	0,13	0,09	0,18	0,13	0,19	0,05	0,08	0,04	0,01	0,06	0,02	
	А _х	0,01	0,02	0,12	0,09	0,19	0,18	0,08	0,14	0,12	0,15	0,10	0,30	0,05	0,03	0,07	0,04	
			Горно-луговая карбонатная легко-, средне-, тяжелосуглинистая и глинистая															
	Буйнакский, турбаза Терменлик	0,02	0,02	0,04	0,04	0,07	0,14	0,40	0,48	0,18	0,19	0,07	0,04	0,04	0,02	0,33	0,50	
	Буйнакский, с. Эрпели	0,02	0,02	0,04	0,03	0,07	0,13	0,45	0,51	0,19	0,21	0,07	0,04	0,04	0,02	0,40	0,46	
	Левашинский, с. Леваши	0,04	0,04	0,07	0,07	0,24	0,32	0,33	0,36	0,01	0,01	0,08	0,12	0,03	0,04	0,02	0,01	
	Гунибский, с. Гуниб	0,03	0,12	0,13	0,19	0,12	0,16	0,14	0,15	0,04	0,05	0,01	0,02	0,05	0,30	0,31	2,0	

Продолжение таблицы 12

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Антропогенно нарушенные	Горно-луговая карбонатная легко-, средне-, тяжелосуглинистая и глинистая																
	Лакский, с. Унчукатль	0,05	0,01	0,37	0,35	0,34	0,03	0,05	0,05	1,12	0,58	0,49	0,12	0,12	0,02	0,01	0,03
	Лакский, с. Унчукатль	0,05	0,05	0,2	0,3	0,64	2,70	0,09	0,24	1,88	0,38	0,2	0,5	0,06	0,08	0,02	0,02
	Левашинский, с. Цудахар	0,04	0,07	0,08	0,12	0,30	0,34	0,33	0,32	0,15	0,38	1,31	0,93	0,34	0,20	0,02	0,02
	Докузпаринский, с. Каладжух	0,01	0,03	0,05	0,05	0,11	0,13	0,07	0,12	0,15	0,08	1,83	0,81	0,08	0,03	0,02	0,02
	Хунзахский, Хунзахское плато	0,02	0,03	0,05	0,06	0,58	0,73	0,26	0,54	0,25	0,24	1,16	1,05	0,04	0,01	0,26	0,03
	Хунзахский, с. Батлаич	0,12	0,01	0,03	0,01	0,35	0,50	0,09	0,44	0,01	0,01	0,32	0,21	0,22	0,02	0,06	0,03
	А _х	0,04	0,04	0,10	0,10	0,30	0,50	0,20	0,30	0,40	0,20	0,50	0,40	0,10	0,07	0,10	0,30
	Горно-луговая дерновая карбонатная среднесуглинистая																
	Хунзахский, с. Хариколо	0,01	0,01	0,04	0,04	0,05	0,06	0,12	0,16	0,11	0,08	0,60	0,49	0,11	0,04	0,01	0,01
Горно-луговая дерновая легкосуглинистая																	
Региональная	Хунзахский, с. Шотода	0,01	0,02	0,04	0,03	0,06	0,11	0,03	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,15	0,20
	Средний А _х	0,03	0,03	0,10	0,10	0,20	0,40	0,20	0,20	0,30	0,20	0,40	0,30	0,10	0,10	0,10	0,20

Примечание табл. 12-15. 1 – коэффициент биологического поглощения элементов, рассчитанный для надземной, 2 – для подземной массы.

Таблица 13 - Коэффициент биологического поглощения элементов (КБП) *Achillea filipendulina* Lam.

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Природные	Каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Карабудахкентский, с. Манаскент	0,03	0,03	0,12	0,06	0,63	0,84	0,32	0,18	0,01	0,01	0,18	0,14	0,08	0,04	0,12	0,10
	Горно-каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Карабудахкентский, с. Какамахи	0,10	0,04	0,04	0,10	0,20	0,30	1,10	0,8	0,01	0,01	0,10	0,05	0,04	0,03	0,10	0,05
	Горно-луговая карбонатная среднесуглинистая																
	Сергокалинский, с. Сергокала	0,01	0,01	0,12	0,12	0,09	0,06	0,05	0,33	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,10	0,05
	Сергокалинский, с. Мюрего	0,01	0,01	0,11	0,13	0,08	0,05	0,05	0,31	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,08	0,02
A _x	0,01	0,01	0,11	0,12	0,08	0,05	0,05	0,32	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,09	0,04	
Средний A _x		0,04	0,02	0,10	0,10	0,20	0,30	0,40	0,40	0,01	0,01	0,10	0,05	0,04	0,02	0,10	0,05
Антропогенно нарушенные	Светло-каштановая карбонатная легкосуглинистая																
	Карабудахкентский. Трасса Махачкала-Манас	0,03	0,03	0,14	0,07	0,79	0,99	0,31	0,18	0,01	0,01	0,17	0,16	0,60	0,04	0,14	0,12
	Горно-каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Карабудахкентский, с. Губден	0,08	0,04	0,04	0,10	0,26	0,32	1,15	0,95	0,01	0,01	0,18	0,05	0,05	0,03	0,04	0,02
	Карабудахкентский, с. Какамахи	0,08	0,04	0,04	0,10	0,26	0,34	1,07	0,89	0,01	0,01	0,16	0,05	0,05	0,03	0,03	0,02
	A _x	0,08	0,04	0,04	0,10	0,26	0,33	1,11	0,92	0,01	0,01	0,17	0,05	0,05	0,03	0,03	0,02
Средний A _x		0,10	0,04	0,10	0,10	0,40	0,60	0,80	0,70	0,01	0,01	0,20	0,10	0,20	0,03	0,10	0,05

Таблица 14 - Коэффициент биологического поглощения элементов (КБП) *Achillea nobilis* L.

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Природные	Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Кизилюртовский, с. Стальское	0,02	0,03	0,06	0,08	0,1	0,1	0,09	0,21	0,03	0,10	0,03	0,03	0,01	0,01	0,15	0,03
	Каштановая среднесуглинистая																
	Кумторкалинский, с. Коркмаскала	0,02	0,04	0,10	0,10	0,1	0,2	0,1	0,10	0,10	0,10	0,01	0,01	0,03	0,05	0,04	0,05
	Горно-луговая карбонатная тяжелосуглинистая																
Сулейман-Стальский, с. Сайтаркент	0,02	0,02	0,10	0,05	0,1	0,2	0,1	0,03	0,10	0,1	0,20	0,30	0,01	0,02	0,20	0,10	
	Средний А _х	0,02	0,03	0,10	0,07	0,1	0,2	0,1	0,10	0,07	0,1	0,08	0,10	0,02	0,03	0,10	0,06
Антропогенно нарушенные	Каштановая среднесуглинистая																
	Кумторкалинский, с. Учкент	0,07	0,04	0,28	0,25	0,1	0,2	0,06	0,21	0,31	0,06	0,04	0,02	0,10	0,05	0,16	0,07
	Кумторкалинский, с. Учкент	0,03	0,06	0,06	0,09	0,3	0,2	0,11	0,03	0,17	0,11	0,02	0,01	0,03	0,04	0,41	0,28
	А _х	0,05	0,05	0,17	0,17	0,2	0,2	0,08	0,12	0,24	0,08	0,03	0,02	0,06	0,04	0,28	0,17
	Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Кизилюртовский, с. Стальское	0,02	0,03	0,06	0,08	0,1	0,1	0,09	0,21	0,03	0,08	0,03	0,03	0,03	0,02	0,26	0,02
	Коричневая выщелоченная глинистая																
	Табасаранский, с. Дюбек	0,03	0,02	0,06	0,05	1,2	1,4	0,76	0,75	0,11	0,03	3,0	0,93	0,07	0,02	0,11	0,29
	Горно-луговая карбонатная тяжелосуглинистая																
Сулейман-Стальский, с. Касумкент	0,02	0,04	0,11	0,13	0,2	0,3	0,06	0,01	0,01	0,01	0,24	0,27	0,04	0,02	0,02	0,01	
	Средний А _х	0,03	0,04	0,10	0,10	0,4	0,4	0,20	0,20	0,10	0,10	0,70	0,20	0,05	0,03	0,20	0,10

Таблица 15 - Коэффициент биологического поглощения элементов (КБП) *Achillea biebersteinii* Afan.

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Природные	Каштановая среднесуглинистая																
	Кумторкалинский, с. Коркмаскала	0,01	0,04	0,20	0,22	0,1	0,2	0,10	0,2	0,04	0,06	0,03	0,03	0,05	0,09	0,04	0,03
	Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Кизилюртовский, с. Стальское	0,02	0,01	0,10	0,06	0,1	0,1	0,10	0,2	0,10	0,04	0,01	0,03	0,02	0,03	0,10	0,10
	Средний A_x	0,01	0,02	0,10	0,10	0,1	0,1	0,10	0,2	0,07	0,05	0,02	0,03	0,03	0,06	0,07	0,06
Антропогенно нарушенные	Каштановая среднесуглинистая																
	Кумторкалинский, с. Учкент	0,01	0,04	0,16	0,22	0,1	0,2	0,06	0,2	0,04	0,06	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03
	Кумторкалинский, с. Учкент	0,03	0,03	0,21	0,18	0,3	0,3	0,06	0,1	0,20	0,2	0,04	0,02	0,05	0,07	0,30	0,08
	A_x	0,02	0,03	0,20	0,20	0,2	0,2	0,06	0,1	0,1	0,1	0,03	0,02	0,03	0,05	0,20	0,05
	Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Кизилюртовский, с. Стальское	0,03	0,02	0,09	0,06	0,1	0,1	0,11	0,2	0,08	0,04	0,01	0,02	0,05	0,02	0,13	0,15
	Средний A_x	0,02	0,03	0,20	0,20	0,2	0,2	0,10	0,2	0,10	0,10	0,03	0,02	0,04	0,04	0,10	0,10

Таблица 16 - Коэффициент биогеохимической подвижности элементов (B_x 1) для *Achillea millefolium* L.

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая															
Природные	Карабудахкентский, с. Манаскент	0,18	0,22	0,12	0,18	0,55	0,70	0,25	0,32	0,20	0,42	0,68	1,20	0,08	0,16	0,60	0,30
	Хасавюртовский, с. Тотурбийкала	0,14	0,10	0,18	0,22	0,40	0,50	0,40	0,50	0,30	0,10	0,30	0,40	0,06	0,10	0,30	0,20
	A_x	0,16	0,16	0,15	0,20	0,45	0,60	0,32	0,41	0,25	0,26	0,49	0,80	0,07	0,13	0,45	0,25
		Горно-луговая карбонатная, средне-, тяжелосуглинистая и глинистая															
	Буйнакский, с. Эрпели	0,25	0,30	0,08	0,07	0,37	0,56	0,91	1,10	0,50	0,60	1,20	1,10	0,08	0,07	0,35	0,45
	Акушинский, с. Усиша	0,08	0,60	0,18	0,16	0,93	1,07	1,21	4,43	0,03	0,02	0,14	0,01	0,15	1,0	2,50	0,25
	Акушинский, с. Гапшима	0,17	0,20	0,26	0,17	0,52	0,52	1,04	2,14	0,04	0,03	0,23	0,01	0,13	0,11	0,30	0,50
	Хунзахский, с. Орта	0,51	0,31	0,17	0,10	1,34	1,44	0,98	1,62	0,28	0,49	1,53	0,40	0,04	0,27	0,05	0,15
	Левашинский, с. Цудахар	0,27	0,25	0,11	0,08	0,31	0,85	0,52	0,93	0,47	1,0	0,38	0,01	0,07	0,08	0,04	0,02
	Хунзахский, с. Батлаич	0,25	0,64	0,12	0,10	1,18	1,57	0,45	0,80	0,15	0,16	1,33	1,33	0,10	0,20	0,04	0,12
	A_x	0,25	0,38	0,15	0,11	0,77	1,0	0,85	1,84	0,24	0,38	0,80	0,47	0,09	0,28	0,55	0,25
		Горно-луговая среднесуглинистая на сланцах															
	Цунтинский, с. Цицимах	0,34	0,24	0,11	0,14	0,78	0,16	0,84	0,89	0,10	0,09	0,91	0,27	0,08	0,06	2,50	2,20

Продолжение таблицы 16

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Горно-луговая типичная среднесуглинистая																
	Рутульский, с. Аракул	0,87	0,41	0,52	0,45	0,55	0,45	0,40	0,52	0,07	0,11	0,34	0,21	0,44	0,05	0,9	0,5
	Средний A _x	0,31	0,33	0,18	0,16	0,70	0,78	0,70	1,32	0,21	0,30	0,70	0,49	0,12	0,21	0,76	0,47
Антропогенно нарушенные	Луговая карбонатная тяжелосуглинистая																
	Кировский, с. Богатыревка	0,07	0,07	0,08	0,01	0,27	0,06	0,09	0,08	0,14	0,01	0,11	0,13	0,15	0,03	0,16	0,09
	Кизилюртовский, с. Акнада	0,05	0,08	0,18	0,19	0,31	0,22	0,14	0,38	0,09	0,08	0,04	0,21	0,11	0,01	0,39	0,35
	A _x	0,06	0,07	0,13	0,10	0,29	0,14	0,12	0,23	0,12	0,04	0,07	0,17	0,13	0,02	0,27	0,22
	Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая																
	Карабудахкентский, с. Манаскент	0,18	0,22	0,10	0,17	0,39	0,49	0,44	0,56	0,17	0,33	1,25	4,21	0,11	0,06	0,22	0,14
	Хасавюртовский, с. Тотурбийкала	0,22	0,19	0,24	0,16	0,63	0,37	0,12	0,21	0,18	0,08	0,18	0,05	0,03	0,06	0,07	0,04
	Кировский, с. Шамхал	0,08	0,18	0,13	0,14	0,43	0,54	0,16	0,31	0,28	0,44	0,09	0,16	0,05	0,01	0,32	0,07
	A _x	0,16	0,19	0,16	0,15	0,48	0,46	0,24	0,36	0,21	0,28	0,51	1,47	0,06	0,04	0,21	0,08
	Горно-луговая карбонатная средне-, тяжелосуглинистая и глинистая																
	Буйнакский, турбаза. Терменлик	0,14	0,15	0,06	0,05	0,27	0,50	0,46	0,55	0,28	0,30	1,83	1,08	0,04	0,02	0,53	0,80
	Буйнакский, с. Эрпели	0,14	0,15	0,06	0,05	0,31	0,50	0,48	0,56	0,30	0,32	1,98	1,13	0,04	0,02	0,53	0,61
	Левашинский, с. Леваша	0,40	0,39	0,08	0,07	0,61	0,78	2,22	2,43	0,02	0,01	1,74	2,46	0,06	0,09	0,15	0,10
	Гунибский, с. Гуниб	0,27	1,35	0,14	0,21	0,31	0,45	1,09	1,24	0,04	0,06	0,35	0,56	0,06	0,37	0,50	3,20

Продолжение таблицы 16

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd		
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Антропогенно нарушенные	Лакский, с. Унчукатль	0,77	0,79	0,38	0,35	0,75	3,22	4,0	10,0	3,04	0,62	0,45	1,40	0,07	0,11	0,02	0,02	
	Докузпаринский, с. Каладжух	0,06	0,16	0,19	0,08	0,20	0,24	0,68	1,04	0,23	0,13	2,22	0,97	0,08	0,03	0,05	0,05	
	Хунзахский, Хунзахское плато	0,15	0,24	0,07	0,09	0,83	1,05	0,73	1,47	0,46	0,44	1,61	1,45	0,04	0,01	0,36	0,04	
	Хунзахский, с. Батлаич	0,16	0,13	0,04	0,01	1,02	1,47	0,23	1,08	0,01	0,01	0,63	0,42	0,28	0,03	0,07	0,04	
	Лакский, с. Унчукатль	0,95	0,06	0,23	0,31	1,18	0,12	6,32	5,44	1,80	0,93	1,31	0,33	0,16	0,03	0,01	0,03	
	Левашинский, с. Цудахар	0,45	0,73	0,11	0,14	0,39	0,45	0,94	0,91	0,17	0,46	2,07	1,47	0,35	0,21	0,03	0,04	
	A _x	0,30	0,40	0,14	0,14	0,60	0,90	1,70	2,50	0,60	0,30	1,40	1,12	0,12	0,11	0,20	0,50	
	Горно-луговая дерновая карбонатная среднесуглинистая																	
	Хунзахский, с. Хариколо	0,11	0,13	0,05	0,05	0,51	0,62	1,28	1,79	0,22	0,16	1,61	1,32	0,15	0,06	0,01	0,01	
Горно-луговая дерновая легкосуглинистая																		
Региональные	Хунзахский, с. Шотода	0,12	0,14	0,07	0,04	0,18	0,31	0,27	0,66	0,01	0,01	0,18	0,04	0,03	0,04	2,0	2,6	
Средний A _x		0,25	0,30	0,13	0,13	0,50	0,60	1,15	1,68	0,44	0,26	1,0	1,0	0,10	0,07	0,32	0,48	

Примечание к табл. 16-23. 1 – коэффициент биогеохимической подвижности элементов, рассчитанный для надземной, 2 - для подземной массы.

Таблица 17 - Коэффициент биогеохимической подвижности элементов (B_x 1) для *Achillea filipendulina* Lam.

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Природные	Каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Карабудахкентский, с. Манаскент	0,38	0,41	0,24	0,13	0,79	1,05	2,30	1,33	0,04	0,04	0,60	0,45	0,05	0,07	2,4	2,0
	Горно-каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Карабудахкентский, с. Какамахи	0,77	0,45	0,12	0,27	0,39	0,53	2,40	1,80	0,03	0,01	4,30	1,60	0,10	0,07	0,30	0,20
	Горно-луговая карбонатная среднесуглинистая																
	Сергокалинский, с. Сергокала	0,12	0,09	0,14	0,14	0,20	0,12	0,22	1,33	0,04	0,08	0,08	0,13	0,09	0,04	1,60	0,80
	Сергокалинский, с. Мюрего	0,12	0,08	0,14	0,16	0,17	0,11	0,21	1,25	0,05	0,06	0,07	0,12	0,09	0,04	1,0	0,30
A_x	0,12	0,08	0,14	0,15	0,18	0,12	0,22	1,29	0,04	0,07	0,07	0,12	0,09	0,04	1,3	0,5	
	Средний A_x	0,35	0,26	0,16	0,17	0,38	0,45	1,28	1,43	0,04	0,05	1,26	0,57	0,08	0,05	1,32	0,82
Антропогенно-нарушенные	Светло-каштановая карбонатная легкосуглинистая																
	Карабудахкентский. Трасса Махачкала-Манас	0,52	0,54	0,19	0,11	1,45	1,82	5,03	3,0	0,08	0,04	0,44	0,41	2,65	0,18	4,6	3,6
	Горно-каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Карабудахкентский, с. Губден	0,94	0,46	0,11	0,25	0,31	0,36	3,45	2,84	0,03	0,02	9,7	2,7	0,09	0,06	0,07	0,05
	Карабудахкентский, с. Какамахи	0,94	0,46	0,12	0,27	0,36	0,46	2,22	1,86	0,03	0,02	5,40	1,66	0,09	0,07	0,05	0,05
A_x	0,94	0,46	0,11	0,26	0,34	0,41	2,84	2,35	0,03	0,02	7,50	2,20	0,09	0,06	0,06	0,05	
	Средний A_x	0,80	0,50	0,14	0,21	0,70	0,80	3,50	2,50	0,05	0,03	5,20	1,60	0,90	0,10	1,60	1,20

Таблица 18 - Коэффициент биогеохимической подвижности элементов (B_x 1) для *Achillea nobilis* L.

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Природные	Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Кизилюртовский, с. Стальское	0,18	0,29	0,10	0,12	0,68	0,61	0,11	0,25	0,16	0,49	0,12	0,14	0,03	0,04	0,82	0,18
	Каштановая среднесуглинистая																
	Кумторкалинский, с. Коркмаскала	0,30	0,60	0,10	0,16	0,40	0,60	0,20	0,50	0,40	0,50	0,07	0,04	0,05	0,08	0,40	0,50
	Горно-луговая карбонатная тяжелосуглинистая																
Сулейман-Стальский, с. Сайтаркент	0,20	0,20	0,25	0,10	0,40	0,75	1,28	0,25	0,43	0,60	1,20	1,50	0,02	0,07	0,50	0,40	
	Средний A_x	0,23	0,36	0,15	0,13	0,49	0,65	0,53	0,33	0,33	0,53	0,46	0,56	0,03	0,06	0,57	0,36
Каштановая среднесуглинистая																	
Антропогенно-	Кумторкалинский, с. Учкент	0,42	0,85	0,08	0,13	0,31	0,18	0,42	0,19	0,27	0,16	0,08	0,04	0,03	0,05	0,86	0,61
	Кумторкалинский, с. Учкент	1,16	0,63	0,45	0,41	0,46	0,67	0,22	0,74	1,05	0,25	0,23	0,13	0,19	0,10	0,57	0,26
	A_x	0,79	0,74	0,26	0,27	0,38	0,43	0,32	0,46	0,66	0,18	0,15	0,08	0,11	0,07	0,72	0,44

Продолжение таблицы 18

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd		
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Антропогенно-нарушенные	Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая																	
	Кизилюртовский, с. Стальское	0,18	0,27	0,10	0,12	0,66	0,59	0,12	0,25	0,17	0,46	0,13	0,14	0,05	0,04	0,61	0,09	
	Коричневая выщелоченная глинистая																	
	Табасаранский, с. Дюбек	0,18	0,11	0,13	0,12	8,50	10,0	1,05	1,02	0,39	0,12	4,74	1,47	0,07	0,02	0,23	0,59	
	Горно-луговая карбонатная тяжелосуглинистая																	
Сулейман-Стальский, с. Касумкент	0,11	0,23	0,16	0,21	0,61	1,22	0,39	0,08	0,01	0,01	0,54	0,61	0,05	0,02	0,03	0,02		
	Средний А _х	0,40	0,40	0,18	0,19	2,10	2,50	0,40	0,40	0,40	0,20	1,10	0,50	0,10	0,05	0,50	0,30	

Таблица 19- Коэффициент биогеохимической подвижности элементов (B_x 1) для *Achillea biebersteinii* Afan.

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd		
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Природные	Каштановая среднесуглинистая																	
	Кумторкалинский, с. Коркмаскала	0,18	0,63	0,27	0,35	0,44	0,55	0,25	0,82	0,17	0,25	0,21	0,18	0,09	0,17	0,33	0,31	
	Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая																	
	Кизилюртовский, с. Стальское	0,30	0,20	0,14	0,10	0,40	0,50	0,30	0,50	0,40	0,20	0,05	0,10	0,10	0,10	0,80	0,80	
	Средний A_x	0,24	0,41	0,20	0,22	0,42	0,52	0,27	0,66	0,28	0,22	0,13	0,14	0,09	0,13	0,56	0,55	
Антропогенно нарушенные	Каштановая среднесуглинистая																	
	Кумторкалинский, с. Учкент	0,18	0,63	0,26	0,35	0,45	0,57	0,24	0,78	0,15	0,22	0,19	0,17	0,04	0,07	0,13	0,11	
	Кумторкалинский, с. Учкент	0,28	0,31	0,30	0,27	1,33	1,16	0,26	0,41	0,51	0,49	0,15	0,05	0,08	0,13	0,41	0,13	
	A_x	0,23	0,47	0,28	0,31	0,89	0,86	0,25	0,59	0,33	0,34	0,17	0,11	0,06	0,10	0,27	0,12	
	Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая																	
	Кизилюртовский, с. Стальское	0,27	0,15	0,14	0,10	0,34	0,46	0,13	0,19	0,43	0,21	0,05	0,08	0,08	0,03	0,76	0,91	
	Средний A_x	0,20	0,40	0,23	0,24	0,70	0,70	0,20	0,50	0,40	0,30	0,10	0,12	0,06	0,07	0,40	0,40	

Таблица 20 - Коэффициент биогеохимической подвижности элементов ($B_x 2$) для *Achillea millefolium* L.

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Природные	Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая																
	Хасавюртовский, с. Тотурбийкала	61,5	44,7	0,4	0,4	5,8	6,1	2,7	4,0	1,3	0,3	4,5	6,5	0,7	1,5	1,5	1,0
	Карабудахкентский, с. Манаскент	45,8	54,6	0,3	0,5	6,4	8,0	3,6	4,6	2,4	5,0	5,1	9,0	0,9	1,6	6,0	3,0
	A_x	53,6	49,6	0,3	0,4	6,1	7,0	3,1	4,3	1,8	2,6	4,8	7,7	0,8	1,5	3,7	2,0
	Горно-луговая карбонатная, средне-, тяжелосуглинистая и глинистая																
	Буйнакский, с. Эрпели	30,5	37,5	0,1	0,1	9,8	14,6	10,7	12,7	1,6	2,0	3,5	3,1	1,2	1,0	3,5	4,5
	Акушинский, с. Усиша	71,7	508,7	0,1	0,1	38,10	43,7	170,0	620,0	0,2	0,12	0,6	0,03	2,1	13,4	10,0	1,0
	Акушинский, с. Гапшима	26,4	32,9	0,3	0,2	103,3	104,3	12,8	26,5	0,4	0,36	10,3	0,3	2,1	1,8	2,0	3,0
	Хунзахский, с. Орта	139,7	83,6	0,2	0,1	43,1	46,4	9,1	14,8	3,5	6,07	127,6	33,3	0,2	1,57	1,0	3,0
	Хунзахский, с. Батлаич	52,2	131,7	0,3	0,2	19,8	26,2	11,7	20,8	1,1	1,1	25,0	25,0	0,9	1,8	2,0	6,0
	Левашинский, с. Цудахар	184,7	175,0	0,2	0,1	6,5	17,7	41,6	74,0	3,4	7,1	59,5	0,5	1,34	2,2	3,0	1,0
	A_x	84,2	161,5	0,2	0,1	38,1	36,7	42,6	128,1	1,7	2,8	37,7	10,4	1,3	3,6	3,6	3,1

Продолжение таблицы 20

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd		
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Природные	Горно-луговая среднесуглинистая на сланцах																	
	Цунтинский, с. Цицимах	323,5	233,3	0,5	0,7	8,2	1,7	8,7	9,3	1,7	1,5	1,3	0,4	3,8	2,8	3,7	3,3	
	Горно-луговая типичная среднесуглинистая																	
	Рутульский, с. Аракул	568,7	264,5	0,8	0,7	5,4	4,4	33,0	42,0	2,2	3,0	0,4	0,3	5,4	0,6	1,16	0,7	
	Средний A_x	150,5	156,6	0,32	0,31	24,6	27,3	30,4	82,8	1,8	2,7	23,8	7,8	1,8	2,8	3,4	2,6	
Антропогенно нарушенные	Луговая карбонатная тяжелосуглинистая																	
	Кировский, с. Богатыревка	12,9	12,3	0,3	0,04	2,0	0,4	2,4	2,02	0,4	0,02	3,6	4,3	1,5	0,3	9,0	5,0	
	Кизилюртовский, с. Акнада	4,5	6,5	0,4	0,5	6,7	4,8	1,5	3,9	1,0	0,9	1,4	6,5	1,0	0,04	17,0	15,0	
	A_x	8,7	9,4	0,3	0,2	4,4	2,6	1,9	2,9	0,7	0,5	2,5	5,4	1,2	0,2	13,0	10,0	
	Лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая																	
	Карабудахкентский, с. Манаскент	45,7	52,4	0,2	0,4	6,6	8,3	7,2	9,2	2,3	4,2	10,3	34,8	0,34	0,18	8,0	5,0	
	Хасавюртовский, с. Тотурбийкала	74,2	67,0	0,8	0,5	7,4	4,3	12,8	22,5	1,2	0,5	3,1	0,8	0,2	0,5	3,0	2,0	
	Кировский, с. Шамхал	26,1	60,0	0,6	0,6	4,7	5,9	1,2	2,2	1,0	1,6	6,1	10,0	0,4	0,03	7,0	2,0	
A_x	48,6	59,8	0,5	0,5	6,2	6,2	7,1	11,3	1,5	2,1	6,5	15,2	0,3	0,2	6,0	3,0		

Продолжение таблицы 20

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Антропогенно нарушенные	Горно-луговая карбонатная средне-, тяжелосуглинистая и глинистая																
	Буйнакский, турбаза Терменлик	9,6	10,7	0,1	0,1	5,9	10,6	3,9	4,6	1,3	1,4	4,0	2,4	0,2	0,1	53,0	80,0
	Буйнакский, с. Эрпели	13,7	15,0	0,1	0,1	6,5	10,6	5,1	5,9	1,3	1,4	4,1	2,3	0,2	0,1	52,0	60,0
	Левашинский, с. Леваша	234,7	231,9	0,22	0,20	206,0	266,0	68,8	75,5	0,3	0,2	20,0	28,0	0,7	1,0	2,0	1,0
	Гунибский, с. Гуниб	68,4	338,6	0,17	0,25	10,6	15,4	12,8	14,4	0,1	0,1	0,6	0,9	0,2	1,4	3,0	16,0
	Лакский, с. Унчукатль	197,9	13,1	0,4	0,4	11,8	1,1	9,23	7,9	16,9	8,7	25,1	6,2	1,8	0,3	1,0	3,0
	Докузпаринский, с. Каладжух	6,1	17,1	0,13	0,1	10,7	13,0	10,5	16,0	0,9	0,6	136,0	60,0	0,50	0,2	4,0	4,0
	Хунзахский, с. Батлаич	33,3	27,3	0,1	0,02	14,5	20,8	3,7	17,4	0,03	0,03	13,3	8,9	2,7	0,3	6,0	3,0

Продолжение таблицы 20

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Антропогенно нарушенные	Хунзахский, Хунзахское плато	7,5	11,8	0,2	0,2	27,8	35,2	6,5	13,2	0,9	0,9	62,5	56,2	0,2	0,06	9,0	1,0
	Лакский, с. Унчукатль	76,9	79,6	0,2	0,3	30,2	128,0	10,2	25,6	23,2	4,8	37,6	116,6	0,3	0,5	1,0	1,0
	Левашинский, с. Цудахар	21,1	34,4	0,1	0,2	375,0	425,0	8,4	8,1	1,1	2,8	131,0	93,3	1,6	0,9	2,0	3,0
	A _x	66,9	77,9	0,2	0,2	69,9	92,6	13,8	18,8	4,6	2,1	43,4	37,5	0,8	0,5	13,3	17,2
	Горно-луговая дерновая карбонатная среднесуглинистая																
	Хунзахский, с. Хариколо	23,3	27,7	0,1	0,1	10,4	12,7	18,6	26,0	1,6	1,1	43,7	35,7	1,7	0,7	2,0	1,0
Горно-луговая дерновая легкосуглинистая																	
Региональные	Хунзахский, с. Шотода	32,8	36,2	0,1	0,1	2,3	3,7	2,7	6,7	0,04	0,04	1,7	0,3	1,7	1,7	6,0	8,0
	Средний A _x	52,3	61,2	0,3	0,2	43,5	56,8	10,9	15,4	3,1	1,7	29,6	27,5	0,9	0,5	10,9	12,3

Таблица 21 - Коэффициент биогеохимической подвижности элементов (B_x 2) для *Achillea filipendulina* Lam.

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Природные	Каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Карабудахкентский, с. Манаскент	99,0	104,3	0,3	0,2	15,3	20,3	10,5	6,1	0,05	0,05	9,2	6,8	1,5	2,2	12,0	10,0
	Горно-каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Карабудахкентский, с. Какамахи	36,5	21,5	0,1	0,3	318,0	425,0	7,8	6,0	0,5	0,2	18,6	7,1	1,3	1,0	3,0	2,0
	Горно-луговая карбонатная среднесуглинистая																
	Сергокалинский, с. Сергокала	58,1	44,1	0,2	0,2	56,0	34,0	9,2	56,0	0,3	0,8	6,0	8,5	1,2	0,5	8,0	4,0
	Сергокалинский, с. Мюрего	62,9	45,2	0,2	0,2	80,0	50,0	10,7	62,0	0,6	0,7	5,0	7,5	1,4	0,6	3,0	1,0
A_x	60,5	44,6	0,2	0,2	68,0	42,0	9,9	59,0	0,4	0,7	5,5	8,0	1,3	0,5	5,5	2,5	
Средний A_x		64,1	53,7	0,2	0,2	117,3	132,3	9,6	32,5	0,4	0,4	9,7	7,5	1,4	1,1	6,5	4,2
Антропогенно-нарушенные	Светло-каштановая карбонатная легкосуглинистая																
	Карабудахкентский. Трасса Махачкала-Манас	525,0	550,0	0,5	0,3	33,2	41,6	28,7	17,1	0,2	0,1	53,0	50,0	47,0	3,3	14,0	11,0
	Горно-каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Карабудахкентский, с. Губден	36,2	17,5	0,1	0,3	398,0	470,0	6,9	5,7	0,3	0,1	17,0	5,2	3,0	1,8	0,1	0,05
Карабудахкентский, с. Какамахи	40,9	19,9	0,1	0,3	355,0	455,0	7,1	5,9	0,4	0,2	20,0	6,2	2,8	1,9	0,06	0,06	
A_x		38,5	18,7	0,1	0,3	376,0	462,5	7,02	5,8	0,3	0,17	18,0	5,7	2,9	1,8	0,07	0,05
Средний A_x		200,7	195,8	0,2	0,3	262,1	322,2	14,3	9,6	0,3	0,1	30,0	20,5	17,6	2,4	4,7	3,7

Таблица 22 - Коэффициент биогеохимической подвижности элементов ($B_x 2$) для *Achillea nobilis* L.

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая															
Природные	Кизилюртовский, с. Стальское	172,6	264,8	0,2	0,3	8,2	7,3	1,5	3,5	3,0	9,0	7,8	9,0	0,4	0,5	4,5	1,0
		Каштановая среднесуглинистая															
	Кумторкалинский, с. Коркмаскала	58,8	116,6	0,3	0,4	5,1	7,7	0,8	1,7	0,5	0,6	1,9	1,0	2,3	3,6	2,5	3,0
		Горно-луговая карбонатная тяжелосуглинистая															
	Сулейман-Стальский, с. Сайтаркент	46,8	44,2	0,4	0,1	12,1	22,8	9,0	1,7	1,5	2,0	17,3	21,0	0,3	0,9	5,0	4,0
	Средний A_x	92,7	141,8	0,3	0,3	8,5	12,6	3,8	2,3	1,6	3,8	9,0	10,3	1,0	1,6	4,0	2,6

Продолжение таблицы 22

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd		
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Каштановая среднесуглинистая																		
Антропогенно-нарушенные	Кумторкалинский, с. Учкент	514,7	281,6	1,1	0,9	24,1	35,3	7,3	24,1	16,4	3,1	3,8	2,2	0,5	0,3	4,7	2,0	
	Кумторкалинский, с. Учкент	97,2	196,4	0,2	0,4	8,9	5,5	22,5	10,6	0,5	0,3	2,5	1,4	0,3	0,4	37,0	26,0	
	A _x	305,9	239,0	0,6	0,7	16,5	20,4	14,9	17,4	8,4	1,7	3,1	1,8	0,4	0,3	20,8	14,0	
	Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая																	
	Кизилюртовский, с. Стальское	196,0	288,0	0,2	0,3	8,9	8,0	1,0	2,2	3,0	8,0	7,0	7,8	0,9	0,8	10,6	0,6	
	Коричневая выщелоченная глинистая																	
	Табасаранский, с. Дюбек	146,2	84,6	0,4	0,3	18,6	21,8	27,0	26,0	8,6	2,5	39,0	12,0	0,8	0,2	14,0	37,0	
	Горно-луговая карбонатная тяжелосуглинистая																	
Сулейман-Стальский, с. Касумкент	33,3	75,3	0,5	0,6	19,2	38,6	7,9	1,7	0,05	0,05	24,0	27,0	0,9	0,4	7,0	4,0		
	Средний A _x	197,5	185,2	0,5	0,5	15,9	21,8	13,0	12,9	5,7	2,8	15,3	10,1	0,7	0,4	14,6	13,9	

Таблица 23 - Коэффициент биогеохимической подвижности элементов (B_x 2) для *Achillea biebersteinii* Afan.

Места произрастания	Район исследования и населенный пункт	Fe		Mn		Zn		Cu		Co		Ni		Pb		Cd	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Природные	Каштановая среднесуглинистая																
	Кумторкалинский, с. Кормаскала	34,0	118,6	0,7	0,9	5,1	6,4	0,9	3,1	0,2	0,3	5,2	4,5	3,7	7,2	2,0	2,0
	Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Кизилюртовский, с. Стальское	248,1	151,8	0,3	0,2	4,6	6,5	1,6	2,7	8,0	3,8	3,0	8,0	1,2	1,6	4,5	4,5
	Средний A_x	141,0	135,2	0,5	0,6	4,8	6,4	1,3	2,9	4,1	2,0	4,1	6,2	2,5	4,4	3,2	3,2
Антропогенно-нарушенные	Каштановая среднесуглинистая																
	Кумторкалинский, с. Учкент	171,8	184,7	0,8	0,7	49,4	42,9	12,2	19,1	8,3	8,0	3,3	1,1	0,2	0,3	5,5	1,7
	Кумторкалинский, с. Учкент	93,3	324,2	1,3	1,7	8,5	10,8	4,5	14,8	2,4	3,5	1,6	1,4	1,2	2,1	1,0	1,0
	A_x	132,5	254,4	1,1	0,9	28,9	26,8	8,3	16,9	5,3	5,7	2,4	1,2	0,7	1,2	3,2	1,3
	Лугово-каштановая карбонатная среднесуглинистая																
	Кизилюртовский, с. Стальское	294,4	164,8	0,3	0,2	4,6	6,3	1,1	1,7	7,4	3,6	2,7	4,8	1,6	0,6	5,0	6,0
	Средний A_x	186,5	224,5	0,8	0,8	20,8	20,0	5,9	11,8	6,0	5,0	2,5	2,4	1,0	1,0	3,8	2,9