

На правах рукописи



Бускунова Гульсина Гильмановна

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ACHILLEA NOBILIS L. В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ
ЮЖНОГО УРАЛА**

Специальность 03.00.16 - экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Уфа 2009

Работа выполнена на кафедре экологии Сибайского института (филиал)
ГОУ ВПО «Башкирский государственный университет»

Научный руководитель: кандидат биологических наук, доцент
Аминева Аниса Ахметсафеевна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Миркин Борис Михайлович

кандидат биологических наук
Анищенко Ирина Евгеньевна

Ведущая организация: Институт экологии Волжского бассейна
РАН

Защита состоится «19» июня 2009 г. в 14-00 часов на заседании
Объединенного диссертационного совета ДМ 002.136.01 при Институте
биологии Уфимского научного центра РАН по адресу: 450054, г.Уфа, Проспект
Октября, 69. Тел. /факс(3472) 35-53-62. E-mail: ib@anrb.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биологии
научного центра РАН

Текст автореферата размещен на сайте ИБ УНЦ РАН
<http://www.anrb.ru/inbio/dissovet/index.htm> «24» апреля 2009 г.

Автореферат разослан «___» _____ 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат биологических наук

Р.В. Уразгильдин



ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. В степной зоне Южного Урала имеются значительные запасы тысячелистника благородного *Achillea nobilis* L. (*Asteraceae*). Вид рассматривается как перспективный источник биологически активных веществ, среди которых наиболее значимыми являются фенольные соединения и терпеноиды (Адекенов, Куприянов и др., 1991; Калинкина, Дембицкий, Березовская, 2000), обладающие наружным и внутренним кровоостанавливающим эффектом, противовоспалительной и антибактериальной активностью при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, колитах, язвенной болезни, гиперацидном гастрите (Щепетков, Еременко, 1953; Чиркина, Хорт, 1968; Ковалева, 1971; Турова, Сапожникова, 1983; Дембицкий, Кротова, Юрина, 1984; Мишурова и др., 1985; Сербин, Картмазова, Ткаченко, 1987).

Achillea nobilis L. изучен недостаточно. Имеются лишь отрывочные сведения о распространении и морфологии вида (Сытник и др., 1984; Определитель растений..., 1989), о содержании некоторых физиологически активных веществ (Адекенов, Мухаметжанов и др., 1984; Калинкина, Дембицкий, Березовская, 2000) и об особенностях онтогенеза (Мустафаева, 1991; Адекенов, Куприянов и др., 1991).

Тысячелистник благородный включен в реестр лекарственных растений Республики Казахстан (Список ..., 2003). Как филогенетически близкий вид с официальным *Achillea millefolium*, он наряду с ним используется в народной медицине. *A. nobilis* заслуживает внимания как дополнительный источник эфирных масел, флавоноидов, что ставит задачу его изучения.

В местообитаниях *A. nobilis* почвы часто насыщены металлами (Cu, Zn, Mn, Fe). Распространение основных используемых зарослей в условиях геохимической аномалии увеличивает вероятность загрязнения лекарственных растений тяжелыми металлами (Попов, 1995; Караваев, 1995; Гравель, 2000; Клепцова, 2001; Ягафарова, 2006).

Все сказанное позволяет считать исследование особенностей биологии и экологии *Achillea nobilis* L. в условиях Южного Урала актуальной проблемой.

Цель работы – оценка многообразия адаптивных ответов на уровне ценопопуляционных характеристик и морфологических параметров *Achillea nobilis* L., анализ влияния экологических условий степной зоны Южного Урала на содержание в растении биологически активных веществ.

Достижение поставленной цели требует решения следующих **задач**:

1. Определить эколого-фитоценотическую приуроченность *Achillea nobilis* на Южном Урале.
2. Изучить демографическую структуру и плотность популяций тысячелистника благородного в различных эколого-ценотических условиях.
3. Исследовать годичную динамику биоморфологических параметров вида.
4. Оценить зависимость содержания биологически активных веществ (БАВ) от типа растительных сообществ и выявить их связь с морфологическими показателями растения.
5. Проанализировать распределение по органам растения металлов, распространенных в регионе, и раскрыть видоспецифичность аккумуляции элементов изучаемым видом.
6. Выяснить барьерную роль корневой системы *A. nobilis* в транспорте металлов в системе «почва – растение» на основании определения коэффициента биологического накопления (КБН).
7. Оценить экологическую чистоту лекарственного сырья по отношению к исследуемым металлам.

Научная новизна. Впервые в условиях Южного Урала проведен комплексный анализ морфофизиологических и биохимических параметров *Achillea nobilis* L., выделены наиболее значимые экологические факторы, влияющие на пространственную и демографическую структуру ценопопуляций и способствующие накоплению биологически активных веществ. Определена

специфичность накопления металлов органами растения в условиях геохимической аномалии.

Практическая значимость. Полученные результаты имеют значение для оптимизации заготовки лекарственного растительного сырья *Achillea nobilis* L. Установленные содержания тяжелых металлов в почвах и в растительном сырье могут быть использованы для оценки экологического качества сырья. Материалы исследования используются при чтении спецкурсов «Экология лекарственных растений», «Экология эфирно-масличных растений» на кафедре экологии Сибайского института Башгосуниверситета.

Апробация работы. Основные положения диссертации представлены на научной конференции Сибайского института Башгосуниверситета «Охрана и рациональное использование природных ресурсов в Башкирском Зауралье» (Уфа, 2006); «Неделя науки - 2006» (Сибай, 2007); на региональной научно-практической конференции «Экологические аспекты сохранения биологического разнообразия национального парка «Башкирия» и других территорий Южного Урала» (Уфа, 2007); на Международных научно-практических конференциях «Экология и безопасность жизнедеятельности» (Пенза, 2007); «Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России», «Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения» (Пенза, 2008); «Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий» (Оренбург, 2008); «Современная экология – наука XXI века» (Рязань, 2008); «Значение и перспективы стационарных исследований для сохранения биоразнообразия» (Львов, 2008).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 19 работ, в т.ч. 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит введения, пяти глав, списка литературы и приложений. Работа изложена на 166 страницах, включая 15 таблиц, 45 рисунков и 2 приложения. Список литературы содержит 234 источника, в том числе 35 на иностранных языках.

ГЛАВА I. ПРИРОДНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЮЖНОГО УРАЛА

Рассматриваются физико-географические условия района исследований – геоморфология, климат, почвы и основные черты растительности (Ковальский, Андриянова, 1970; Бурангулова, Гарифуллин, Курчеев, 1973; Ковальский, 1974; Гирфанов, Ряховская, 1975; Агроклиматические..., 1976; Ильин, Степанова, 1982; Мукатанов, 1982, 1986; Кулагин, 1985; Хазиев, Герасимов, Мукатанов и др., 1985; Ильин, 1991; Соломещ и др., 1993; Фаткуллин, 1994; 1996; Почвы Башкортостана, 1995; Матвеев и др., 1997; Прохорова и др., 1998; Юнусбаев, 2000; Опекунова и др., 2001; Суюндуков, 2001).

ГЛАВА II. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *ACHILLEA NOBILIS* L.

По данным литературы (Афанасьев, 1961; Оразова, 1966; Копынева, 1980; Адекенов, Мухаметжанов и др., 1984; Сытник, Андрощук и др., 1984; Кагарлицкий, Адекенов, Куприянов, 1987; Сербин, Картмазова и др., 1987; Определитель высших растений..., 1989; Адекенов, Куприянов и др., 1991; Мустафаева, 1991; Шауло, 1997; Калинкина, Дембицкий, Березовская, 2000) охарактеризовано систематическое положение, ареал, морфология, жизненные формы, онтогенез, химический состав и применение в народной медицине *Achillea nobilis* L.

ГЛАВА III. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2003-2007 г.г. на территории степной зоны Южного Урала в пределах Абзелиловского, Баймакского, Зилаирского, Хайбуллинского, Зианчуринского районов Республики Башкортостан, в районах Челябинской и Оренбургской областей, прилегающих к восточному и западному склонам Уральских гор, в 11 изолированных ценопопуляциях (ЦП). Для характеристики экологии вида и фитоценологических условий произрастания по стандартной методике выполнены геоботанические описания сообществ с участием *Achillea nobilis* L. (Braun-Blanquet, 1964; Наумова, Миркин, 1995).

Демографическую структуру и плотность вида (шт./м²) изучали в фазе массового цветения. Отнесение растений к тому или иному возрастному состоянию производилось на основе комплекса качественных признаков по А.А. Уранову (1975). Для оценки внутри- и межпопуляционной изменчивости признаков в каждой ценопопуляции отбиралось по 30 особей в генеративном состоянии, у которых измерялось по 9 биоморфологических параметров вегетативных и репродуктивных органов.

Ступени увлаженности почв и уровень пастбищной дигрессии определялись по шкалам Л.Г. Раменского с соавторами (1956).

Образцы почвы отбирались параллельно на тех же пробных площадях с растительными в 3-х повторностях. рН почв, содержание в них гумуса, валовых и кислоторастворимых подвижных форм распространенных в регионе металлов (Cu, Zn, Mn, Fe; мг/кг), а также концентрация этих элементов в отдельных органах растения определены методом атомной абсорбции в лаборатории Центра Агрохимической службы «Башкирский» РБ (N РОСС. РV. 0001.21 ПП24). Для выявления аккумуляции исследуемых металлов в тысячелистнике благородном нами использован коэффициент биологического накопления (КБН).

Сбор, сушка и подготовка образцов к химическому анализу проведены по стандартной методике (ГФ, 1990). Содержание хлорофиллов определяли спектрофотометрически (спектрофотометр СФ 2000) при длине волны (λ) 665 нм, сумму каротиноидов – экспресс-методом с использованием н-гексана при λ 450 нм. Сумму флавоноидов определяли по реакции комплексообразования с хлоридом алюминия при λ 415 нм (ГФ, 1990).

Содержание рутина и кверцетина определялось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Измерения проводились на жидкостном хроматографе Стаер фирмы «Аквилон». Хроматографический анализ осуществлялся на колонке Luna C18 (Phenomenex, США) с размерами 250x4,6 мм, размер частиц 5 мкм. В качестве подвижной фазы использовали смесь растворителей 0,2% раствора трифторуксусной

кислоты (60%) и ацетонитрила (40%). Детектирование проводили при длине волны 360 нм. Скорость потока 1 мл/мин. Анализируемый образец вводили в петлю объемом 20 мкл.

Определение содержания эфирного масла проводилось путем его перегонки с водяным паром из растительного сырья с последующим измерением объема, в % на абсолютно сухое сырье (ГФ, 1990).

Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью пакетов статистических программ Excel 2003 и Statistica 6,0.

В качестве меры изменчивости биоморфологических параметров и концентрации БАВ использовали коэффициент вариации (C_v , %) по Г.Н. Зайцеву (1984). Для выявления связей между биоморфологическими признаками растений и изучения влияния средовых компонентов на параметры органов и на содержание БАВ выполнен корреляционный анализ. Оценка силы влияния факторов проводилась по Н.А. Плохинскому (1970).

Данные о количестве осадков (мм) и динамике температуры ($t^{\circ}C$) за 2003 – 2007 гг. получены в метеостанциях г. Сибай, г. Баймак, с. Зилаир и с. Акъяр. Для оценки условий увлажнения территории в вегетационном периоде применяли гидротермический коэффициент (Чирков, 1979).

ГЛАВА IV. ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ

ACHILLEA NOBILIS L.

Экологическая характеристика сообществ

Фундаментальная ниша *Achillea nobilis* L. охватывает широкий спектр почвенно-климатических условий лесостепной и степной зон, а реализованная лежит в области каменистых степей и сухих лугов. Ведущий комплексный градиент объединяет экологические факторы, связанные с увлажнением почв и температурой воздуха. По сравнению с другими видами тысячелистников *Achillea nobilis* L. предпочитает более сухие участки.

На исследуемой территории почвы черноземные, южного подтипа с содержанием гумуса от $1,95 \pm 0,08$ до $9,6 \pm 0,52\%$ ($C_v = 37,9\%$), pH от слабокислых до нейтральных – от $4,9 \pm 0,66$ до $7,0 \pm 0,57$ ($C_v = 10,2\%$).

Achillea nobilis L. в степной зоне Южного Урала встречается в составе ассоциации *Polygono avicularis-Artemisietum austriacae* Yamalov in Yamalov et al. 2008, в сообществах *Origanum vulgare*, *Stipa zalesskii*, *Tussilago farfara* классов *Polygono-Artemisietea austriacae* Mirk. et al. in Mirk. et al. 1986, *Trifolio-Geranieta Sanguinei* T. Müller 1961, *Festuco-Brometea Br.-Bl. et R. Tx.* 1943, *Chenopodietea Br.-Bl.* 1952.

Плотность популяций *Achillea nobilis* L.

Вид обильно произрастает в условиях, соответствующих увлажненности 33-36 ступени по шкалам Л.Г. Раменского с соавторами (1956): его проективное покрытие в этих условиях составляет 2,5–8%. С понижением влажности до 25-26, и повышении до 45-49 ступеней вид встречается редко, и его проективное покрытие снижается до 0,1–0,2%; при увлажнении ниже 22-23 и выше 55-59 ступеней растение встречается единично.

Исследования показали, что на плотность *Achillea nobilis* L. имеет влияние интенсивность выпаса скота: при слабой пастбищной нагрузке плотность *Achillea nobilis* L. не превышает 6,0-17,0 шт./м². В ЦП, подверженных сильной пастбищной дигрессии, плотность возрастает до 18-23 шт./м². При дальнейшем росте пастбищного пресса плотность постепенно снижается, и при полном сбое вид исчезает из сообществ.

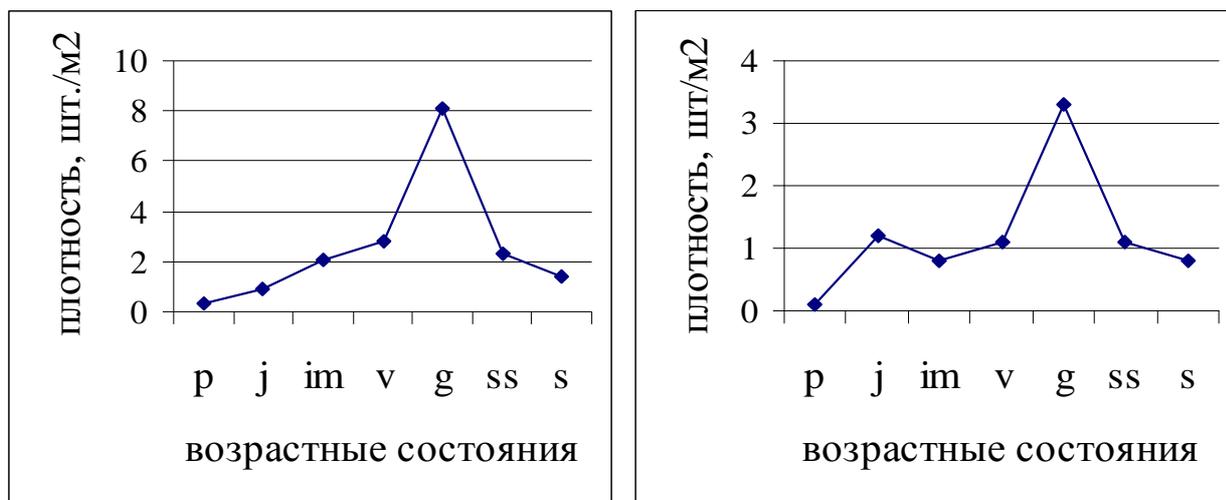
Сравнительный анализ растительных сообществ с участием тысячелистника благородного показал, что более высокой плотностью *Achillea nobilis* L. отличаются сообщества ассоциации *Polygono avicularis-Artemisietum austriacae*, где под влиянием выпаса скота создаются условия, благоприятные для изучаемого вида. В сообществе *Origanum vulgare* наличие древесных и кустарниковых форм растительности приводит к снижению плотности вида. В сообществе *Stipa zalesskii* конкурентоспособность вида повышается, плотность увеличивается при слабом выпасе скота. В сообществе *Tussilago farfara* с высокой влажностью почв популяции *Achillea nobilis* L. характеризуются низкой плотностью.

Плотность тысячелистника благородного отличается по годам – она выше в более засушливые годы. В разных эколого-ценотических условиях, большой плотностью за все годы исследований отличались ЦП с высоким содержанием гумуса ($r = 0,59$; $p = 0,04$).

Демографическая структура ценопопуляций *Achillea nobilis* L.

В условиях Южного Урала выявлено 7 возрастных состояний тысячелистника благородного: проростковое (р), ювенильное (j), имматурное (im), виргинильное (v), генеративное (g), субсенильное (ss) и сенильное (s).

Сопоставление возрастных спектров *Achillea nobilis* L. в разные годы свидетельствует, с одной стороны, о большом сходстве и стабильности спектров; с другой стороны, демонстрирует динамичность в соотношении некоторых возрастных групп. Общие черты возрастной структуры заключаются в следующем: 1) все спектры полночленные, т.е. в них представлены особи всех возрастных состояний;



а (ЦП 4)

б (ЦП 7)

Рис. 1. Примеры возрастных спектров *Achillea nobilis* L.

а) одновершинный, б) двувершинный.

2) графики, отражающие возрастной состав ценопопуляций, одновершинные с преобладанием генеративных особей (рис. 1, а); 3) в отдельных случаях кроме абсолютного максимума появляется второй, локальный максимум, образованный ювенильными или имматурными растениями и спектры становятся двувершинными (рис. 1, б).

Биоморфологические показатели *Achillea nobilis* L.

Анализ изменчивости признаков *Achillea nobilis* L. показал, что высоковариативными во всех ЦП и за все годы исследований остаются число парциальных соцветий (C_V от 20,1 до 96,8%) и число корзинок (C_V от 21,6 до 68,2%). Средними коэффициентами вариации характеризуется число сегментов I порядка (C_V от 2,5 до 19,8%), низкими – диаметр корзинок (C_V от 3,2 до 8,1%). Остальные признаки показывают различную изменчивость в зависимости от погодных-климатических условий.

Под влиянием экологических факторов изменяется в основном величина листьев. Корреляционный анализ показал достоверную зависимость ширины ($r = 0,80$; $p = 0,002$), длины ($r = 0,70$; $p = 0,01$) и числа листьев ($r = 0,71$; $p = 0,01$) от содержания гумуса в почве (рис. 2).

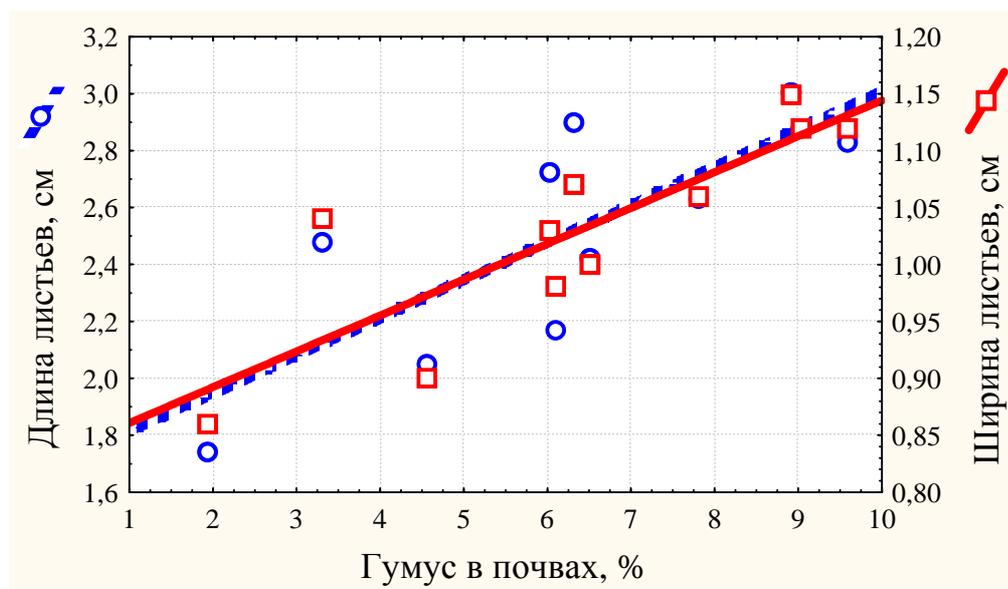


Рис. 2. Влияние содержания гумуса в почвах на параметры листьев тысячелистника благородного.

На биоморфологические признаки изучаемого вида большое влияние оказывают погодные-климатические условия. За последние 5 лет на юге Урала сумма температур всегда выше нормы, а осадков – ниже нормы. Гидротермический коэффициент (ГТК), отражающий совместное влияние на растения температуры и влажности, показал, что 2003 год оказался влажным, 2005 год – самым засушливым и жарким (таблица 1).

Погодно-климатические условия в годы наблюдений
(по данным метеостанции г. Сибай Республики Башкортостан)

Год	Количество осадков за вегетационный период, мм	Сумма активных температур выше +10° за вегетационный период, °С	Гидротермический коэффициент	Обеспеченность влагой
2003	287,6	2301,2	1,3	Влажный
2004	196,4	2312,6	0,9	Засушливый
2005	92,1	2513,7	0,4	Очень засушливый
2006	202,6	2694,4	0,8	Засушливый
2007	217,6	2542,5	0,9	Засушливый

В 2003 году многие признаки вида достигали максимальных величин. Сравнительный анализ величин одних и тех биоморфологических признаков в одних и тех ЦП дал возможность увидеть, что максимальные линейные показатели таких вегетативных признаков, как высота побега, толщина стебля, длина и ширина листьев, отмечались в 2003 году, в то же время числовые величины (число листьев, число сегментов I порядка) в этот год были невысокими. Для репродуктивных органов характерна другая картина: в 2003 году число парциальных соцветий и число корзинок были наибольшими.

Высокая температура воздуха при небольшом количестве осадков, наблюдавшаяся в 2005 году, привела к уменьшению линейных параметров вегетативных органов и увеличению их числовых показателей.

ГЛАВА V. ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ И СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕТАЛЛОВ В СЫРЬЕ *ACHILLEA NOBILIS* L.

Зависимость содержания биологически активных веществ от условий произрастания

Концентрация исследованных основных пигментов фотосинтеза достоверно коррелирует ($p \leq 0,05$) с биоморфологическими параметрами только лишь листовых пластинок *Achillea nobilis* (таблица 2).

Взаимосвязь биоморфологических параметров
и содержания основных пигментов фотосинтеза в органах *Achillea nobilis* L.

Коррелирующие признаки	Коэффициент корреляции (r)	Значимость (p)
Хлорофилл А в листьях – длина листа – ширина листа в стеблях – число сегментов I порядка	0,59	0,05
	0,66	0,03
	0,64	0,04
Хлорофилл В в листьях – длина листа – ширина листа в стеблях – длина листа – число сегментов I порядка	0,71	0,01
	0,74	0,008
	0,60	0,05
	0,64	0,04
Каротиноиды в листьях – ширина листа в соцветиях – ширина листа в стеблях – число сегментов I порядка	0,66	0,03
	0,60	0,05
	0,81	0,03

Кроме того, выявлена взаимозависимость содержания эфирных масел в листьях с длиной ($r = 0,68$; $p = 0,02$) и шириной ($r = 0,74$; $p = 0,00$) листовой пластинки тысячелистника (рис. 3).

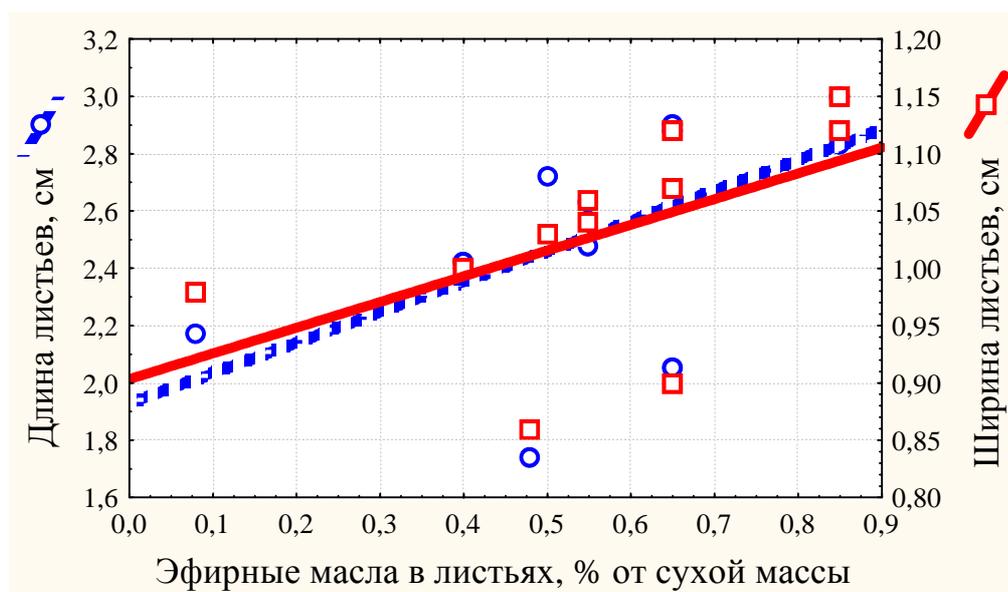


Рис. 3. Взаимозависимость содержания эфирных масел в листьях и параметров листовой пластинки тысячелистника благородного.

Учитывая связь параметров листовых пластинок с концентрацией исследованных БАВ, отбор особей с высоким содержанием физиологически активных веществ можно производить по биоморфологическим признакам фотосинтетического аппарата, используя величину листьев в качестве индикатора их концентрации. Установлено, что содержание рутина в соцветиях зависит от диаметра корзинок ($r = 0,58$; $p = 0,05$).

Корреляционный анализ показал положительное влияние температуры воздуха на процесс фотосинтеза в листьях *Achillea nobilis*: об этом свидетельствует зависимость содержания хлорофилла А и В в листьях растения ($r = 0,60$; $p = 0,05$ и $r = 0,75$; $p = 0,007$ соответственно) от суммы температур за вегетационный период.

Повышение температуры приводит к увеличению содержания эфирных масел в листьях *Achillea nobilis* L. ($r = 0,61$; $p = 0,04$). Обратный результат наблюдается для содержания ЭМ в корнях ($r = - 0,63$; $p = 0,03$).

Концентрация валовых и подвижных форм металлов, распространенных в регионе, влияет на содержание биологически активных веществ в органах *Achillea nobilis* L. Так, концентрация валовой и подвижной форм меди в почве положительно коррелирует с содержанием хлорофилла А в соцветиях ($r = 0,64$; $p = 0,03$ и $r = 0,75$; $p = 0,007$ соответственно) и в листьях ($r = 0,70$; $p = 0,01$), но ингибирует синтез флавоноидов в стеблях ($r = - 0,64$; $p = 0,04$).

Подвижная форма Mn интенсифицирует процесс биосинтеза каротиноидов ($r = 0,60$; $p = 0,04$) и кверцетина ($r = 0,74$; $p = 0,008$) в листьях. Валовая форма Mn способствует синтезу хлорофилла А ($r = 0,62$; $p = 0,03$) и хлорофилла В ($r = 0,65$; $p = 0,03$), каротиноидов ($r = 0,65$; $p = 0,03$) в соцветиях. Такая же связь прослеживается между Mn и содержанием кверцетина ($r = 0,68$; $p = 0,02$) в листьях тысячелистника.

Цинк принимает непосредственное участие в биосинтезе хлорофилла, что согласуется с мнением многих авторов (Гайдукова, Лебедевский, 2005; Ягафарова, 2008) о том, что, подвижная форма цинка активизирует образование хлорофилла А в соцветиях ($r = 0,87$; $p = 0,0004$). Zn ингибирует синтез суммы флавоноидов в стеблях ($r = - 0,67$; $p = 0,03$), но интенсифицирует процесс биосинтеза кверцетина ($r = 0,69$; $p = 0,01$) и рутина ($r = 0,74$; $p = 0,008$) в стеблях *Achillea nobilis* L.

Высокое содержание подвижной формы железа в почвах приводит к угнетению синтеза хлорофилла А ($r = - 0,60$; $p = 0,05$) и хлорофилла В ($r = - 0,63$; $p = 0,03$) в листьях, а содержание валовой формы данного элемента в

почвах отрицательно влияет на содержание рутина в стеблях ($r = - 0,62$; $p = 0,03$).

Наблюдается положительная связь между интенсивностью выпаса и содержанием эфирных масел (ЭМ) в листьях тысячелистника. При пастбищной дигрессии изменяются условия произрастания растений, что связано с увеличением доступа солнечных лучей к поверхности почвы. Обедняется видовое богатство сообществ, в фитосоциологическом спектре падает доля естественных степных видов из класса Festuco-Brometea и резко возрастает доля устойчивых к вытаптыванию видов синантропных классов Polygono-Artemisietea austriacae и Plantaginetea majoris (Синантропная растительность..., 2008). В ходе дигрессии в составе степных сообществ снижается доля мезофитов из класса Molinio-Arrhenatheretea.

Максимальное содержание эфирных масел и основных пигментов фотосинтеза в органах *Achillea nobilis* L. наблюдается в ассоциации *Polygono avicularis-Artemisietum austriacae*, далее уменьшается в ряду сообществ: *Origanum vulgare* → *Stipa zalesskii* → *Tussilago farfara* (рис. 4).

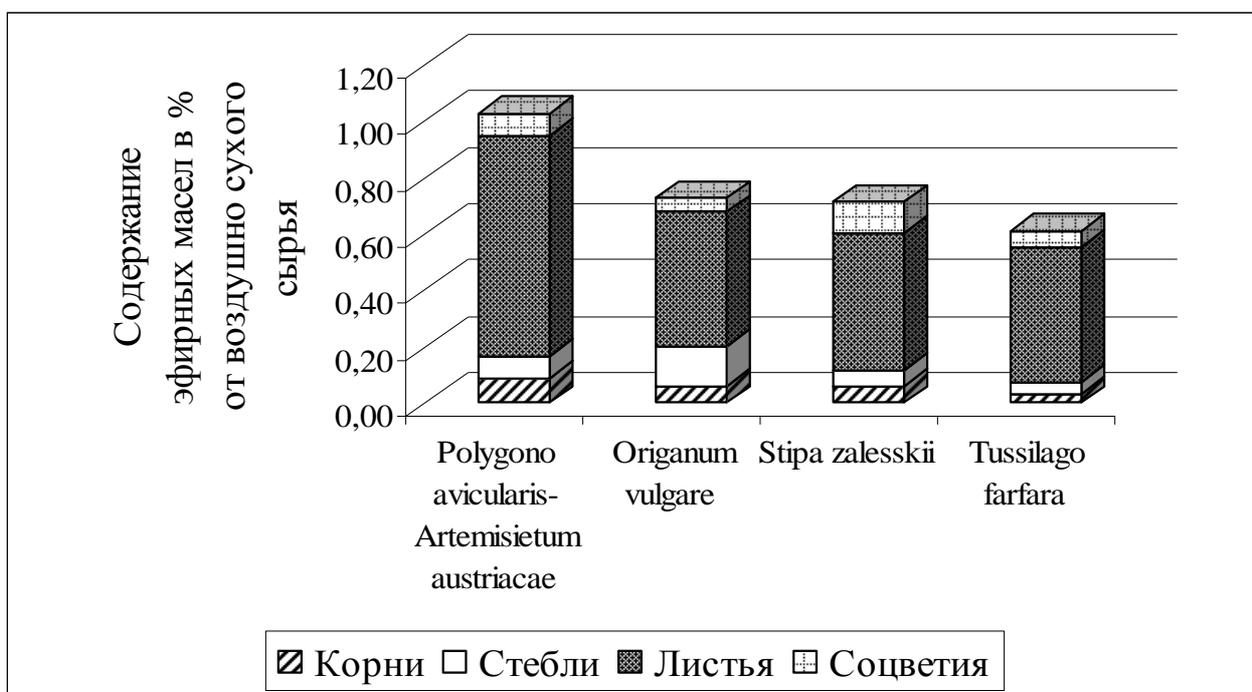


Рис. 4. Содержание эфирных масел в органах *Achillea nobilis* L. в разных типах растительных сообществ

Концентрация рутина и кверцетина наибольшая в сообществе *Stipa zalesskii*. В то же время общая сумма флавоноидов максимальна в сообществе *Tussilago farfara* за счет других компонентов данных БАВ.

Увеличение содержания эфирных масел у тысячелистника благородного в условиях интенсивной пастбищной дигрессии характеризуется как защитная реакция от поедания скотом. Повышение солнечной инсоляции, наблюдавшееся при уменьшении высоты сопутствующих растений в результате пастбищной нагрузки, также способствует увеличению содержания эфирных масел в листьях растений (Бускунова, Аминова, 2008).

Полученные результаты свидетельствуют, что *Achillea nobilis* L., как и другие виды, на изменяющиеся условия окружающей среды отвечает путем увеличения или уменьшения синтеза биологически активных веществ. В то же время исследуемый вид имеет специфическую особенность: эти реакции наиболее остро выражаются в изменении содержания физиологически активных веществ в листьях растения.

Особенности содержания некоторых металлов в системе «почва – растение»

На Южном Урале сосредоточено огромное количество месторождений черных и цветных металлов. Содержание подвижной формы Mn в почвах исследуемой территории находится пределах предельно допустимой концентрации (ПДК) (500 мг/кг; Гукалов, Белюченко, 2006), концентрация Fe не превышает фоновый показатель, равный 3800 мг/кг (Черников, 2000); концентрация цинка местами превышает ПДК (23,0 мг/кг; Методические указания..., 1992) до 1,5 раза.

Почвы Южного Урала загрязнены Cu (рис. 5) в величинах, превышающих ПДК, установленную в пределах 3,0 мг/кг, в десятки раз (Методические указания..., 1987).

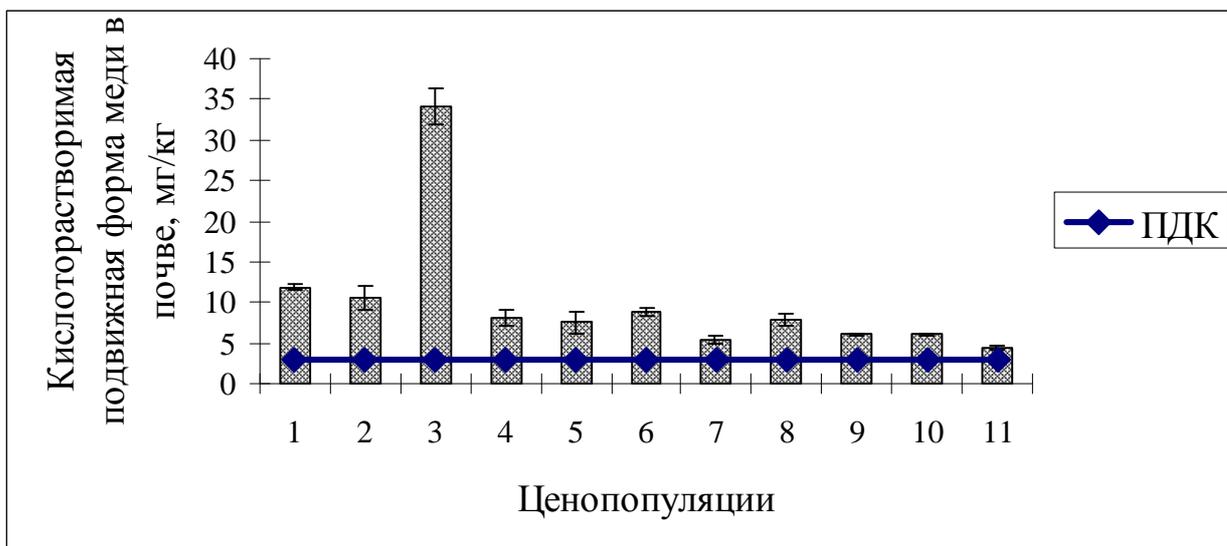


Рис. 5. Содержание кислоторастворимой подвижной формы меди в почвах под исследованными ценопопуляциями *Achillea nobilis* L.

Тем не менее, концентрация меди в органах тысячелистника благородного не выходит за рамки токсичной концентрации, установленной для лекарственных растений на уровне 20 мг/кг сухой массы (Алексеев, 1987), за исключением ЦП 11 (в листьях – $35,89 \pm 0,06$ мг/кг; в стеблях – $44,48 \pm 0,04$ мг/кг), расположенной возле дороги с интенсивным движением, где снят поверхностный слой и очень низкое содержание гумуса ($1,95 \pm 0,08$ мг/кг).

Содержание меди в органах *Achillea nobilis* L. уменьшается в ряду: корни → листья → стебли → соцветия. Подземные органы вида являются барьером в транспортировке Cu в надземные части. Установлено что, вид является слабым концентратором Cu: коэффициент биологического накопления (КБН) элемента находится в пределах 1-2. Наибольший показатель $КБН_{Cu}$ характерен для ЦП на почвах, содержащих медь в наименьшем количестве, и наоборот, $КБН_{Cu}$ ниже 1 в ЦП с высоким содержанием элемента в почвах. Корреляционный анализ показал достоверную отрицательную связь величины КБН в органах растения с концентрацией кислоторастворимых подвижных форм меди в почвах. Например, содержание металла в почвах связано обратной зависимостью с $КБН_{Cu}$: в соцветиях $r = -0,92$ ($p = 0,000$), в листьях $r = -0,81$ ($p = 0,002$), в стеблях $r = -0,80$ ($p = 0,003$) и корнях $r = -0,83$ ($p = 0,01$). Таким образом, интенсивность поглощения элемента снижается с увеличением его концентрации в почвах.

Этот феномен можно объяснить тем, что в растении имеются регуляторные механизмы поступления меди в зависимости от потребностей организма: при низком содержании металла они способствуют транспортировке элемента из почвы в растение, а при высоком, наоборот, блокируют систему «почва-растение».

Распределение цинка по органам тысячелистника представляет другую картину: листья → корни → соцветия → стебли (рис. 6), т.е. подземные органы не защищают растение от избыточного поступления элемента.

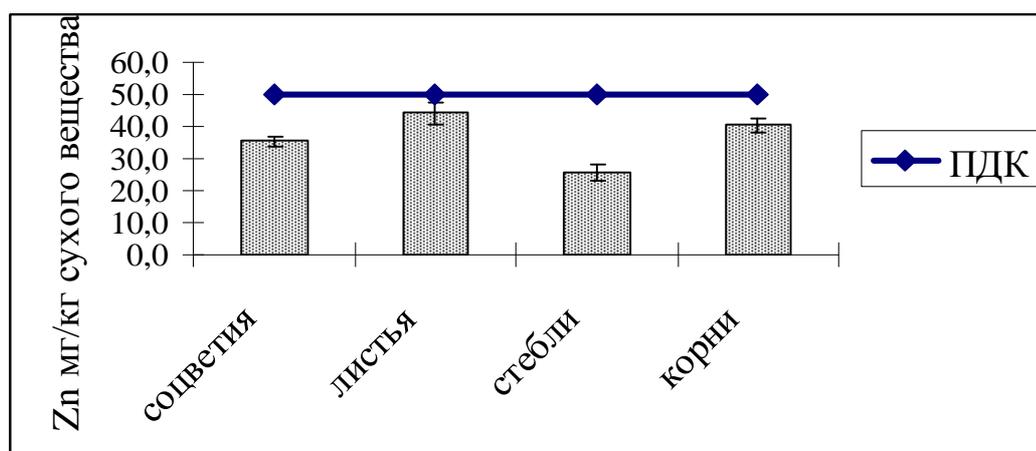


Рис. 6. Содержание цинка в органах *Achillea nobilis* L.

$КБН_{Zn}$ в органах растения в основном выше 1, что свидетельствует о том, что вид является концентратором цинка, и в основном в этой роли выступают листья растения (рис. 7).

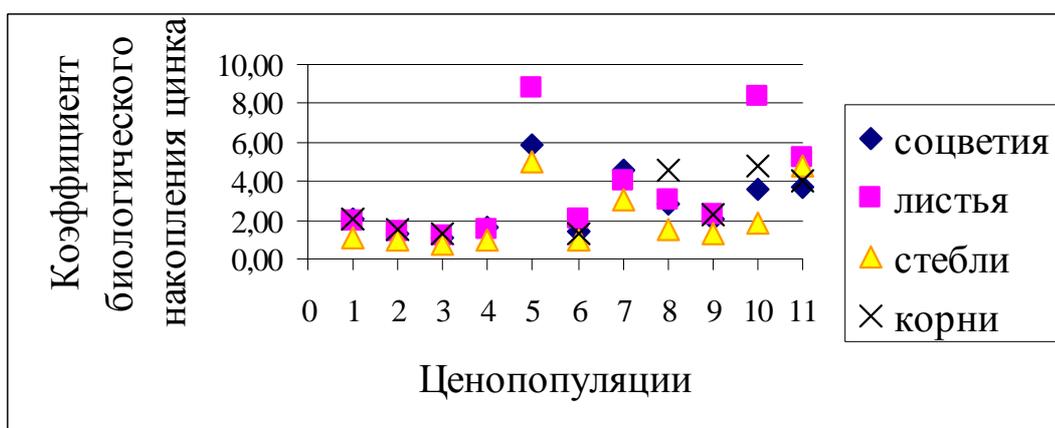


Рис. 7. КБН цинка в органах *Achillea nobilis* L.

При этом содержание Zn не превышает ПДК, установленную в пределах 50 мг/кг (Кольцова, 1995).

Содержание железа и марганца в органах *Achillea nobilis* L. находится в рамках ПДК. КБН_{Fe} и КБН_{Mn} не выходит за пределы 1. Поступление металлов в растение регулируется необходимым количеством элементов для нормального функционирования организма.

Изучаемые металлы распределены по ценопопуляциям неравномерно. Наибольшее количество элементов содержится в ЦП 11 из растительного сообщества *Tussilago farfara*, наименьшее – в сообществе *Origanum vulgare*.

Учитывая возможную биологическую загрязненность растений в сообществе ассоциации *Polygono avicularis-Artemisietum austriacae* в результате выпаса скота, рекомендуется заготавливать лекарственное сырье *Achillea nobilis* L. в сообществе *Origanum vulgare*.

ВЫВОДЫ

1. *Achillea nobilis* L. в степной зоне Южного Урала встречается в составе 4 типов растительных сообществ: в ассоциации *Polygono avicularis-Artemisietum austriacae* Yamalov in Yamalov et al., 2008, в сообществах *Origanum vulgare*, *Stipa zalesskii*, *Tussilago farfara*.
2. Базовый возрастной спектр *Achillea nobilis* L. полночленный, одно- редко двувёршинный с преобладанием генеративных особей. Проективное покрытие вида выше в ассоциации *Polygono avicularis-Artemisietum austriacae*, характеризующейся большим содержанием гумуса в почвах.
3. Во всех сообществах высокой вариативностью характеризуется число парциальных соцветий и корзинок. Наибольшее число случаев значительной вариации биометрических параметров зарегистрировано в самый влажный (2003 г.) и самый засушливый (2005 г.) годы. В более влажных погодно-климатических условиях линейные показатели вида увеличиваются, числовые – уменьшаются. Ширина, длина и число листьев положительно коррелируют с содержанием гумуса в почве.
4. Содержание основных пигментов фотосинтеза, рутина и эфирных масел максимально в листьях, кверцетина – в соцветиях. Концентрация пигментов и эфирных масел положительно коррелирует с параметрами

листовой пластинки, рутина – с диаметром корзинок. По содержанию фенольных соединений *Achillea nobilis* L. уступает *A. asiatica* и *A. millefolium*, однако вид перспективен как источник эфирных масел, в составе которых в большом количестве присутствуют биологически активные вещества, нехарактерные для других видов р. *Achillea*.

5. Высоким содержанием БАВ отличаются растения *Achillea nobilis* L., приуроченные к ассоциации *Polygono avicularis-Artemisietum austriacae* – здесь выявлено максимальное содержание эфирных масел, каротиноидов, хлорофиллов. Однако здесь лекарственное растительное сырье может быть загрязнено из-за выпаса скота. Заготовка экологически безопасного сырья т. благородного в условиях Южного Урала может быть организована в сообществе *Origanum vulgare*.
6. Интенсивность поглощения растением меди и железа снижается с увеличением концентрации этих элементов в почве. Содержание данных металлов в корневой системе выше по сравнению с надземными органами, что свидетельствует о барьерной функции подземной части вида при поглощении Cu и Fe в системе «почва – растение». Подземные органы не являются препятствием при транспортировке цинка и марганца в надземную часть.
7. Сырье *Achillea nobilis* L. содержит ТМ в пределах ПДК, за исключением ценопопуляций, находящихся на обочинах дорог.

Список работ, опубликованных по материалам диссертации

1. Бускунова Г.Г., Аминова А.А. Ценопопуляционная характеристика *Achillea nobilis* L. в Башкирском Зауралье // Охрана и рациональное использование природных ресурсов в Башкирском Зауралье. – Уфа: РИО БашГУ, 2006 – С. 24 – 28.
2. Бускунова Г.Г. Влияние глубины заделки семян на всхожесть и рост *Achillea nobilis* L. // Экологические аспекты сохранения биологического разнообразия национального парка «Башкирия» и других территорий Южного Урала: Сборник научных статей. – Уфа: Информреклама, 2007. – С. 159 – 160.
3. Бускунова Г.Г. Содержание эфирных масел в органах *Achillea nobilis* L. на Южном Урале // Экологические аспекты сохранения биологического разнообразия национального парка «Башкирия» и других территорий Южного Урала: Сборник научных статей. – Уфа: Информреклама, 2007. – С. 161 – 163.
4. Бускунова Г.Г. Особенности биоморфологических признаков *Achillea nobilis* L. в Зауральском регионе Республики Башкортостан // Научные доклады региональной конференции «Неделя науки – 2006». Ч. 1. – Сибай: СИ БашГУ, 2007. – С. 10 – 14.
5. Бускунова Г.Г., Аминова А.А. Оценка состояния ценопопуляций *Achillea nobilis* L. на Южном Урале // Экология и безопасность жизнедеятельности: Сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – С. 35 – 36.
6. Бускунова Г.Г., Аминова А.А. Влияние пастбищной дигрессии на растительные сообщества с участием *Achillea nobilis* L. в степной зоне Южного Урала // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2008. – С. 47 – 49.
7. Бускунова Г.Г., Аминова А.А. Влияние экологических условий на содержание некоторых биологически активных веществ в составе *Achillea nobilis* L. // Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий: Сборник статей IV-ой Международной научно-практической конференции. – Оренбург: ОГПУ, 2008. – С. 26 – 28.
8. **Бускунова Г.Г., Аминова А.А. Влияние пастбищной дигрессии на ценопопуляционные показатели *Achillea nobilis* L. // Аграрная наука. №7, 2008. – С. 18 – 20.**
9. Бускунова Г.Г., Муллагулов Р.Т. Популяционные изменения *Achillea nobilis* при пастбищной дигрессии // Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения: Материалы международной научной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения И. И. Спрыгина. – Пенза: ПГПУ им. В. Г. Белинского, 2008. – С. 101 – 102.

10. Бускунова Г.Г., Аминова А.А. К экологии *Achillea nobilis* L. на Южном Урале: влияние погодных условий на биоморфологические параметры // Башкирский экологический вестник. 2008. № 1. – С. 38 - 42.
11. Бускунова Г.Г., Аминова А.А. Мониторинг загрязнения тяжелыми металлами почв Южного Урала и их влияние на лекарственные растения (на примере *Achillea nobilis* L.) // Проблемы биологии, экологии, географии, образования: история и современность. Материалы второй международной научно-практической конференции (3-5 июня 2008 г.) – СПб.: ЛГУ имени А.С. Пушкина, 2008. – С. 170 – 171.
12. Бускунова Г.Г., Муллагулов Р.Т. Распространение *Achillea nobilis* L. на Южном Урале // Международная научно-практическая конференция «Современная экология – наука XXI века». – Рязань: РГУ, 2008. – С. 552 – 554.
13. Бускунова Г.Г., Аминова А.А. Ценопопуляционные исследования *Achillea nobilis* L. на Южном Урале // Значення та перспективи стаціонарних досліджень для збереження біорізноманіття / Матеріали міжнародної наукової конференції, присвяченої 50-річчю функціонування високогірного біологічного стаціонару «Пожижевська». – Львів, 2008. – С. 69 – 70.
14. Бускунова Г.Г., Аминова А.А. Эфирно-масличность *Achillea nobilis* L. как перспективного лекарственного растения Южного Урала // Материалы республиканской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы конкурентоспособного воспроизводства в Башкирском Зауралье» - Уфа: РИЦ БашГУ, 2008. – С. 57 – 60.
15. Бускунова Г.Г., Аминова А.А. Опыт исследования демографической структуры ценопопуляций *Achillea nobilis* L. на Южном Урале // Материалы республиканской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы конкурентоспособного воспроизводства в Башкирском Зауралье» - Уфа: РИЦ БашГУ, 2008. – С. 61 – 64.
16. **Бускунова Г.Г., Аминова А.А. Пастбищная дигрессия как фактор, определяющий содержание эфирных масел в *Achillea nobilis* L. // Аграрная наука. №12, 2008. – С. 9 – 10.**
17. Бускунова Г.Г., Янтурин С.И. Изучение влияния меди в почве на накопление основных пигментов фотосинтеза *Achillea nobilis* L. в степной зоне Южного Урала // Фундаментальні та прикладні в біології: матеріали I міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих учених. – Донецьк: Вебер, 2009. – С. 23 – 24.
18. **Щербаков А.В., Бускунова Г.Г., Аминова А.А., Иванов С.П., Усманов И. Ю. Варибельность содержания вторичных метаболитов в *Achillea nobilis* L. в условиях Южного Урала // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 11. № 1, 2009. – С. 198 – 204.**
19. Бускунова Г.Г., Аминова А.А. Проблема загрязнения медью растений на металлогенном поясе Южного Урала // Экологические проблемы промышленных городов: Сборник научных трудов. – Саратов: СГТУ, 2009. – С. 42 – 43.

Бускунова Гульсина Гильмановна

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ACHILLEA NOBILIS L. В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ
ЮЖНОГО УРАЛА**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

*Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 021319 от 05.01.99 г.*

Подписано в печать 18.05.2009 г.
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,3.
Тираж 120 экз. Заказ № 1737.

Редакционно-издательский центр

Башкирского государственного университета

450074, РБ, г. Уфа, ул. Фрунзе, 32.

Отпечатано на множительном участке РИЦ

Сибайского института (филиала) БашГУ

453833, РБ, г. Сибай, ул. Маяковского, 5. Тел. 3-53-26.

