

На правах рукописи



Дьякова Нина Алексеевна

**Теоретическое и экспериментальное обоснование
эколого-фармакогностической оценки качества
лекарственного растительного сырья (на примере Воронежской области)**

3.4.2. Фармацевтическая химия, фармакогнозия

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора фармацевтических наук

Москва - 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Научный консультант:

Доктор фармацевтических наук, профессор

Сливкин Алексей Иванович

Официальные оппоненты:

Зилфикаров Ифрат Назимович, доктор фармацевтических наук, профессор РАН, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, отдел химии природных соединений, главный научный сотрудник

Куркин Владимир Александрович, доктор фармацевтических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра фармакогнозии с ботаникой и основами фитотерапии, заведующий кафедрой

Саканян Елена Ивановна, доктор фармацевтических наук, профессор, Акционерное общество «Научно-производственное объединение по иммунобиологическим препаратам «Микроген», директор по науке

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курск

Защита состоится «18» января 2023 г. в 13.00 часов на заседании диссертационного совета ДСУ 208.002.02 при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет) по адресу: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной медицинской библиотеке Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет) по адресу: 119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д. 37/1 и на сайте <https://www.sechenov.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2022 г.

Ученый секретарь диссертационного совета ДСУ 208.002.02

доктор фармацевтических наук, профессор



Демина Наталья Борисовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Урбанизация — одна из основных социально-экологических проблем нашего времени. В процессе роста и становления городов природные экосистемы постепенно изменяются, и формируется новая антропогенная среда со специфическими чертами техногенного влияния, что обуславливает необходимость оценки экологического состояния как природных экосистем, так и агро- и урбоценозов, выявления и приспособительных способностей растительных организмов в отношении сложного комплекса одновременно действующих антропогенных факторов.

Вследствие высокого терапевтического эффекта и относительной безопасности лекарственные растительные препараты на отечественном фармацевтическом рынке всегда пользовались значительным спросом. Переработку ЛРС в России осуществляют более 100 предприятий; галеновые препараты производят 82 предприятия, в том числе 29 фармацевтических фабрик. Потребность фармацевтической промышленности, перерабатывающей ЛРС, удовлетворяется за счет заготовки дикорастущих лекарственных растений (более 150 видов ЛРС и более 50% в массовом эквиваленте), культивируемых в специализированных хозяйствах (более 50 видов), а также за счет поступления импортного сырья (Попова О.И. и др., 2013). Большая доля заготовок ЛРС приходится на европейскую часть РФ, характеризующуюся значительной плотностью населения, высокой активностью хозяйственной деятельности, динамичным развитием транспортных магистралей и промышленности. Некачественное ЛРС и получаемые из него препараты являются важными источниками поступления экотоксикантов в организм человека. Обостряет данную проблему и тот факт, что экотоксиканты оказывают значительное влияние на метаболизм растительного организма, снижая продукцию БАВ. Это повышает актуальность выявления влияния антропогенного загрязнения на химический состав растений.

Воронежская область является одним из крупнейших субъектов Центрального федерального округа и Центрально-Чернозёмного экономического района, характеризуется высокими численностью (более 2,3 млн. чел.) и долей городского населения (более 68% на 2021 г.), а также ежегодно возрастающим индексом промышленного производства (порядка 130%). Воронежская область характеризуется наличием крупных промышленных предприятий машиностроения, электроэнергетики, химической индустрии, активным развитием сельского хозяйства, высокой плотностью автомобильных и железных дорог. Вследствие развития урбанизированных территорий, увеличения количества автотранспорта, расширения производственных площадей и сельскохозяйственных угодий,

вероятность культивирования и заготовки ЛРС вблизи источников выброса экотоксикантов существенно возрастает. В связи с этим актуальной оказывается комплексная оценка эколого-фармакогностического состояния сырьевой базы лекарственных растений Воронежской области как в традиционных местах заготовки, так и в районах промышленно-хозяйственного значения с целью уточнения допустимых зон сбора ЛРС, а также для изучения особенностей накопления БАВ и экотоксикантов в разных видах ЛРС и анализа влияния основных загрязняющих веществ на накопление в сырье различных групп БАВ.

Элементный профиль ЛРС отражает экологическое состояние региона и минеральный состав почв. Анализ опубликованных данных показал, что полный элементный состав лекарственных растений Воронежской области практически не изучен. Детальные исследования элементного состава ЛРС, а также получаемых на их основе лекарственных растительных препаратов (ЛРП), являются значимыми в силу высокой биологической доступности содержащихся в растениях макро- и микроэлементов.

Степень разработанности темы исследования

Эколого-фармакогностические исследования качества ЛРС проводились в рамках Кемеровской (Попов А.И., Егорова И.Н., Неверова О.А., Баяндина И.И., Загурская Ю.В., Сиромля Т.И., Высочина Г.И., Вронская О.О., Сысо А.И. и др.), Оренбургской (Васильева Т.Н., Брудастов Ю.А., Немерешина О.Н., Петрова Г.В., Гусев Н.Ф. и др.), Новосибирской (Нечаева Е.Г., Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Давыдова Н.Д., Власова Н.В. и др.) Брянской (Любимов В.Б., Анищенко Л.Н., Борздыко Е.В.) и Ленинградской (Клемпер А.В.) областей, Красноярского края (Ефремов А.А., Шаталина Н.В.), Алтайского края (Гравель И.В., Яковлев Г.П., Шойхет Я.Н. и др.), а также в Минской области республики Беларусь (Позняк С.С.), Ферганской области республики Узбекистан (Игамбердиева П.Д., Мамаджанов Б.С.). Результаты существующих исследований варьируют, что не позволяет экстраполировать их на другие регионы. Противоречивы и данные об экологических особенностях биосинтеза полифенольных БАВ в ЛРС. Крайне мало исследований, посвященных специфике накопления эфирных масел и веществ полисахаридной природы в условиях антропогенного воздействия на среду обитания растений, что не позволяет констатировать наличие каких-либо закономерностей. Вследствие этого необходим подробный анализ особенностей накопления наиболее токсичных ТМиМ, пестицидов и РН, а также основных действующих групп БАВ разными видами ЛРС, в том числе различными органами или группами органов растений. ЛРС чаще всего используется в нативном виде, входит в состав сборов и фиточаев, что повышает актуальность проблемы перехода токсикантов в водные извлечения. В литературе встречаются отдельные экспериментальные результаты, полученные И.В. Гравель, М.А. Мяделец, Т.И. Сиромля,

А.В. Клемпером, И.А. Клепцовой и др., которые, однако, касаются преимущественно 10-12 элементов и не описывают особенностей перехода всего спектра минерального комплекса из ЛРС в настои и отвары. Работы, касающиеся эколого-фармакогностической оценки качества ЛРС Центрального Черноземья, единичны и не систематизированы, что определяет необходимость проведения комплексного регионального исследования.

Цель исследования

Цель исследования – проведение на примере Воронежской области комплексной эколого-фармакогностической оценки качества ЛРС с учетом особенностей и закономерностей накопления в нем экотоксикантов и БАВ для выбора допустимых территорий заготовок.

Задачи исследования:

1. Критически обобщить литературные данные по эколого-фармакогностическим исследованиям ЛРС на предмет накопления основных экотоксикантов и БАВ.
2. Проанализировать накопление ТМиМ в ЛРС естественных и антропогенных экотопов Воронежской области из верхних слоев почв (ВСП). Выявить способности различных видов ЛРС к аккумуляции ТМиМ.
3. Изучить особенности загрязнения ЛРС искусственными и естественными радионуклидами (РН), закономерности их накопления и перехода в различные части и органы лекарственных растений, предложить подходы к нормированию природных РН в ЛРС и ЛРП.
4. Выявить региональные особенности накопления пестицидов в ЛРС.
5. Провести фармакогностический анализ образцов ЛРС. Предложить методические подходы к разработке экспрессных методик выделения и количественного определения водорастворимых полисахаридов (ВРПС).
6. Выявить корреляционные связи между накоплением основных экотоксикантов и БАВ растениями при произрастании в различных экологических условиях.
7. Исследовать полный элементный профиль ЛРС региона и особенности трансредового перехода элементов по цепочке «ВСП – ЛРС – водные извлечения».
8. Определить объекты хозяйственной деятельности, влияющие на загрязнение ЛРС экотоксикантами в регионе. Выявить допустимые для заготовки ЛРС расстояния от транспортных магистралей на территории Воронежской области.
9. Предложить методологический подход к проведению региональной эколого-фармакогностической оценки качества ЛРС.

Научная новизна

Впервые разработан методологический подход к проведению региональной эколого-фармакогностической оценки качества ЛРС, на основании которого на примере

Воронежской области проведено комплексное исследование экологического состояния ЛРС на примере 10 модельных видов на предмет их загрязнения ТМиМ, ХОП, природными и естественными РН и накопления в них основных групп БАВ. Установлена взаимосвязь между содержанием экотоксикантов в ВСП и растениях, изучено влияние экотоксикантов на накопление разных групп БАВ в ЛРС, выявлены особенности и закономерности накопления ТМиМ, ХОП, естественных и искусственных РН и основных групп БАВ в ЛРС естественных экотопов, а также различных с точки зрения антропогенного воздействия агро- и урбоценозов Воронежской области, рассмотрена взаимосвязь этих процессов. Впервые вскрыты особенности запыленности ЛРС в регионе. Рекомендованы допустимые от автомобильных дорог разной степени загруженности в различных природных зонах и железнодорожных магистралей расстояния для безопасной заготовки ЛРС. Новизна исследований подтверждается патентами на изобретения РФ №2530501 «Способ получения водорастворимых полисахаридов из листьев подорожника большого», №2604934 «Способ получения водорастворимых полисахаридов из корней лопуха большого», №2635996 «Способ получения водорастворимых полисахаридов из корней одуванчика лекарственного», №2712554 «Способ получения инулина из растительного сырья», №2765503 «Способ получения инулина из лекарственного растительного сырья»; свидетельствами о государственной регистрации баз данных №2022620084 «Содержание тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье Воронежской области», № 2022620085 «Загрязнение верхних слоев почв Воронежской области тяжелыми металлами, мышьяком, естественными и искусственными радионуклидами», №2022620086 «Удельная активность естественных и искусственных радионуклидов в лекарственном растительном сырье Воронежской области» и программы для ЭВМ №2022617857 «Программа проверки однородности содержания экотоксикантов в лекарственном растительном сырье по критерию Кохрена».

Теоретическая и практическая значимость работы

На модельной территории оптимизированы методы эколого-фармакогностической оценки качества ЛРС в условиях антропогенного воздействия, сформулированы основные принципы региональных комплексных исследований качества ЛРС, которые могут быть использованы в других субъектах РФ. Выявлены и теоретически обоснованы закономерности накопления приоритетных экотоксикантов и БАВ в ЛРС. Показана необходимость нормирования основных природных РН в ЛРС, предложены подходы к нормативному регулированию данного показателя. Работа вносит вклад в природоохранное направление фармации и экологии, связанное с ценными растительными ресурсами.

Исследовано экологическое состояние ВСП и ЛРС на примере Воронежской области, что позволило выявить территории с наиболее сильным антропогенным загрязнением и экологически благополучные, подходящие для заготовки растительного сырья, отвечающего всем требованиям нормативных документов по содержанию экотоксикантов и действующих веществ, что легло в основу создания методических рекомендаций по заготовке ЛРС в регионе.

Разработаны и валидированы методики выделения и количественного определения суммы водорастворимых полисахаридов (ВРПС) из ЛРС, отличающиеся экспрессностью, экономичностью, высокой воспроизводимостью и простотой.

Методология и методы исследования

Методологическую основу диссертационной работы составили нормативные документы, а также труды российских (Гравель И.В., Самылина И.А., Терешкина О.И., Листов С.А., Санаров Е.М., Рудакова И.П., Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Яковлев Г.П., Попов А.И., Егорова И.Н., Баяндина И.И., Загурская Ю.В., Сиромля Т.И., Сысо А.И., Клемпер А.В., Любимов В.Б. и др.) и зарубежных (Winkel-Shirley B., Yuichi O., Wang H., Rice-Evans C.A., Miller N.J., Rai V., Loreto F., Schnitzler J.P., Jang M.H. и др.) ученых, посвященные комплексным экологическим исследованиям состояния почв, ЛРС и ЛРП. Методология работы основана на всесторонней оценке объектов исследования, обосновании методов и заключалась в проведении комплексной эколого-фармакогностической оценки качества ВСП и ЛРС в различных экотопах Воронежской области, а также выявлении особенностей и закономерностей накопления общего минерального комплекса, ТМиМ, ХОП, естественных и искусственных РН и основных групп БАВ в ЛРС. Исследования выполнены с использованием современных физико-химических методов (атомно-абсорбционной спектрометрии, газо-жидкостной хроматографии, спектрометриии, хромато-масс-спектрометрии, спектрофотометрии, гравиметрии и др.) на сертифицированном оборудовании с применением математических (корреляционного, дисперсионного, регрессионного) методов анализа данных.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Результаты изучения особенностей загрязнения ЛРС агро- и урбоценозов Воронежской области ТМиМ, ХОП, естественными и искусственными РН.
2. Результаты изучения запыленности ЛРС в естественных и антропогенных экотопах Воронежской области.
3. Результаты исследования накопления экотоксикантов различными видами ЛРС из окружающей среды.

4. Результаты изучения особенностей накопления основных групп БАВ в ЛРС в различных экотопах региона.
5. Результаты изучения взаимосвязей между накоплением экотоксикантов и основных групп БАВ в ЛРС.
6. Результаты исследования транссредового перехода минерального комплекса в цепи «ВСП – ЛРС – водные извлечения».
7. Результаты определения допустимых территорий для заготовки ЛРС.
8. Методологические подходы к региональной эколого-фармакогностической оценке качества ЛРС.

Степень достоверности и апробации результатов

Проведен обзор более 363 отечественных и 120 зарубежных литературных источников. Результаты диссертационных исследований, выводы и практические рекомендации и их достоверность основаны на обширном количестве экспериментальных данных, полученных современными физико-химическими методами анализа на сертифицированном оборудовании, статистически обработанных по требованиям действующей нормативной документации с помощью программы «Microsoft Excel». Разработанные методики валидированы в соответствии с действующим законодательством по всем основным характеристикам. Достоверность полученных результатов подтверждается также публикациями в рецензируемых высокорейтинговых изданиях, свидетельствами о государственной регистрации баз данных, патентами на изобретения и внедрением их в производственные процессы.

Материалы диссертационных исследований были представлены на более, чем 50 международных и всероссийских конференциях и форумах, главными из которых являются: II, III, IV и VI науч.-практ. конф. «Молодые ученые и фармация XXI века» (Москва, 2014, 2015, 2016, 2018); IV Всерос. науч.-практ. конф. «Беликовские чтения» (Пятигорск, 2015); 6-ая, 7-ая, 8-ая междунар. научно-метод. конф. «Фармобразование» (Воронеж, 2016, 2018, 2022); 69-ая, 73-я, 74-ая итог. науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы современной медицины и фармации» (Витебск, 2017, 2021, 2022); Междунар. науч. конф. «Перспективы лекарственного растениеводства» (Москва, 2018); V, VII, VIII Всерос. конф. с междунар. уч. «VOLGAMEDSCIENCE» (Нижний Новгород, 2019, 2021, 2022); II Междунар. науч.-практ. конф. «Гармонизация подходов к фармацевтической разработке» (Москва, 2019); LXXV междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы современной медицины и фармации – 2021» (Минск, 2021) и др. Апробация диссертационной работы прошла на совместном заседании кафедр фармацевтической химии и фармацевтической технологии, управления и экономики фармации, фармакологии и клинической

фармакологии фармацевтического факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» 22.06.2022 г.

Внедрение результатов в практику

Результаты научно-исследовательской работы внедрены в производственные процессы БУ ВО «Воронежский центр контроля качества и сертификации лекарственных средств», КП ВО «Воронежфармация», а также фармацевтической компании ООО «Квадрат-С», которой проведены технологические и аналитические испытания методических рекомендаций по ультразвуковой экстракции и количественному определению суммы ВРПС из ЛРС. Результаты эколого-фармакогностических исследований внедрены в деятельность Управления Роспотребнадзора по Воронежской области и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области». Результаты диссертационных исследований используются в учебном процессе кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» МЗ РФ; кафедры фармацевтического товароведения, гигиены и экологии и кафедры фармакогнозии, ботаники и технологии фитопрепаратов Пятигорского медико-фармацевтического института – филиала ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» МЗ РФ, кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии и кафедры управления и экономики фармации и фармакогнозии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Результаты научно-исследовательской работы легли в основу направленных в ФГБУ «НЦЭСМП» Минздрава РФ проектов дополнений к ОФС.1.5.1.0001.15 «Лекарственное растительное сырье», ОФС.1.5.3.0001.15 «Определение содержания радионуклидов в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратов», ФС.2.5.0025.15 «Лопуха корни», ФС.2.5.0032.15 «Подорожника большого листья», ФС.2.5.0086.18 «Одуванчика лекарственного корни».

Личный вклад автора

Автору принадлежит ведущая роль на всех этапах исследования, которая состоит в обобщении существующих литературных сведений; выборе объектов и методов исследования; планировании эксперимента; участии в заготовке образцов для исследования; пробоподготовке для всех серий научных экспериментов; проведении основной части экспериментальных исследований; разработке и валидации новых экспрессных методик анализа; самостоятельной обработке, обобщении и интерпретации всех полученных данных; подготовке всех публикаций по выполненной работе, диссертации и автореферата; участие с результатами исследований в конференциях.

Соответствие диссертационного исследования паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 3.4.2 Фармацевтическая химия, фармакогнозия, по областям исследования пунктов 2, 3, 5, 6 и 7.

Связь исследования с проблемным планом фармацевтических наук

Научная работа выполнялась в соответствии с планом исследований ФГБОУ ВО «ВГУ» по научной проблеме «Оценка экологического состояния ЛРС Центрального Черноземья в условиях нарастающей антропогенной нагрузки». Фитохимические исследования проводились в соответствии с планом научно-исследовательской, опытно-конструкторской и технологической работы гражданского назначения (номер государственного учета 121091700040-7). Диссертационные разработки соответствуют плану по реализации стратегии социально-экономического развития Воронежской области на период до 2035 года, утвержденного постановлением правительства Воронежской области 29.12.2018 г. №1242 по государственной программе региона «Охрана окружающей среды и природные ресурсы» в части стратегической цели СЦ 3.11. «Сохранение и восстановление природных ресурсов Воронежской области». Диссертационные разработки дважды поддержаны Грантами Президента РФ (проекты МК-3733.2015.5 и МК-1177.2021.3), трижды - областными и федеральными конкурсами инноваций: «У.М.Н.И.К. – 2017»; Областной межвузовский конкурс инновационных проектов «Кубок инноваций-2019»; Конкурс инновационных идей «Правила роста-2019».

Публикации

По результатам исследования опубликовано 62 работы, в том числе статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета / Перечень ВАК при Минобрнауки России - 30; статей в изданиях, индексируемых в международных базах данных, - 20, патентов на изобретения - 5, свидетельств о государственной регистрации базы данных - 3, свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ - 1, монографий - 2, методических рекомендаций - 1.

Объем и структура диссертации

Диссертация включает введение, 8 глав, заключение, выводы, список литературы и приложения. Общий объем работы с приложениями составляет 452 страницы, она содержит 382 рисунка и 116 таблиц. Текст диссертации изложен на 296 страницах машинописного текста. Список литературы включает 483 источника, из них 120 на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследований

В качестве модельных растительных **объектов исследования** были выбраны повсеместно распространенные на территории РФ представители как естественных

растительных сообществ, так и синантропной флоры, которые заготавливаются преимущественно от дикорастущего сырья. Выбор объектов исследования обусловлен объективной необходимостью изучения нескольких видов ЛРС, включающих различные органы или группы органов растений, разные жизненные формы производящих растений, содержащие разные группы основных БАВ. Использовали траву горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.), траву полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.), траву тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), траву пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.), листья подорожника большого (*Plantago major* L.), листья крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), цветки липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.), корни одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg), корни лопуха большого (*Arctium lappa* L.). Для изучения накопления экотоксикантов ЛРС из почвы проводили отбор проб ВСП (0-10 см от поверхности).

Точки отбора образцов ВСП и ЛРС в Воронежской области были выбраны на основе литературного и картографического обзора (рисунок 1) по определяющему влиянию преимущественно одного объекта хозяйственного пользования. Заготовку образцов проводили в 2015-2020 гг. Пробы ВСП отбирали согласно ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб», методом конверта. Заготовку, сушку, хранение, отбор проб ЛРС, получение водных извлечений из ЛРС, приготовление реактивов и стандартов проводили в соответствии с требованиями ГФ РФ XIV и принципами ГАСР. Результаты экспериментов статистически обрабатывали по ОФС.1.1.0013.15 «Статистическая обработка результатов эксперимента» в «Microsoft Excel». Валидацию разрабатываемых методик проводили в соответствии с ОФС.1.1.0012.15 «Валидация фармакопейных методик». Изучение взаимосвязи между определяемыми показателями вели методом параметрической статистики по критерию корреляции Пирсона с расшифровкой по шкале Чеддока.

Проведение испытаний ЛРС по фармакопейным показателям качества осуществляли в соответствие фармакопейными требованиями (ОФС.1.2.1.0010.15 «Потеря в массе при высушивании», ОФС.1.2.2.2.0013.15 «Зола общая», ОФС.1.5.3.0005.15 «Зола, нерастворимая в хлористоводородной кислоте»). Используемое оборудование: весы аналитические «A&D GH-202», стерилизатор воздушный «Витязь ГП-40», электропечь муфельная SNOL 3/11 «ТехноТерм».

Исследование макро- и микроэлементного состава изучаемых видов ЛРС и ВСП проводили на ХМСМ-анализаторе «Perkin-Elmer ELAN DRC-II» с индуктивно связанной плазмой на примере образцов, отобранных в контрольной зоне (Воронежский государственный заповедник), чтобы исключить влияние хозяйственной деятельности на элементный профиль изучаемых объектов.

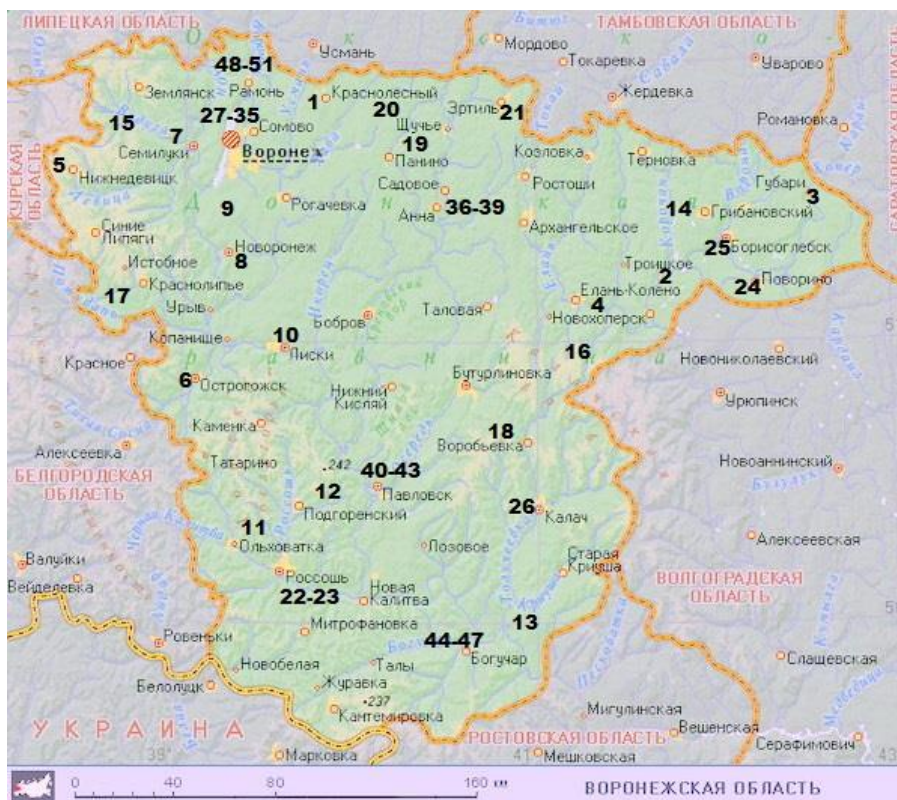


Рисунок 1 - Карта отбора образцов ВСП и ЛРС

Контрольные территории: **1** - Территория Воронежского природного биосферного заповедника; **2** - Территория Хоперского природного заповедника; **3** - Территория Теллермановского леса; *зона предполагаемой добычи никеля:* **4** - Село Елань-Колено Новохоперского р-на; *зоны, подвергшиеся радионуклидному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС и зоны влияния Нововоронежской АЭС:* **5** - Село Нижнедевицк Нижнедевицкого р-на; **6** - Улица города Острогожска; **7** - Улица города Семилуки; **8** - Улица города Нововоронежа; **9** - ВЛЭ (Каширский район); *агроценозы:* **10** - Лискинского р-на; **11** - Ольховатского р-на; **12** - Подгоренского р-на; **13** - Петропавловского р-на; **14** - Грибановского р-на; **15** - Хохольского р-на; **16** - Новохоперского р-на; **17** - Репьевского р-на; **18** - Воробьевского р-на; **19** - Панинского р-на; **20** - Верхнехавского р-на; **21** - Эртильского р-на; **22** - Россошанского р-на; *урбоценозы:* **23** - Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район); **24** - Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район); **25** - Улица г. Борисоглебска; **26** - Улица г. Калача; **27** - Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (г. Воронеж); **28** - Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (г. Воронеж); **29** - На удалении 0-100 м от низовья Воронежского водохранилища; **30** - Вблизи международного аэропорта Воронеж; **31** - Улица Левобережного р-на г. Воронежа; **32, 33, 34, 35** - 0 м, 100 м, 200 м, 300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском р-не; **36, 37, 38, 39** - 0 м, 100 м, 200 м, 300 м от автомагистрали А144 в Аннинском р-не; **40, 42, 42, 43** - 0 м, 100 м, 200 м, 300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском р-не; **44, 45, 46, 47** - 0 м, 100 м, 200 м, 300 м от дороги обычного типа в Богучарском р-не; **48, 49, 50, 51** - 0 м, 100 м, 200 м, 300 м от железнодорожных путей)

Анализ образцов почв и ЛРС на содержание ТМиМ проводили с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией «МГА-915МД» в соответствии с «МУ по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» и ОФС.1.5.3.0009.15. Для определения содержания свинца, кадмия, никеля, цинка, меди, кобальта и хрома проводили пробоподготовку методом сухой минерализации, для определения концентрации ртути и мышьяка – методом мокрой минерализации. Суммарный показатель загрязнения ВСП рассчитывали в соответствии с МУ 2.1.7.730-99 «Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана

почвы». Эффективность аккумуляции экотоксикантов из ВСП в ЛРС оценивали с помощью коэффициентов накопления (КН):
$$КН = \frac{C_{ЛРС} * 100}{C_{ВСП}},$$

где $C_{ЛРС}$ – содержание экотоксиканта в ЛРС; $C_{ВСП}$ – содержание экотоксиканта в ВСП.

Содержание нормируемых ХОП (ДДТ, ГХЦГ, алдрин, гептахлор) в почвах и ЛРС определялось методом ГЖХ на хроматографе «Цвет 500М» с микрошприцевым дозатором, стеклянными капиллярными разделительными колонками и пламенно-ионизационным детектированием в соответствии с ГОСТ Р 53217-2008 и ОФС.1.5.3.0011.15.

При изучении радионуклидного загрязнения ВСП и ЛРС определяли удельную активность (УА) основных долгоживущих искусственных РН (стронций-90, цезий-137) и естественных РН (торий-232, калий-40, радий-226) на спектрометре - радиометре МКГБ-01 «РАДЭК» с программным обеспечением «ASW». Определение УА РН в ВСП проводили по МР 2.6.1/2.3.7.0216-20 «Радиохимическое определение удельной активности природных РН в пробах пищевой продукции, почвы, других объектов окружающей среды и биопробах». Определение УА РН в ЛРС проводили в соответствии с первым вариантом измерений ОФС.1.5.3.0001.15. Эффективную удельную активность (ЭУА) природных РН рассчитывали по СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009».

При испытании образцов ЛРС на количественное содержание БАВ приоритет был отдан основным нормируемым ГФ РФ XIV действующим веществам. С использованием регрессионного, дисперсионного и корреляционного анализов разработаны и валидированы экспрессные методики выделения и количественного определения ГОВРПС корней одуванчика лекарственного, корней лопуха большого, листьев подорожника большого с применением ультразвуковой экстракции БАВ, которые также были использованы в эксперименте. Используемое оборудование: спектрофотометр «СФ-2000», баня водяная «ULAB (UT-4302E)», ультразвуковая ванна «ГРАД 40-35». Определение компонентного состава ЭМ проводили на ХМС-комплексе (Agilent Technologies 7890B GCSystem) с масс-селективным детектором (Agilent Technologies 5977A MSD), программным обеспечением MassHunter v. B.06.00 и NIST MS Search 2.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение элементного комплекса верхних слоев почв и ЛРС

Для всех определяемых ТМиМ, кроме никеля, валовое содержание в ВСП не превышало ОДК, что, вероятно, связано с весьма низкими требованиями, предъявляемыми к распространенным на территории региона черноземам (таблица 1). При расчете суммарного показателя загрязнения выявлено, что допустимую степень загрязнения имеют лишь 20% образцов. К опасным районам по суммарному показателю загрязнения ВСП

относятся улицы г. Борисоглебска, г. Калача, г. Воронежа, территории вблизи аэропорта, предприятий ОАО «Минудобрения», ООО «Бормаш», ОАО «Воронежсинтезкаучук», а также на удалении 0-100 м от автотрасс М4 и А144, вдоль железной дороги. Превышение ПДК подвижных форм ТМ отмечено для всех элементов, для которых они установлены, – преимущественно также в урбоценозах, что обусловлено высоким уровнем валового содержания элементов и более низкой гумированностью таких почв. Выявлено, что в 86% образцов ВСП содержание тех или иных ТМиМ превышает среднемировые концентрации (по Д.П. Малюга, 1963). Относительно кларков элементов почв селитебных ландшафтов (по В.А. Алексеенко, 2014) полученные данные показали более благополучную ситуацию: превышение выявлено лишь в 20% образцов ВСП и отмечено только для трех элементов: никеля, кобальта и меди.

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почвах

Показатель	Элемент (подчеркнутый шрифт- диапазоны варьирования, обычный - средние значения показателей)								
	Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
Валовое содержание, мг/кг	<u>1,71-</u> <u>34,57</u> 9,86	<u>0,01-</u> <u>0,24</u> 0,07	<u>0,02-</u> <u>0,71</u> 0,21	<u>0,12-</u> <u>3,81</u> 1,21	<u>1,35-</u> <u>98,25</u> 13,07	<u>2,53-</u> <u>45,16</u> 17,03	<u>1,84-</u> <u>21,78</u> 8,36	<u>3,3-</u> <u>65,38</u> 23,25	<u>9,58-</u> <u>154,45</u> 52,69
ОДК валовых форм, мг/кг	130,0	2,1	2,0	10,0	80,0	-	-	132,0	220,0
Суммарный показатель загрязнения (по МУ 2.1.7.730-99)	<u>5-87</u> 26								
Отношение содержания ТМиМ к условным мировым кларкам почв (по Д.П. Малюга)	<u>0,17-</u> <u>3,46</u> 0,99	<u>0,33-</u> <u>8,00</u> 2,33	<u>0,04-</u> <u>1,42</u> 0,42	<u>0,02-</u> <u>0,76</u> 0,24	<u>0,03-</u> <u>2,46</u> 0,33	<u>0,01-</u> <u>0,23</u> 0,09	<u>0,18-</u> <u>2,18</u> 0,84	<u>0,23-</u> <u>3,27</u> 1,16	<u>0,19-</u> <u>3,09</u> 1,05
Отношение содержания ТМиМ к кларкам элементов селитебных почв (по В.А. Алексеенко)	<u>0,03-</u> <u>0,63</u> 0,18	<u>0,01-</u> <u>0,27</u> 0,08	<u>0,02-</u> <u>0,79</u> 0,23	<u>0,01-</u> <u>0,24</u> 0,08	<u>0,04-</u> <u>2,98</u> 0,4	<u>0,03-</u> <u>0,56</u> 0,21	<u>0,13-</u> <u>1,54</u> 0,59	<u>0,12-</u> <u>1,68</u> 0,6	<u>0,06-</u> <u>0,98</u> 0,33
Содержание подвижных форм, мг/кг	<u>0,23-</u> <u>10,82</u> 2,36	<u>0,001-</u> <u>0,062</u> 0,008	<u>0,002-</u> <u>0,122</u> 0,03	<u>0,005-</u> <u>0,373</u> 0,052	<u>0,04-</u> <u>6,34</u> 1,23	<u>0,16-</u> <u>9,58</u> 2,05	<u>0,33-</u> <u>5,45</u> 1,23	<u>0,37-</u> <u>17,12</u> 3,43	<u>1,25-</u> <u>38,3</u> 11,64
ПДК подвижных форм, мг/кг	6,0	-	-	-	4,0	6,0	5,0	3,0	23,0

При анализе ЛРС на содержание ТМиМ выявлено, что все отобранные образцы травы горца птичьего, листьев крапивы двудомной, цветков липы сердцевидной и пижмы обыкновенной соответствовали требованиям ГФ XIV. Остальные исследуемые виды ЛРС имели более высокую концентрирующую способность в отношении ТМиМ (отмечено превышение ПДК для некоторых образцов) (таблица 2).

Наиболее высокие концентрации *свинца* отмечены в корнях одуванчика лекарственного (0,95-4,83 мг/кг), корнях лопуха большого (0,59-4,88 мг/кг), траве горца птичьего (0,24-4,95 мг/кг), листьях подорожника большого (0,37-3,22 мг/кг). Ряд убывания

концентрирующей способности свинца выглядит таким образом: корни одуванчика лекарственного → корни лопуха большого → трава горца птичьего → листья подорожника большого → трава полыни горькой, трава тысячелистника обыкновенного, трава пустырника пятилопастного, листья крапивы двудомной → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной (таблица 3).

Содержание *ртути* в ЛРС не превышало 10% от ПДК (не более 0,01 мг/кг), при этом наиболее низкие концентрации элемента выявлены в цветках липы сердцевидной и цветках пижмы обыкновенной, для большинства образцов которых характерно содержание ртути ниже предела обнаружения. Относительно более высокий уровень накопления ртути выявлен в листьях крапивы двудомной, листьях подорожника большого и травы полыни горькой. Построен ряд убывания концентрирующей способности ЛРС для ртути: листья крапивы двудомной → трава полыни горькой → листья подорожника большого → трава пустырника пятилопастного, корни одуванчика лекарственного, корни лопуха большого → трава тысячелистника обыкновенного → трава горца птичьего → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной.

Превышения ПДК *кадмия* в ЛРС в области не выявлено. Наиболее высокие концентрации кадмия отмечены в траве полыни горькой (0,02-0,56 мг/кг), корнях лопуха большого (0,02-0,28 мг/кг), траве пустырника пятилопастного (0,02-0,48 мг/кг), листьях подорожника большого (0,02-0,27 мг/кг). Построен ряд убывания концентрирующей способности ЛРС для кадмия: трава полыни горькой → корни лопуха большого → листья подорожника большого → трава пустырника пятилопастного → корни одуванчика лекарственного → трава тысячелистника обыкновенного → цветки пижмы обыкновенной → трава горца птичьего → цветки липы сердцевидной → листья крапивы двудомной.

По содержанию *мышьяка* не соответствовали требованиям ГФ XIV 24% образцов травы полыни горькой, по 12% образцов травы тысячелистника обыкновенного и листьев подорожника большого, 8% образцов корней лопуха большого, 5% образцов травы пустырника пятилопастного, 4% образцов одуванчика лекарственного. Отмечены виды ЛРС, отличающегося высокой способностью к накоплению мышьяка: трава полыни горькой (0,20-1,20 мг/кг), листья подорожника большого (0,21-0,87 мг/кг), трава тысячелистника обыкновенного (0,17-0,78 мг/кг), а также корни лопуха большого (0,14-0,81 мг/кг). Построен ряд убывания аккумулирующей способности ЛРС для мышьяка: трава полыни горькой → листья подорожника большого → трава тысячелистника обыкновенного → корни лопуха большого → трава пустырника пятилопастного → корни одуванчика лекарственного → листья крапивы двудомной → трава горца птичьего → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной.

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов и мышьяка в ЛРС в Воронежской области

№ п/п	ЛРС	Концентрация, мг/ кг (в числителе - диапазон варьирования, в знаменателе - среднее значение)								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1	Трава горца птичьего	<u>0,24-4,95</u> 1,53	<u>0,002-0,004</u> 0,003	<u>0,00-0,05</u> 0,03	<u>0,04-0,27</u> 0,10	<u>1,23-7,47</u> 3,82	<u>0,68-6,17</u> 2,91	<u>0,63-1,45</u> 1,03	<u>4,37-32,64</u> 13,85	<u>19,37-76,48</u> 48,60
2	Трава полыни горькой	<u>0,21-2,04</u> 0,73	<u>0,004-0,009</u> 0,007	<u>0,02-0,56</u> 0,17	<u>0,20-1,20</u> 0,46	<u>0,65-5,24</u> 2,52	<u>0,23-3,98</u> 1,17	<u>0,15-1,16</u> 0,40	<u>12,64-45,37</u> 22,45	<u>16,98-115,36</u> 49,39
3	Трава тысячелистника обыкновенного	<u>0,22-2,37</u> 0,78	<u>0,002-0,005</u> 0,004	<u>0,01-0,11</u> 0,04	<u>0,17-0,78</u> 0,31	<u>0,56-4,93</u> 2,36	<u>0,16-2,39</u> 0,80	<u>0,16-1,62</u> 0,50	<u>6,69-34,71</u> 16,60	<u>15,82-55,85</u> 31,46
4	Трава пустырника пятилопастного	<u>0,17-2,59</u> 0,78	<u>0,002-0,006</u> 0,004	<u>0,02-0,48</u> 0,11	<u>0,10-0,53</u> 0,21	<u>1,04-8,46</u> 3,89	<u>0,26-4,51</u> 1,31	<u>0,43-2,29</u> 0,84	<u>6,23-27,37</u> 14,69	<u>21,97-89,42</u> 45,31
5	Листья подорожника большого	<u>0,37-3,23</u> 1,12	<u>0,005-0,009</u> 0,007	<u>0,01-0,27</u> 0,11	<u>0,21-0,87</u> 0,37	<u>0,96-8,90</u> 4,11	<u>1,20-11,41</u> 4,84	<u>0,27-3,05</u> 1,06	<u>3,24-12,67</u> 6,57	<u>11,54-66,96</u> 33,13
6	Листья крапивы двудомной	<u>0,29-2,76</u> 0,75	<u>0,005-0,009</u> 0,008	<u>0,00-0,03</u> 0,01	<u>0,05-0,36</u> 0,11	<u>1,03-8,89</u> 4,10	<u>0,85-13,80</u> 4,03	<u>0,06-3,51</u> 0,81	<u>5,13-14,20</u> 8,97	<u>17,83-57,98</u> 35,98
7	Цветки липы сердцевидной	<u>0,07-0,24</u> 0,14	<u>0,000-0,003</u> 0,001	<u>0,00-0,05</u> 0,02	<u>0,01-0,03</u> 0,02	<u>0,47-1,56</u> 0,93	<u>0,04-1,18</u> 0,39	<u>0,05-1,32</u> 0,42	<u>0,69-9,89</u> 3,99	<u>10,53-81,36</u> 35,62
8	Цветки пижмы обыкновенной	<u>0,10-0,33</u> 0,19	<u>0,000-0,003</u> 0,002	<u>0,01-0,08</u> 0,04	<u>0,02-0,12</u> 0,06	<u>1,49-4,07</u> 2,36	<u>0,06-0,94</u> 0,44	<u>0,11-0,58</u> 0,32	<u>3,40-13,92</u> 8,47	<u>18,40-55,72</u> 29,38
9	Корни одуванчика лекарственного	<u>0,95-4,83</u> 2,19	<u>0,003-0,006</u> 0,004	<u>0,02-0,18</u> 0,10	<u>0,09-0,68</u> 0,21	<u>0,67-4,14</u> 2,12	<u>3,13-14,04</u> 6,43	<u>4,28-14,81</u> 7,34	<u>4,17-14,63</u> 8,09	<u>20,17-97,45</u> 50,18
10	Корни лопуха большого	<u>0,59-4,88</u> 2,17	<u>0,003-0,006</u> 0,004	<u>0,02-0,28</u> 0,12	<u>0,14-0,81</u> 0,31	<u>1,05-5,94</u> 3,14	<u>2,32-13,36</u> 5,38	<u>2,17-13,85</u> 5,78	<u>5,31-16,62</u> 9,97	<u>21,04-76,37</u> 43,21
	ПДК	6,0	0,1	1,0	0,5	-	-	-	-	-

Таблица 3 – Коэффициенты накопления тяжелых металлов и мышьяка в ЛРС из почв

№ п/п	ЛРС	КН (в числителе - диапазон варьирования, в знаменателе - среднее значение)								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1	Трава горца птичьего	<u>0,06-0,42</u> 0,14	<u>0,01-0,40</u> 0,05	<u>0,00-0,75</u> 0,11	<u>0,06-0,83</u> 0,09	<u>0,08-1,16</u> 0,27	<u>0,07-0,62</u> 0,16	<u>0,06-0,49</u> 0,12	<u>0,29-1,37</u> 0,51	<u>0,44-2,69</u> 0,82
2	Трава полыни горькой	<u>0,03-0,22</u> 0,07	<u>0,04-0,80</u> 0,12	<u>0,06-6,22</u> 0,74	<u>0,24-3,25</u> 0,41	<u>0,05-0,67</u> 0,18	<u>0,03-0,55</u> 0,07	<u>0,02-0,14</u> 0,05	<u>0,38-3,85</u> 0,83	<u>0,62-2,23</u> 0,83
3	Трава тысячелистника обыкновенного	<u>0,02-0,16</u> 0,07	<u>0,01-0,40</u> 0,06	<u>0,04-1,00</u> 0,17	<u>0,17-2,92</u> 0,27	<u>0,05-0,68</u> 0,16	<u>0,02-0,12</u> 0,05	<u>0,03-0,13</u> 0,06	<u>0,38-2,03</u> 0,61	<u>0,24-2,36</u> 0,53
4	Трава пустырника пятилопастного	<u>0,02-0,17</u> 0,07	<u>0,02-0,50</u> 0,07	<u>0,08-1,89</u> 0,47	<u>0,13-1,58</u> 0,19	<u>0,09-1,23</u> 0,27	<u>0,03-0,14</u> 0,07	<u>0,06-0,30</u> 0,10	<u>0,29-1,89</u> 0,54	<u>0,47-2,29</u> 0,76
5	Листья подорожника большого	<u>0,04-0,46</u> 0,11	<u>0,04-0,70</u> 0,12	<u>0,04-1,89</u> 0,48	<u>0,17-3,00</u> 0,33	<u>0,05-1,37</u> 0,29	<u>0,13-1,16</u> 0,27	<u>0,05-0,29</u> 0,12	<u>0,12-1,29</u> 0,24	<u>0,28-1,61</u> 0,56
6	Листья крапивы двудомной	<u>0,03-0,23</u> 0,07	<u>0,04-0,90</u> 0,13	<u>0,00-1,00</u> 0,05	<u>0,03-0,83</u> 0,10	<u>0,09-1,16</u> 0,28	<u>0,07-0,65</u> 0,23	<u>0,01-0,24</u> 0,09	<u>0,18-1,78</u> 0,33	<u>0,38-1,99</u> 0,60
7	Цветки липы сердцевидной	<u>0,01-0,08</u> 0,01	<u>0,00-0,20</u> 0,02	<u>0,00-0,50</u> 0,08	<u>0,01-0,08</u> 0,01	<u>0,01-0,78</u> 0,06	<u>0,00-0,07</u> 0,02	<u>0,01-0,10</u> 0,05	<u>0,05-0,75</u> 0,15	<u>0,30-1,95</u> 0,60
8	Цветки пижмы обыкновенной	<u>0,01-0,07</u> 0,02	<u>0,00-0,30</u> 0,03	<u>0,04-1,00</u> 0,16	<u>0,01-0,33</u> 0,05	<u>0,04-1,57</u> 0,16	<u>0,00-0,10</u> 0,03	<u>0,01-0,15</u> 0,04	<u>0,15-1,13</u> 0,31	<u>0,32-1,92</u> 0,49
9	Корни одуванчика лекарственного	<u>0,09-0,59</u> 0,21	<u>0,02-0,50</u> 0,07	<u>0,11-6,00</u> 0,44	<u>0,12-1,67</u> 0,18	<u>0,04-1,35</u> 0,15	<u>0,20-1,49</u> 0,36	<u>0,52-2,66</u> 0,84	<u>0,14-1,48</u> 0,30	<u>0,58-2,49</u> 0,84
10	Корни лопуха большого	<u>0,11-0,90</u> 0,20	<u>0,02-0,50</u> 0,07	<u>0,28-2,14</u> 0,55	<u>0,18-2,58</u> 0,27	<u>0,06-1,16</u> 0,22	<u>0,16-1,14</u> 0,30	<u>0,33-1,90</u> 0,66	<u>0,20-2,38</u> 0,37	<u>0,42-2,87</u> 0,72

Никель наиболее активно накапливают листья подорожника большого (1,10-8,90 мг/кг) и крапивы двудомной (1,12-13,80 мг/кг), травы пустырника пятилопастного (1,04-8,46 мг/кг) и горца птичьего (1,23-7,47 мг/кг). Построен ряд убывания концентрирующей способности в ЛРС для никеля: листья подорожника большого → листья крапивы двудомной → трава полыни горькой → трава горца птичьего, трава пустырника пятилопастного → корни лопуха большого → трава полыни горькой → трава тысячелистника обыкновенного, цветки пижмы обыкновенной → корни одуванчика лекарственного → цветки липы сердцевидной.

Активными концентраторами *хрома* являются корни одуванчика лекарственного (3,13-14,04 мг/кг) и лопуха большого (2,32-13,36 мг/кг), листья подорожника большого (1,20-11,41 мг/кг) и крапивы двудомной (1,03-13,80 мг/кг). Ряд убывания аккумуляющей способности ЛРС для хрома выглядит так: корни одуванчика лекарственного → корни лопуха большого → листья подорожника большого → листья крапивы двудомной → трава горца птичьего → трава полыни горькой, трава пустырника пятилопастного → трава тысячелистника обыкновенного → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной.

Кобальт активно накапливается в подземных органах растений – корнях одуванчика лекарственного (4,28-14,81 мг/кг) и лопуха большого (2,17-13,85 мг/кг), 8-10 раз эффективнее, чем в других видах ЛРС. Построен ряд убывания концентрирующей способности ЛРС для кобальта: корни одуванчика лекарственного → корни лопуха большого → листья подорожника большого, трава горца птичьего → трава пустырника пятилопастного → листья крапивы двудомной → трава тысячелистника обыкновенного → трава полыни горькой, цветки липы сердцевидной → цветки пижмы обыкновенной.

Наибольшим накоплением *меди* отличались надземные части производящих растений – травы полыни горькой (12,69-45,37 мг/кг), тысячелистника обыкновенного (6,69-34,71 мг/кг), пустырника пятилопастного (6,23-25,86 мг/кг), горца птичьего (4,37-32,64 мг/кг). Ряд убывания аккумуляющей способности ЛРС для меди выглядит таким образом: трава полыни горькой → трава тысячелистника обыкновенного → трава пустырника пятилопастного → трава горца птичьего → корни лопуха большого → листья крапивы двудомной → цветки пижмы обыкновенной → корни одуванчика лекарственного → листья подорожника большого → цветки липы сердцевидной.

Цинк активно аккумулируется во всех видах ЛРС, но в наибольшей степени – в корнях (одуванчика лекарственного (20,17-97,45 мг/кг), лопуха большого (21,04-76,37 мг/кг)) и травах (полыни горькой (19,00-115,36 мг/кг), горца птичьего (19,37-70,03 мг/кг), пустырника пятилопастного (21,97-89,42 мг/кг)). Построен ряд убывания концентрирующей способности ЛРС для цинка: корни одуванчика лекарственного → трава полыни горькой → трава горца

птичьего → трава пустырника пятилопастного → корни лопуха большого → листья крапивы двудомной, цветки липы сердцевидной → листья подорожника большого → трава тысячелистника обыкновенного → цветки пижмы обыкновенной.

Для детального анализа особенностей накопления ТМиМ из ВСП в ЛРС были рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона, которые показали наличие тесной положительной взаимосвязи между концентрациями в почве и ЛРС для большинства определяемых элементов (таблица 4).

Таблица 4 - Коэффициенты корреляции содержания ТМиМ в ВСП и ЛРС

№ п/п	ЛРС	Коэффициенты корреляции								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1	Трава горца птичьего	0,94	0,00	0,66	0,92	0,74	0,81	0,52	0,86	0,73
2	Трава полыни горькой	0,79	0,27	0,51	0,86	0,71	0,82	0,72	0,70	0,97
3	Трава тысячелистника обыкновенного	0,87	-0,09	0,59	0,86	0,72	0,84	0,86	0,87	0,83
4	Трава пустырника пятилопастного	0,68	0,26	0,74	0,86	0,78	0,87	0,82	0,86	0,91
5	Листья подорожника большого	0,80	0,37	0,53	0,82	0,55	0,79	0,85	0,80	0,78
6	Листья крапивы двудомной	0,74	0,38	0,44	0,41	0,74	0,78	0,78	0,68	0,89
7	Цветки липы сердцевидной	0,66	-0,01	0,51	0,60	0,50	0,53	0,66	0,68	0,84
8	Цветки пижмы обыкновенной	0,82	-0,01	0,60	0,05	0,78	0,70	0,70	0,80	0,91
9	Корни одуванчика лекарственного	0,74	0,14	0,48	0,85	0,70	0,80	0,81	0,81	0,94
10	Корни лопуха большого	0,78	0,33	0,82	0,85	0,63	0,80	0,85	0,77	0,91

Анализ зависимостей концентраций ТМиМ в ЛРС от содержания их в ВСП показал, что при увеличении концентрации элементов в почве возрастало их содержание в ЛРС (показано на рисунках 2-6 на примере ТМиМ для травы полыни горькой). Степень перехода определяемых ТМиМ из ВСП в ЛРС имеет тенденцию к снижению по мере увеличения их концентрации в почве (рисунки 7-11). Результаты исследования подтверждают факт накопления определяемых элементов в изучаемых видах ЛРС в некоторых физиологически необходимых концентрациях, свыше которых активизируются механизмы ограничения аккумуляции избытка экотоксикантов, способных в чрезмерно высоких концентрациях вызывать биохимические нарушения в растительном организме. Полученные для Воронежской области закономерности аккумуляции ТМиМ в ЛРС описаны математическими зависимостями с максимальными коэффициентами достоверности аппроксимации и согласуются с результатами ранее проведенных комплексных исследований по Алтайскому краю (Гравель И.В., 2005).

Методами математико-статистической обработки экспериментальных данных подтверждена их однородность, согласованность и достоверность. Это позволило на примере Воронежского региона рассчитать и предложить кларки изучаемых элементов в ЛРС синантропной флоры, что является важным эколого-геохимическим показателем, отражающим совместное воздействие техногенных и природных процессов, происходящих в данном временном срезе (таблица 5).

Таблица 5 - Кларки ТМиМ в ЛРС синантропной флоры Воронежской области

Элемент	Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
Кларк, мг/кг	1,04	0,004	0,08	0,22	2,94	2,77	1,85	11,37	40,23

В фармакопейном анализе судить об общем минеральном комплексе ЛРС позволяют показатели: зола общая и зола нерастворимая в хлористоводородной кислоте. Увеличение величины зольного остатка указывают на загрязненность ЛРС неорганическими примесями, в частности пылевыми частицами, что особенно актуально для Воронежского региона. В ряде образцов урбоценозов региона отмечено превышение числовых показателей золы, особенно вблизи автострад. Методом математического моделирования были рассчитаны значения расстояния от дорог, на удалении которых ЛРС оказывается соответствующим требованиям ГФ (таблица 6).

Таблица 6 - Расстояние от транспортной магистрали, на удалении от которой ЛРС соответствует требованиям НД, м

Район сбора	ЛРС								Допустимое расстояние сбора ЛРС
	Трава горца птичьего	Трава полыни горькой	Трава тысячелистника обыкновенного	Трава пустырника пятилопастного	Листья подорожника большого	Листья крапивы двудомной	Цветки липы сердцевидной	Цветки пижмы обыкновенной	
Автомagистраль М4 «Дон» в Рамонском р-не (IA категория, лесная зона)	$\frac{78,3}{164,7}$	$\frac{154,3}{226,7}$	$\frac{160,7}{197,5}$	$\frac{198,8}{206,7}$	$\frac{206,8}{210,7}$	$\frac{169,3}{231,5}$	$\frac{142,6}{148,4}$	$\frac{199,2}{216,8}$	$\frac{206,8}{231,5}$
Автомagистраль А144 (IA категория, лесостепная зона)	$\frac{167,3}{171,1}$	$\frac{234,8}{302,1}$	$\frac{155,5}{175,1}$	$\frac{200,7}{233,97}$	$\frac{235,8}{285,1}$	$\frac{149,8}{276,1}$	$\frac{179,0}{232,2}$	$\frac{191,6}{218,6}$	$\frac{235,8}{302,1}$
Автомagистраль М4 «Дон» в Павловском р-не (IA категория, степная зона)	$\frac{279,8}{400,5}$	$\frac{236,6}{551,8}$	$\frac{291,4}{438,7}$	$\frac{312,2}{656,4}$	$\frac{293,4}{539,3}$	$\frac{268,2}{404,6}$	$\frac{166,4}{410,8}$	$\frac{378,4}{560,9}$	$\frac{378,4}{656,4}$
Дорога обычного типа (VI категория, степная зона)	$\frac{9,4}{72,8}$	$\frac{0}{159,1}$	$\frac{0}{52,9}$	$\frac{38,6}{56,6}$	$\frac{0}{123,21}$	$\frac{0}{179,0}$	$\frac{0}{66,7}$	$\frac{82,2}{141,0}$	$\frac{82,2}{159,1}$
Железнодорожные пути (лесная зона)	$\frac{71,4}{29,04}$	$\frac{48,2}{74,07}$	$\frac{39,8}{36,84}$	$\frac{41,4}{17,0}$	$\frac{64,8}{90,4}$	$\frac{11,0}{130,8}$	$\frac{49,8}{45,9}$	$\frac{80,2}{88,2}$	$\frac{80,2}{130,8}$

Примечание: в числителе приведены расчетные данные по показателю содержание золы общей, в знаменателе – содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте

При анализе элементного комплекса ЛРС одним из основных лимитирующим показателем явилось содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, на основании которого можно считать допустимым для сбора ЛРС в регионе расстояние от автомагистралей IA категории в условиях лесной природной зоны – не менее 230 м, в условиях лесостепной зоны – не менее 300 м, в условиях степной зоны, лишенной древесной и кустарниковой растительности, - не менее 660 м, вблизи нескоростных автомобильных дорог (IV категории) – не менее 160 м, вблизи железнодорожных магистралей – не менее 130 м.

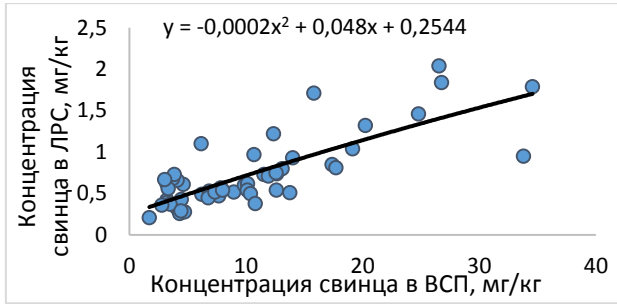


Рисунок 2 - Зависимость концентрации свинца в траве полыни горькой от его содержания в ВСП

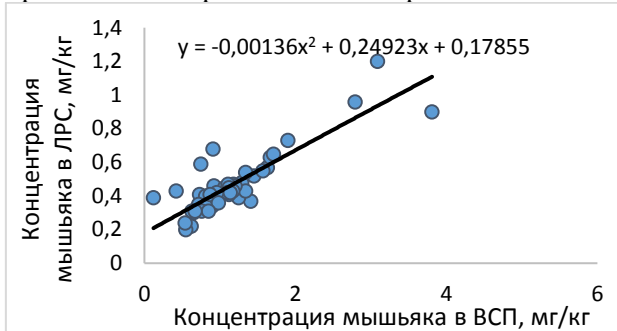


Рисунок 3 - Зависимость концентрации мышьяка в траве полыни горькой от его содержания в ВСП

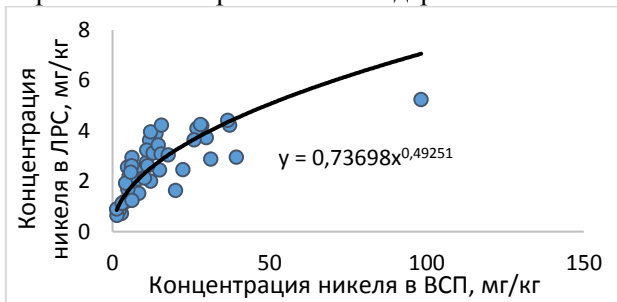


Рисунок 4 - Зависимость концентрации никеля в траве полыни горькой от его содержания в ВСП

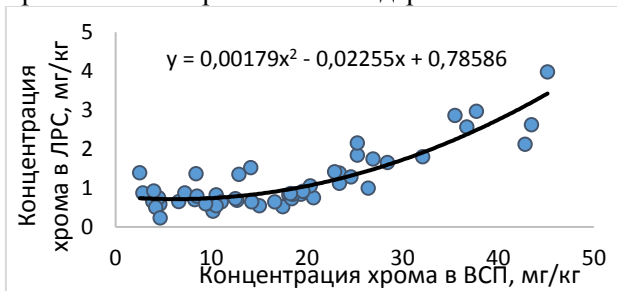


Рисунок 5 - Зависимость концентрации хрома в траве полыни горькой от его содержания в ВСП

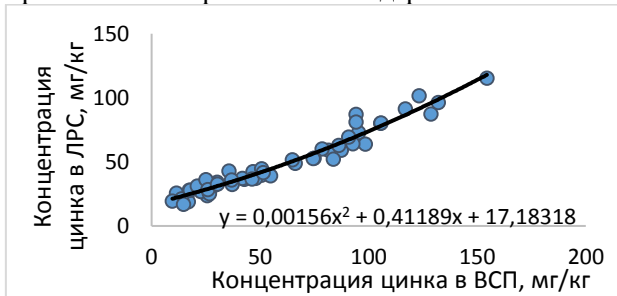


Рисунок 6 - Зависимость концентрации цинка в траве полыни горькой от его содержания в ВСП

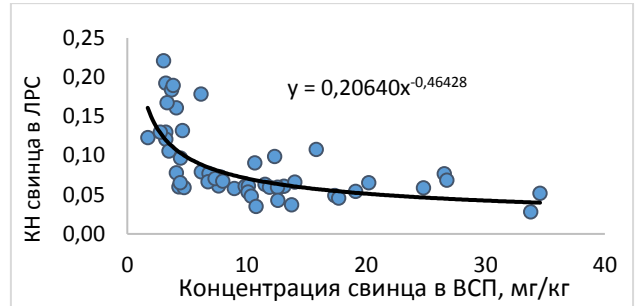


Рисунок 7 - Зависимость КН свинца в траве полыни горькой от его содержания в ВСП

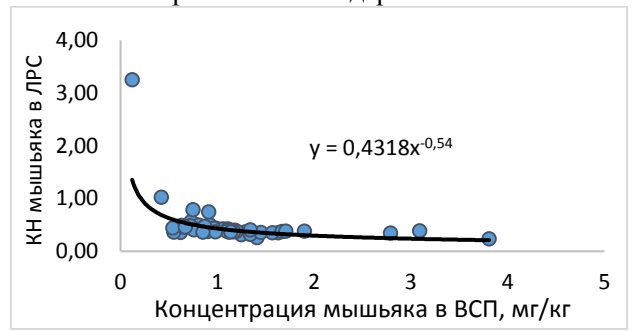


Рисунок 8 - Зависимость КН мышьяка в траве полыни горькой от его содержания в ВСП

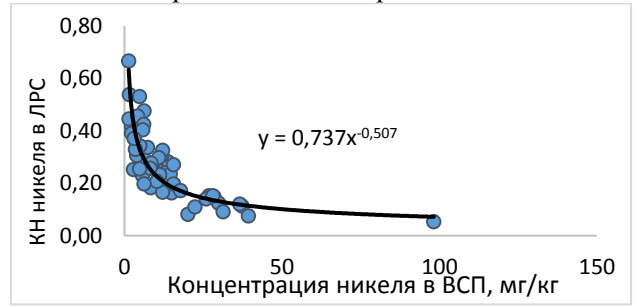


Рисунок 9 - Зависимость КН никеля в траве полыни горькой от его содержания в ВСП

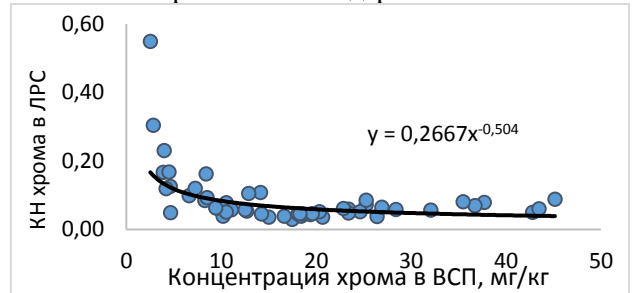


Рисунок 10 - Зависимость КН хрома в траве полыни горькой от его содержания в ВСП

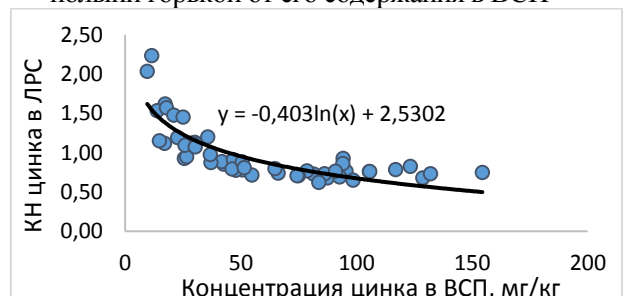


Рисунок 11 - Зависимость КН цинка в траве полыни горькой от его содержания в ВСП

Содержание искусственных и естественных радионуклидов в верхних слоях почв и ЛРС

Анализ существующей НД показал, что ПДК РН в ВСП не установлены (таблица 7). Относительно более высокими УА цезия-137 (более 50 Бк/кг) и стронция-90 (более 7 Бк/кг) в ВСП выделяются районы Северо-западной части Воронежской области, попавшие в фоновую зону Чернобыльских радиоактивных выпадений. УА калия-40 и тория-232 близки к среднемировым значениям. УА радия-226 заметно ниже среднемировых значений, так как данный РН в основном депонируется на карбонатных и сульфатных испарительных барьерах, располагающихся глубже исследуемых ВСП. Единственным нормируемым показателем для природных РН является ЭУА, которая контролируется для песка и строительных материалов. Если условно воспользоваться данным показателем, то большинство образцов ВСП соответствуют требованиям II класса радиационной безопасности.

Таблица 7 – Удельная активность радионуклидов в ВСП

Показатель, Бк/кг	Стронций-90	Цезий-137	Торий-232	Калий-40	Радий-226	ЭУА природных РН
Воронежский заповедник	6,8±3,2	51,7±14,7	32,1±9,6	312±42	5,4±2,4	349,5
Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС»	6,4±1,8	74,7±13,0	63,8±9,8	895±38	13,6±4,9	972,4
Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	7,0±3,8	72,1±19,8	55,2±7,7	807±56	13,5±5,0	875,7
Вдоль Воронежского водохранилища	7,4±3,9	70,5±23,7	52,9±8,0	809±61	13,3±4,7	875,2
Улица города Воронежа	8,0±3,3	70,8±17,5	52,3±9,5	811±48	12,9±5,9	876,2
Диапазон значений	4,2 - 9,1	20,7 - 74,7	28,9 - 63,8	312 - 895	5,2 - 13,6	349,5 - 972,4
Среднее для области	6,4	42,9	38,5	506	8,9	512,9
Среднемировые значения (по Ф.А. Тихомирову, 1988 г.)	-	-	32	450	38	
Среднее значение по РФ (по М.И. Луневу, 2009 г.)	-	-	22	460	28	

Все изученные образцы ЛРС удовлетворяют требованиям ГФ XIV по УА цезия-137 и стронция-90, а также по сумме показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения, что позволяет отнести все исследуемое сырье к I группе радиационной безопасности. УА цезия-137 не превышала 167,3 Бк/кг (в листьях подорожника большого), стронция-90 – 16,8 Бк/кг (в корнях одуванчика лекарственного) (таблица 8). УА природных РН для большинства образцов ЛРС превышала УА РН техногенного происхождения. УА калия-40 достигала 1488 Бк/кг (в траве полыни горькой), тория-232 - 32,3 Бк/кг (в корнях лопуха), радия-226 – 21,8 Бк/кг (в корнях лопуха); рассчитанная ЭУА природных РН при этом не превышала 165,05 Бк/кг (в траве полыни горькой). Полученные результаты свидетельствуют о необходимости нормирования содержания природных РН. В качестве нормируемого показателя предлагается использовать ЭУА, которая является отражением суммарной УА естественных РН в материале, определяемая с учетом биологического воздействия на организм человека. На основе исследования более 350 образцов

ЛРС предложено внести дополнительный числовой показатель в ОФС.1.5.3.0001.15: ЭУА природных РН – не более 165 Бк/кг.

Результаты определения УА природных и искусственных РН в образцах ЛРС и ВСП Воронежской области отличаются относительной равномерностью распределения по районам заготовки. Несколько более высокими УА цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226, а также ЭУА природных РН выделяются образцы, заготовленные вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС», ОАО «Воронежсинтезкаучук», Воронежского водохранилища, на улице г. Воронежа (таблица 7). Перечисленные территории заготовки располагаются в зоне выпадения осадков с выбросами ТЭЦ, которая до начала 2000-х годов функционировала на каменном угле, содержащем в качестве естественной примеси различные РН, поступавших в окружающую среду вместе с золой и недожогом через выбросы.

КН наглядно демонстрируют неравномерность распределения РН в различных органах растений (таблица 9). *Стронций-90* в наибольшей степени накапливается в корнях (КН стремятся к 2,0), а также в листьях изучаемых растений (КН более 1,0). Накопление *цезия-137* отмечено в листьях подорожника большого, крапивы двудомной и травах полыни горькой и пустырника пятилопастного (КН более 1,5). Аккумуляция *тория-232* всеми видами ЛРС оценивается как невысокая. При этом в корнях и листьях данный РН аккумулируется с большей эффективностью (КН от 0,37 до 0,49). *Калий-40* в наибольшей степени аккумулировался в листьях (средние КН от 1,47 до 1,59) и травах (средние КН от 1,06 до 1,85). Наибольшее накопление *радия-226* отмечено в корнях изучаемых видов растений (средние КН варьируют от 1,24 до 1,93) и листьях (КН от 0,93 до 1,06).

При увеличении УА всех определяемых РН в ВСП возрастала их УА в ЛРС (показано на рисунках 12-16 на примере листьев крапивы двудомной). Анализ зависимостей КН техногенных РН в ЛРС от их УА в ВСП показал преимущественное снижение темпов аккумуляции РН в сырье при увеличении их содержания в почве, что свидетельствует о возможности физиологической регуляции поступления их в растения (рисунки 17-21). Сохранение прямой и возрастающей зависимостей между данными показателями стронция-90 отмечено для листьев крапивы двудомной, цезия-137 – для травы тысячелистника обыкновенного, что указывает на высокие фиторемедиационные способности указанных видов в отношении техногенных РН. Прямая зависимость КН тория-232 от УА его в ВСП выявлена в корнях лопуха большого и одуванчика лекарственного, травах полыни горькой и горца птичьего; калия-40 – в траве горца птичьего и корнях лопуха большого; радия-226 – в травах полыни горькой и горца птичьего, что необходимо учитывать при формировании подходов к нормированию природных РН в ЛРС. Закономерности миграции РН описаны математическими зависимостями.

Таблица 8 – Удельная активность радионуклидов в ЛРС (в числителе - диапазон варьирования, в знаменателе - среднее значение)

№ п/п	ЛРС	УА РН, Бк/кг					Сумма показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения	ЭУА природных РН, Бк/кг
		Стронций-90	Цезий-137	Торий-232	Калий-40	Радий-226		
1	Трава горца птичьего	<u>2,0-5,0</u> 3,5	<u>20,6-83,2</u> 47,0	<u>1,3-14,0</u> 6,6	<u>423-1197</u> 690	<u>2,0-7,2</u> 4,5	<u>0,07-0,23</u> 0,14	<u>48,27-127,57</u> 74,63
2	Трава полыни горькой	<u>3,7-7,2</u> 4,8	<u>27,6-120,4</u> 72,4	<u>4,5-16,1</u> 8,8	<u>514 – 1488</u> 844	<u>3,1-10,5</u> 6,6	<u>0,09-0,33</u> 0,21	<u>56,02-165,05</u> 93,92
3	Трава тысячелистника обыкновенного	<u>2,8-5,3</u> 3,7	<u>18,4-78,6</u> 44,1	<u>2,6-8,2</u> 4,9	<u>316-948</u> 525	<u>2,7-7,7</u> 5,2	<u>0,07-0,21</u> 0,13	<u>36,3-103,18</u> 58,79
4	Трава пустырника пятилопастного	<u>2,9-7,6</u> 3,9	<u>37,8-134,1</u> 78,8	<u>5,5-12,9</u> 7,7	<u>614-1341</u> 919	<u>2,8-7,6</u> 5,0	<u>0,11-0,37</u> 0,22	<u>69,21-141,61</u> 97,69
5	Листья подорожника большого	<u>5,3-10,4</u> 7,1	<u>54,1-167,3</u> 106,6	<u>9,3-20,6</u> 14,0	<u>416-1197</u> 742	<u>3,9-10,6</u> 8,2	<u>0,17-0,45</u> 0,30	<u>58,36-138,28</u> 93,17
6	Листья крапивы двудомной	<u>4,0-10,2</u> 6,8	<u>29,7-99,5</u> 59,6	<u>10,8-19,9</u> 15,9	<u>514 – 1211</u> 791	<u>4,8-11,9</u> 9,3	<u>0,10-0,29</u> 0,18	<u>66,78-146,76</u> 101,20
7	Цветки липы сердцевидной	<u>2,0-3,1</u> 2,4	<u>8,3-22,1</u> 15,9	<u>3,8-7,6</u> 5,6	<u>325-610</u> 478	<u>2,3-6,6</u> 4,1	<u>0,03-0,08</u> 0,05	<u>38,03-68,71</u> 54,44
8	Цветки пижмы обыкновенной	<u>2,8-5,6</u> 3,8	<u>15,4-52,1</u> 29,2	<u>3,8-8,1</u> 6,3	<u>284-627</u> 447	<u>2,8-5,7</u> 3,9	<u>0,06-0,15</u> 0,09	<u>37,27-71,62</u> 52,44
9	Корни одуванчика лекарственного	<u>8,0-16,8</u> 12,0	<u>20,1-78,1</u> 43,6	<u>9,8-26,4</u> 14,1	<u>329-876</u> 528	<u>5,3-14,9</u> 10,9	<u>0,10-0,26</u> 0,17	<u>48,77-128,06</u> 76,76
10	Корни лопуха большого	<u>8,2-16,3</u> 12,6	<u>26,1-75,8</u> 46,4	<u>11,3-32,3</u> 19,0	<u>308-943</u> 526	<u>7,2-21,8</u> 17,0	<u>0,12-0,25</u> 0,18	<u>52,85-146,41</u> 89,05
Предельно допустимая УА		200	400				1,0	

Таблица 9 - КН радионуклидов разными видами ЛРС (в числителе - диапазон варьирования, в знаменателе - среднее значение)

№ п/п	ЛРС	КН				
		Стронций-90	Цезий-137	Торий-232	Калий-40	Радий-226
1	Трава горца птичьего	<u>0,40-0,73</u> 0,55	<u>0,85-1,29</u> 1,09	<u>0,04-0,26</u> 0,17	<u>1,18-1,74</u> 1,36	<u>0,37-0,60</u> 0,50
2	Трава полыни горькой	<u>0,56-0,88</u> 0,76	<u>1,07-2,12</u> 1,70	<u>0,11-0,41</u> 0,23	<u>1,25-1,98</u> 1,68	<u>0,57-0,89</u> 0,74
3	Трава тысячелистника обыкновенного	<u>0,48-0,74</u> 0,58	<u>0,86-1,15</u> 1,02	<u>0,06-0,31</u> 0,13	<u>0,86-1,19</u> 1,04	<u>0,48-0,81</u> 0,59
4	Трава пустырника пятилопастного	<u>0,45-0,95</u> 0,61	<u>1,16-2,47</u> 1,87	<u>0,13-0,27</u> 0,20	<u>1,48-2,16</u> 1,85	<u>0,46-0,68</u> 0,56
5	Листья подорожника большого	<u>0,94-1,46</u> 1,12	<u>1,81-3,29</u> 2,55	<u>0,24-0,54</u> 0,37	<u>1,20-1,96</u> 1,47	<u>0,72-1,09</u> 0,93
6	Листья крапивы двудомной	<u>0,93-1,21</u> 1,07	<u>1,12-1,67</u> 1,41	<u>0,31-0,56</u> 0,42	<u>1,16-1,84</u> 1,59	<u>0,82-1,19</u> 1,06
7	Цветки липы сердцевидной	<u>0,31-0,60</u> 0,39	<u>0,28-0,65</u> 0,39	<u>0,09-0,21</u> 0,15	<u>0,63-1,29</u> 0,98	<u>0,39-0,59</u> 0,47
8	Цветки пижмы обыкновенной	<u>0,46-0,70</u> 0,59	<u>0,55-0,94</u> 0,70	<u>0,11-0,23</u> 0,17	<u>0,70-1,15</u> 0,90	<u>0,37-0,68</u> 0,46
9	Корни одуванчика лекарственного	<u>1,56-2,13</u> 1,86	<u>0,83-1,13</u> 1,01	<u>0,27-0,51</u> 0,36	<u>0,90-1,35</u> 1,05	<u>1,02-1,54</u> 1,24
10	Корни лопуха большого	<u>1,53-2,32</u> 1,98	<u>0,97-1,32</u> 1,11	<u>0,34-0,60</u> 0,49	<u>0,89-1,17</u> 1,04	<u>1,51-2,44</u> 1,93

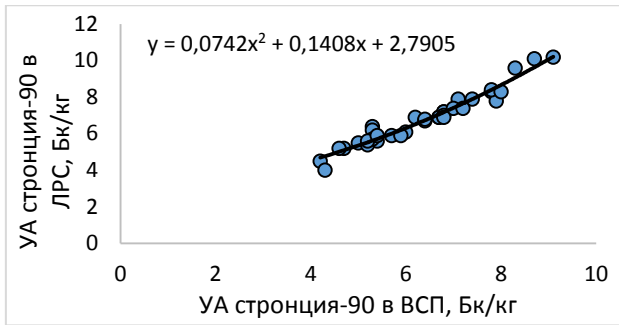


Рисунок 12 - Зависимость УА стронция-90 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

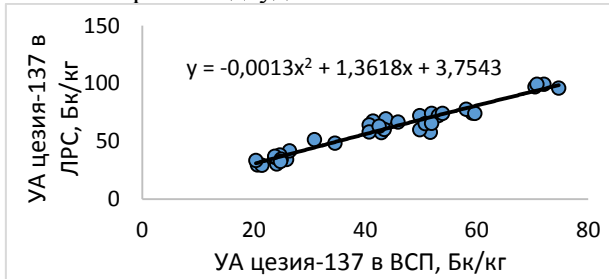


Рисунок 13 - Зависимость УА цезия-137 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

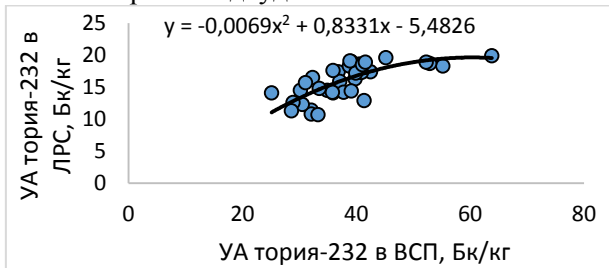


Рисунок 14 - Зависимость УА тория-232 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

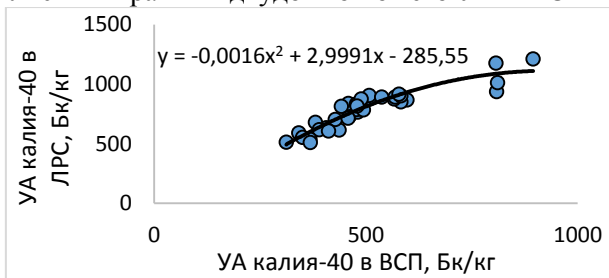


Рисунок 15 - Зависимость УА калия-40 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

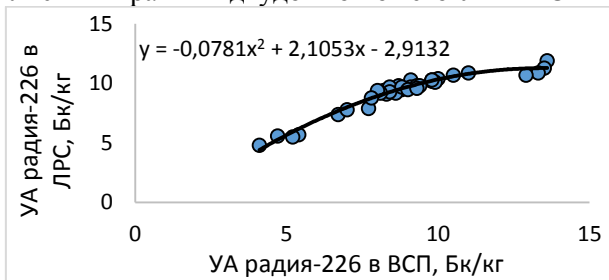


Рисунок 16 - Зависимость УА радия-226 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

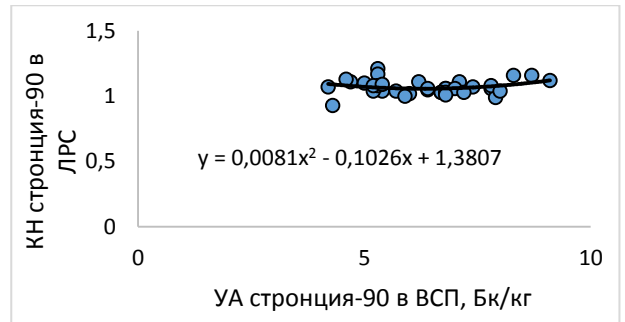


Рисунок 17 - Зависимость КН стронция-90 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

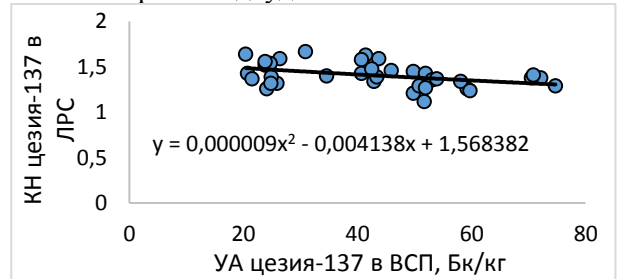


Рисунок 18 - Зависимость КН цезия-137 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

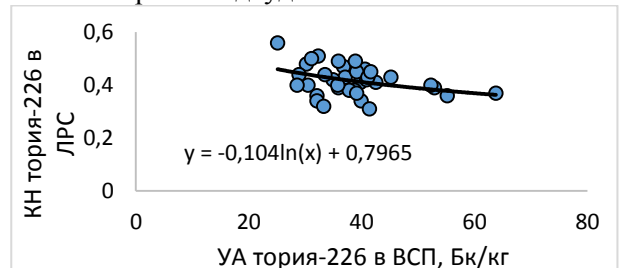


Рисунок 19 - Зависимость КН тория-232 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

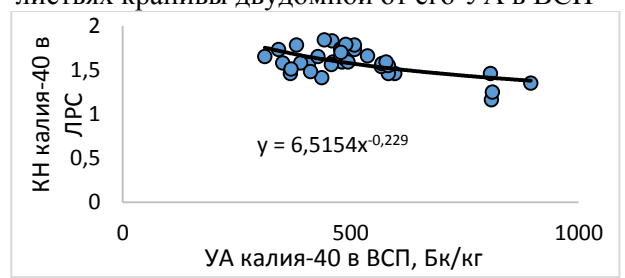


Рисунок 20 - Зависимость КН калия-40 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

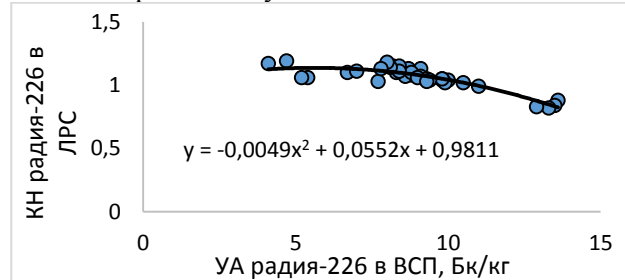


Рисунок 21 - Зависимость КН радия-226 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

Статистический анализ экспериментальных данных по РН показал их согласованность, достоверность и однородность. Анализ корреляционной зависимости УА РН в ВСП и ЛРС выявил тесную взаимосвязь между данными числовыми показателями, что подтверждает преимущественное загрязнение ЛРС РН через почву (таблица 10).

Таблица 10 - Коэффициенты корреляции между УА РН в ЛРС и почвах

№ п/п	ЛРС	Стронций-90	Цезий-137	Торий-232	Калий-40	Радий-226
1	Трава горца птичьего	0,77	0,99	0,71	0,97	0,94
2	Трава полыни горькой	0,86	0,93	0,60	0,93	0,94
3	Трава тысячелистника обыкновенного	0,89	0,99	0,12	0,95	0,83
4	Трава пустырника пятилопастного	0,62	0,94	0,76	0,94	0,94
5	Листья подорожника большого	0,92	0,91	0,50	0,92	0,88
6	Листья крапивы двудомной	0,97	0,97	0,69	0,90	0,92
7	Цветки липы сердцевидной	0,63	0,84	0,64	0,79	0,91
8	Цветки пижмы обыкновенной	0,90	0,97	0,37	0,91	0,91
9	Корни одуванчика лекарственного	0,96	0,99	0,90	0,96	0,88
10	Корни лопуха большого	0,93	0,99	0,90	0,97	0,87

Содержание хлорорганических пестицидов в верхних слоях почв и ЛРС

Для оценки загрязнения объектов исследования пестицидами изучали экологическое состояние ВСП и ЛРС в агроценозах Воронежской области (рисунок 1). Результаты исследований показали практическое отсутствие ХОП в ВСП и ЛРС: содержание ГХЦГ и его изомеров (в сумме) составляло для всех образцов менее 0,001 мг/кг, а для ДДТ и его метаболитов (в сумме) – менее 0,007 мг/кг, что значительно меньше ПДК. Наличие алдрина и гептахлора в изучаемых образцах также не выявлено.

Результаты исследований содержания БАВ в ЛРС

Предложены методические подходы к разработке методик выделения и количественного определения ВРПС с использованием ультразвуковой экстракции методом математического моделирования на основе регрессионного, дисперсионного и корреляционного анализов. Использование ультразвуковой экстракции позволяет повысить выход БАВ из сырья и снизить время извлечения на 1-2 порядка. Варьировали измельченностью ЛРС (x_1 , мм), температурой (x_2 , °С), кратностью (x_3), длительностью экстракции (x_4 , мин), частотой ультразвука (x_5 , кГц), соотношением ЛРС и экстрагента (x_6 , г:мл). Определяли содержание гравиметрически осаждаемых этанолом ВРПС (y , %).

Проверку согласованности условий эксперимента и степени их однородности выполняли путем оценки дисперсий их распределения по G-критерию Кохрена с расчетом дисперсий (S^2). Данные таблицы 11 подтверждают статистическую надёжность условий проведения эксперимента, отсутствие случайных событий, а также наличие линейной

зависимости показателей, в связи с чем, рассчитывали линейную функцию множественной регрессии методом наименьших квадратов с использованием техники матричной алгебры.

Таблица 11 - Проверка согласованности условий эксперимента и степени их однородности методом оценки дисперсий их распределения по G-критерию Кохрена

ЛРС	S^2_{\max}	ΣS^2	Значения критериев согласия	
			G	$G_{\text{крит}}$
Листья подорожника большого	922	50844	0,0181	0,064
Корни одуванчика лекарственного	1006	55051	0,0183	
Корни лопуха большого	884	48939	0,0181	

Уравнения регрессии для проведенного эксперимента по выделению ВРПС ультразвуковой экстракцией имели вид:

для листьев подорожника большого:

$$y_{\text{расчетн}} = -4,163 - 2,413 x_1 + 0,095 x_2 + 5,429 x_3 - 0,03 x_4 + 0,185 x_5 - 0,072 x_6;$$

для корней одуванчика лекарственного:

$$y_{\text{расчетн}} = -46,019 - 4,508 x_1 + 0,387 x_2 + 5,9 x_3 + 0,279 x_4 + 0,44 x_5 - 0,072 x_6;$$

для корней лопуха большого:

$$y_{\text{расчетн}} = -36,667 - 10,703 x_1 + 0,49 x_2 + 8,126 x_3 + 0,411 x_4 + 0,307 x_5 - 0,306 x_6;$$

Гипотезу о согласованности значений эксперимента и результатов, полученных теоретически, проверяли путем анализа распределения этой статистики. Для оценки различий рассеяния результатов использовали F-критерий Фишера и χ^2 -критерий Пирсона (таблица 12).

Таблица 12 - Параметры оценки качества регрессии F-распределения

Расшифровка расчетных показателей	Формула	ЛРС		
		листья подорожника большого	корни одуванчика лекарственного	корни лопуха большого
Коэффициент детерминации	$R^2 = \frac{\Sigma(y_{\text{расч}} - \bar{y})^2}{\Sigma(y_{\text{эксп}} - \bar{y})^2}$	0,91	0,80	0,87
Коэффициент множественной корреляции	$R = \sqrt{\frac{\Sigma(y_{\text{расч}} - \bar{y})^2}{\Sigma(y_{\text{эксп}} - \bar{y})^2}}$	0,95	0,89	0,93
F-критерий Фишера	$F = \frac{R^2/k}{(1 - R^2)/(n - m - 1)}$	107,48	39,94	69,26
F критический	табличное значение	2,62		

Коэффициент детерминации и коэффициент множественной корреляции превышает 0,7, что свидетельствует о тесной связи полученных результатов с выбранными параметрами вариации и правильности выбранной функциональной формы.

Корреляционный анализ позволил подтвердить тесноту общей взаимосвязи исходных и полученных данных, а также судить о достаточном уровне значимости и правильном выборе параметров значений факторных признаков (таблица 13). На основании этих параметров были предложены методики, которые валидированы, запатентованы, прошли аналитические и технологические испытания на фармацевтическом предприятии ООО «Квадрат-С».

Таблица 13 – Оптимальные параметры экстракции ВРПС из ЛРС

ЛРС	Температура, °С	Кратность	Частота ультразвука, кГц	Время экстракции, мин	Соотношение ЛРС и экстрагента, г:мл	Размер частиц ЛРС, мм
Листья подорожника большого	80	3	35	15	1:15	0,5-1,0
Корни одуванчика лекарственного	80	3	35	40	1:10	0,2-0,5
Корни лопуха большого	80	3	35	30	1:30	0,2-0,5

Результаты количественного содержания полисахаридов в ЛРС значительно зависели от способа определения. Содержание суммы полисахаридов в пересчете на мономеры в корнях лопуха большого и цветках липы сердцевидной отличалось более высокими значениями в ЛРС, заготовленном в контрольных зонах и агроценозах (таблица 14). В ЛРС урбоценозов концентрация гексоз несколько снижалась, достигая минимальных значений в образцах, собранных на улицах городов, вблизи железной и автодорог, промышленных предприятий, что позволяет сделать вывод об отрицательном влиянии антропогенной нагрузки на результаты определения данных БАВ. Концентрация ГОВРПС меньше варьировала в зависимости от экологических особенностей места произрастания подорожника большого, одуванчика лекарственного и лопуха большого, при этом отмечено некоторое преобладание данной группы БАВ в контрольных образцах.

Накопление полифенольных соединений в ЛРС отличается значительной вариабельностью в зависимости от места заготовки (таблица 15). В образцах ЛРС полыни горькой, пустырника пятилопастного, тысячелистника обыкновенного, горца птичьего, пижмы обыкновенной, собранных в условиях агроценозов и ряда урбоценозов, отмечена индукция накопления флавоноидов по сравнению с образцами контрольных территорий, что можно объяснить активацией в условиях антропогенной нагрузки ключевого фермента биосинтеза флавоноидов – фенилаланинаммиакилазы, имеющего ярко выраженную стресс-индуцибельность. Однако образцы, собранные в условиях значительного антропогенного воздействия (преимущественно вблизи автотрасс, железнодорожной магистрали, промышленных предприятий, на улицах городов), отличаются относительно сниженным содержанием флавоноидных соединений, что, вероятно, обусловлено чрезмерным загрязнением окружающей среды, которое выходит за пределы выносливости видов и вызывает угнетение ферментных систем. Сходная вариабельность числовых показателей выявлена для более низкомолекулярных антиоксидантных веществ – ОКК в листьях крапивы двудомной: содержание их в образцах ряда урбоценозов в 1,5 - 2 раза выше, чем в ЛРС из заповедных зон. При этом заметно снижение содержания ОКК в 1,2-2 раза в сырье, собранном в условиях значительной антропогенной нагрузки, что также, вероятно,

обусловлено высокими концентрациями экотоксикантов, выходящими за пределы положительного влияния на ферменты шикиматного пути биосинтеза фенолов.

Наиболее низкие значения содержания (в том числе ниже требований ГФ XIV) в листьях подорожника большого, травах полыни горькой и пустырника пятилопастного ЭВ, извлекаемых 70% спиртом, отмечены в образцах, заготовленных вблизи автотрасс, что указывает на подавление биосинтеза ряда БАВ (таблица 16). На некотором удалении от дорог и промышленных предприятий, на улицах районных центров заготовлено ЛРС, содержание ЭВ в котором превышает уровень их накопления в образцах контрольных территорий, что свидетельствует об индукции синтеза БАВ в условиях умеренной антропогенной нагрузки. Полученные результаты об относительном снижении накопления водорастворимых ЭВ в корнях одуванчика лекарственного и лопуха большого в ряде агроценозов региона, под ВЛЭ, вблизи автотрасс и промышленных предприятий положительно коррелируют с количественным содержанием ГОВРПС, составляющих основную удельную массу водорастворимых соединений данных видов ЛРС.

Содержание ЭМ в образцах полыни горькой и тысячелистника обыкновенного контрольных территорий и агроценозов в целом более высокое, чем в ЛРС из урбоценозов, что, вероятно, можно объяснить тем, что растения в большей степени подвержены солнечной радиации и различным антропогенным воздействиям в условиях урбоценозов. Так, содержание ЭМ в траве полыни горькой, собранной на заповедных территориях, составило 1,85–2,04%, вблизи сельскохозяйственных угодий – 1,61–1,85%. В ряде урбоценозов были заготовлены образцы ЛРС с более низким содержанием ЭМ (менее 1%). ХМСМ-исследование ЭМ из ЛРС различных условий заготовки выявило принципиальные отличия в их качественном и количественном составе.

Корреляционным анализом подтверждено общее индуцирующее влияние небольших концентраций ТМиМ на накопление вторичных метаболитов в ЛРС (таблица 17). Общее сильное отрицательное влияние определяемые ТМиМ оказали на накопление ЭМ в траве полыни горькой и тысячелистника обыкновенного, общее умеренное отрицательное влияние – на накопление ВРПС в листьях подорожника большого, восстанавливающих сахаров – в цветках липы сердцевидной, полисахаридов и ЭВ в корнях лопуха большого. При этом индивидуальное влияние элементов на накопление БАВ в ЛРС варьирует.

Свинец оказывает отрицательное влияние на накопление ВРПС в листьях подорожника большого; ГОВРПС и извлекаемых водой ЭВ в корнях одуванчика лекарственного; полисахаридов в пересчете на фруктозу, ГОВРПС и водорастворимых ЭВ в корнях лопуха большого; ЭВ, извлекаемых 70% спиртом, в траве полыни горькой; флавоноидов в траве тысячелистника обыкновенного; ОКК в листьях крапивы двудомной;

восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной различных условий произрастания. Выявлено положительное влияние свинца на накопление флавоноидов и ФКК в цветках пижмы обыкновенной и ЭВ, извлекаемых 70% спиртом, в листьях подорожника большого, что можно объяснить индукцией синтеза антиоксидантных полифенолов при умеренном повышении содержания экотоксиканта.

Ртуть способна оказывать умеренное отрицательное влияние на содержание ЭВ, извлекаемых 70% спиртом из травы полыни горькой, ВРПС листьев подорожника большого, ГОВРПС и извлекаемых водой ЭВ корней одуванчика лекарственного, полисахаридов в пересчете на фруктозу корней лопуха большого. Выявлено также умеренное положительное влияние ртути на накопление флавоноидов в траве пустырника пятилопастного, флавоноидов и ФКК в цветках пижмы обыкновенной, что также можно объяснить стимуляцией биосинтеза вторичных метаболитов умеренным содержанием суперэкотоксиканта.

Кадмий способен оказывать умеренное отрицательное влияние на накопление ОКК в листьях крапивы двудомной, восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной, ГОВРПС в корнях одуванчика лекарственного, полисахаридов в пересчете на фруктозу в корнях лопуха большого. Умеренная отрицательная корреляция выявлена между концентрацией элемента и содержанием ЭВ, извлекаемых 70% спиртом из травы полыни горькой, ВРПС листьев подорожника большого, извлекаемых водой ЭВ корней одуванчика лекарственного.

Мышьяк отрицательно влияет на накопление ОКК листьев крапивы двудомной, ГОВРПС и извлекаемых водой ЭВ корней одуванчика лекарственного, а также ГОВРПС, ЭВ, извлекаемых водой, полисахаридов в пересчете на фруктозу корней лопуха большого. При этом умеренное положительное влияние мышьяка выявлено на накопление флавоноидов в траве пустырника пятилопастного и восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной, заготовленных в агроценозах региона.

Никель способен подавлять биосинтез ВРПС в листьях подорожника большого, корнях одуванчика лекарственного, полисахаридов в пересчете на фруктозу в корнях лопуха, восстанавливающих сахаров в цветках липы; снижать содержание ЭВ, извлекаемых из листьев подорожника большого и травы пустырника 70% спиртом и из корней одуванчика лекарственного водой; уменьшать накопление флавоноидов в травах полыни горькой и пустырника пятилопастного, цветках пижмы обыкновенной, а также ОКК листьев крапивы двудомной.

Таблица 14 - Накопление полисахаридных соединений в ЛРС в Воронежской области

ЛРС	Группа БАВ	Содержание, %			
		Контроль	Агроценозы	Урбоценозы	Требования ГФ XIV
Листья подорожника большого	Гравиметрически определяемые ВРПС	21,50-24,11	16,77- 23,96	12,65-23,55	Не менее 12
Цветки липы сердцевидной	Сумма восстанавливающих сахаров в пересчете на глюкозу	13,31-16,89	6,12-16,68	2,35-13,49	Не менее 2
Корни одуванчика лекарственного	Гравиметрически определяемые ВРПС	31,17-33,10	19,64-29,60	18-52-31,42	-
Корни лопуха большого	Сумма полисахаридов в пересчете на фруктозу	14,72-15,75	10,31-13,67	8,46-14,38	Не менее 8
	Гравиметрически определяемые ВРПС	28,58-38,94	22,05-36,73	21,17-34,93	-

Таблица 15 - Накопление полифенольных соединений в ЛРС в Воронежской области

ЛРС	Группа БАВ	Содержание, %				Требования ГФ XIV
		Контроль	Агроценозы	Урбоценозы с различной антропогенной нагрузкой		
				невысокой	высокой	
Трава горца птичьего	Флавоноиды в пересчете на авикулярин	1,02-1,61	0,95-1,68	1,66-2,07	0,65-1,23	Не менее 0,5
Трава полыни горькой	Флавоноиды в пересчете на рутин	0,38-0,57	0,62-0,97	0,82-1,21	0,40-0,58	Не менее 0,3
Трава тысячелистника обыкновенного	Флавоноиды в пересчете на лютеолин	0,82-0,88	0,59-1,32	0,97-1,62	0,57-0,80	Не менее 0,4
Трава пустырника пятилопастного	Флавоноиды в пересчете на рутин	0,35-0,48	0,42-0,98	0,80-1,38	0,28-0,38	Не менее 0,2
Листья крапивы двудомной	ОКК в пересчете на хлорогеновую кислоту	3,19-3,62	2,51-3,51	4,42-6,03	1,46-2,77	Не менее 0,3
Цветки пижмы обыкновенной	Флавоноиды и ФКК в пересчете на лютеолин	3,03-3,72	3,11-6,25	4,01-8,27	1,23-2,98	Не менее 2,5

Таблица 16 - Накопление экстрактивных веществ в ЛРС в Воронежской области

ЛРС	Группа БАВ	Содержание, %			
		Контроль	Агроценозы	Урбоценозы	Требования ГФ XIV
Трава полыни горькой	ЭВ, извлекаемые 70% спиртом	25,97-30,07	25,95-42,05	18,98-38,53	Не менее 20
Трава пустырника пятилопастного	ЭВ, извлекаемые 70% спиртом	26,17-31,40	18,94-29,33	13,21-33,79	Не менее 15
Листья подорожника большого	ЭВ, извлекаемые 70% спиртом	36,57-47,29	30,85-48,13	24,49-50,42	Не менее 20
Корни лопуха большого	ЭВ, извлекаемые водой	40,16-50,10	30,79-53,72	29,64-52,84	Не менее 35
Корни одуванчика лекарственного	ЭВ, извлекаемые водой	56,75-62,09	32,14-52,96	30,62-58,72	Не менее 40

Таблица 17 - Коэффициенты корреляции между содержанием ТМиМ и БАВ в ЛРС

ЛРС	Группа БАВ	Коэффициент корреляции	Элемент								
			Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Трава горца птичьего	Сумма флавоноидов в пересчете на авикулярин	Общий	-0,07	-0,03	-0,28	0,03	-0,09	-0,22	-0,09	-0,32	-0,25
		Урбоценозы	0,11	0,03	-0,27	0,29	0,13	0,01	0,04	-0,30	-0,05
		Агроценозы	0,07	0,16	0,06	-0,14	0,12	-0,12	-0,28	0,03	-0,20
Трава полыни горькой	Сумма флавоноидов в пересчете на рутин	Общий	-0,13	0,06	0,20	0,08	-0,15	0,18	-0,04	0,01	0,09
		Урбоценозы	-0,26	-0,03	0,24	0,04	-0,28	0,18	-0,08	-0,10	0,16
		Агроценозы	-0,08	-0,12	0,06	-0,22	-0,33	0,24	0,06	0,06	-0,11
	Сумма экстрактивных веществ, извлекаемых 70% спиртом	Общий	-0,29	-0,28	-0,12	0,12	-0,08	0,13	-0,28	-0,10	-0,06
		Урбоценозы	-0,19	-0,05	0,00	0,28	-0,03	0,31	-0,17	0,05	0,27
		Агроценозы	-0,37	-0,35	0,22	0,09	-0,06	0,19	-0,23	-0,21	-0,14

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ЭМ	Общий	-0,86	-0,58	-0,73	-0,51	-0,81	-0,39	-0,81	-0,67	-0,72
Трава тысячелистника обыкновенного	Сумма флавоноидов в пересчете на лютеолин	Общий	0,00	-0,07	0,05	0,23	-0,05	0,24	0,29	0,02	0,04
		Урбоценозы	-0,23	-0,27	-0,07	0,13	-0,28	0,16	0,30	-0,15	-0,10
		Агроценозы	-0,37	-0,22	-0,17	-0,03	-0,23	-0,20	-0,28	-0,43	-0,30
	ЭМ	Общий	-0,77	-0,75	-0,70	-0,47	-0,78	-0,53	-0,57	-0,80	-0,75
Трава пустырника пятилопастного	Сумма флавоноидов в пересчете на рутин	Общий	0,13	0,30	0,02	0,24	-0,01	0,24	-0,03	0,14	0,34
		Урбоценозы	-0,18	0,24	-0,22	0,06	-0,40	0,00	-0,26	-0,13	0,14
		Агроценозы	-0,17	-0,01	-0,21	0,38	0,15	0,39	-0,61	-0,15	0,15
	ЭВ, извлекаемые 70% спиртом	Общий	-0,15	0,11	-0,28	-0,04	-0,36	0,00	-0,24	-0,18	0,01
		Урбоценозы	-0,28	0,24	-0,31	-0,03	-0,48	-0,03	-0,31	-0,21	0,05
		Агроценозы	0,00	-0,18	-0,30	0,17	-0,35	0,51	-0,40	-0,28	-0,29
Листья подорожника большого	Содержание ВРПС	Общий	-0,36	-0,30	-0,32	-0,21	-0,50	-0,45	-0,57	-0,61	-0,56
		Урбоценозы	-1,00	-0,32	-0,35	-0,19	-0,53	-0,38	-0,50	-0,65	-0,50
		Агроценозы	0,22	0,29	-0,35	0,10	0,17	-0,36	-0,34	0,15	0,01
	Содержание ЭВ, извлекаемых 70% спиртом	Общий	-0,13	0,05	0,14	0,22	-0,20	0,12	-0,07	-0,23	-0,18
		Урбоценозы	1,00	0,04	0,09	0,21	-0,59	0,05	-0,25	-0,49	-0,40
		Агроценозы	0,25	-0,29	-0,09	0,07	-0,18	0,31	0,06	-0,10	0,20
Листья крапивы двудомной	Сумма ОКК в пересчете на хлорогеновую кислоту	Общий	-0,43	-0,28	-0,28	-0,38	-0,37	-0,24	-0,33	-0,30	-0,28
		Урбоценозы	-0,43	-0,27	-0,54	-0,33	-0,33	-0,26	-0,37	-0,26	-0,30
		Агроценозы	0,02	0,02	-0,58	-0,35	-0,34	0,10	-0,46	-0,31	0,18
Цветки липы сердцевидной	Сумма восстанавливающих сахаров в пересчете на глюкозу	Общий	-0,31	-0,31	-0,52	-0,26	-0,24	-0,67	-0,70	-0,69	-0,67
		Урбоценозы	-0,34	-0,13	-0,26	-0,22	-0,33	-0,70	-0,70	-0,70	-0,63
		Агроценозы	0,01	0,04	-0,13	0,42	-0,30	-0,10	-0,15	-0,15	0,22
Цветки пижмы обыкновенной	Сумма флавоноидов и ФКК в пересчете на лютеолин	Общий	0,01	0,21	0,16	0,06	0,06	0,06	0,13	0,12	0,33
		Урбоценозы	-0,08	0,11	0,20	-0,01	0,08	0,03	0,19	-0,02	0,45
		Агроценозы	0,36	0,39	0,09	0,17	-0,36	0,15	0,30	0,44	0,37
Корни одуванчика лекарственного	ГОВРПС	Общий	0,20	-0,24	-0,33	0,06	-0,39	0,18	0,01	0,04	0,03
		Урбоценозы	-0,57	-0,23	-0,52	0,21	-0,64	0,48	0,21	0,42	0,35
		Агроценозы	-0,38	-0,30	-0,14	-0,36	0,29	0,16	-0,22	0,40	0,01
	ЭВ, извлекаемые водой	Общий	-0,07	-0,13	-0,32	-0,13	-0,31	-0,14	-0,16	-0,18	-0,15
		Урбоценозы	-0,54	-0,13	-0,48	0,13	-0,53	0,37	-0,04	-0,08	0,38
		Агроценозы	-0,35	-0,31	-0,10	-0,48	0,21	0,17	-0,28	0,48	0,23
Корни лопуха большого	Сумма полисахаридов в пересчете на фруктозу	Общий	-0,44	-0,36	-0,55	-0,50	-0,50	-0,39	-0,31	-0,49	-0,43
		Урбоценозы	-0,50	-0,36	-0,59	-0,50	-0,58	-0,39	-0,21	-0,48	-0,43
		Агроценозы	-0,11	-0,06	-0,35	-0,67	-0,27	0,03	-0,13	-0,25	-0,42
	ГОВРПС	Общий	-0,15	-0,21	-0,12	-0,33	0,05	-0,38	-0,23	-0,17	-0,15
		Урбоценозы	-0,18	-0,18	-0,04	-0,47	0,08	-0,61	-0,37	-0,11	-0,25
		Агроценозы	-0,40	-0,26	-0,09	-0,39	-0,12	0,07	0,04	-0,27	0,03
	ЭВ, извлекаемые водой	Общий	-0,25	-0,21	-0,19	-0,27	-0,08	-0,37	-0,37	-0,25	-0,25
		Урбоценозы	-0,48	-0,25	-0,25	-0,43	-0,20	-0,65	-0,42	-0,28	-0,28
		Агроценозы	-0,30	-0,21	0,04	-0,56	0,29	0,15	0,14	-0,27	-0,11

Примечание: *Полужирный курсив* – сильная связь (0,7-1,0); *Полужирный* – заметная связь (0,5-0,7); *Курсив* – умеренная связь (0,3-0,5)

Хром преимущественно влияет на содержание БАВ полисахаридной природы. Он способен заметно и сильно подавлять биосинтез восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной, а также снижать содержание полисахаридов в пересчете на фруктозу, ГОВРПС и ЭВ, извлекаемых водой, в корнях лопуха и ВРПС в листьях подорожника большого. Для хрома выявлена также возможность умеренного индуцирующего влияния на биосинтез флавоноидов пустырника, ЭВ, извлекаемых 70% спиртом из листьев подорожника большого и травы полыни горькой, ГОВРПС и извлекаемых водой ЭВ корней одуванчика лекарственного.

Для *кобальта* выявлена возможность значительного отрицательного влияния на накопление флавоноидов в траве пустырника пятилопастного, ВРПС в листьях подорожника большого, восстанавливающих сахаров в цветках липы обыкновенной, а также умеренного отрицательного воздействия на содержание ЭВ, извлекаемых 70% спиртом из травы пустырника пятилопастного, ОКК в листьях крапивы двудомной, полисахаридов в пересчете на фруктозу, ГОВРПС и извлекаемых водой ЭВ в корнях лопуха большого. При этом кобальт способен оказывать умеренное индуцирующее влияние на накопление флавоноидов в траве тысячелистника обыкновенного и цветках пижмы обыкновенной.

Для *меди* выявлена отрицательная корреляция с накоплением ВРПС в листьях подорожника большого и восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной. Медь оказывала умеренное отрицательное влияние на биосинтез флавоноидов в травах горца птичьего и тысячелистника обыкновенного, ОКК в листьях крапивы двудомной, ЭВ, извлекаемых 70% спиртом из листьев подорожника большого, суммы полисахаридов в пересчете на фруктозу в корнях лопуха и умеренное положительное влияние на биосинтез флавоноидов и ФКК в цветках пижмы обыкновенной и ГОВРПС в корнях одуванчика лекарственного.

Цинк способен снижать накопление ВРПС в листьях подорожника большого и восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной, оказывать умеренное отрицательное влияние на биосинтез флавоноидов в траве тысячелистника обыкновенного, ОКК в листьях крапивы двудомной, извлекаемых 70% спиртом из листьев подорожника большого ЭВ, содержание полисахаридов в пересчете на фруктозу в корнях лопуха большого, а также умеренное положительное влияние - на биосинтез флавоноидов и ФКК в цветках пижмы обыкновенной, ГОВРПС и извлекаемых водой ЭВ в корнях одуванчика лекарственного.

Изучение особенностей транссредового перехода элементов в цепи «почва – ЛРС – водные извлечения»

Определен полный элементный состав всех изучаемых видов ЛРС, а также настоев и отваров на их основе и ВСП на территории их заготовки. Определено 59 элементов. Содержание общего минерального комплекса в изучаемых видах ЛРС варьировало от 1,91% до 7,68% в пересчете на сухое сырье. ЛРС в наибольшей степени (более 84%) накапливает макроэлементы (таблица 18).

Наибольшая доля в общей сумме элементного комплекса водных извлечений принадлежит макроэлементам (94,95-98,99%). Лидером по содержанию в настоях и отварах является калий (62,72-75,99% элементного комплекса), переход калия из ЛРС составил 35,69-67,49%. Также высокое содержание в ЛРП отмечена для кальция (4,82-23,27% элементного комплекса при степени перехода из ЛРС 7,11-32,30%) и фосфора (2,35-14,76% при эффективности экстракции 12,73-53,39%). На долю магния пришлось 2,16-7,29% элементного состава извлечений, натрия - 0,23-1,12%, а степень их экстракции составила 22,11-33,00% и 77,69-99,39% соответственно. Сильно накапливаемые ЛРС из ВСП макроэлементы переходят из почвы в ЛРП наиболее эффективно: степень перехода калия составила 48,57-162,43%, фосфора – 90,45-279,45%. Другие макроэлементы, отнесенные в изучаемом ЛРС к группе среднего захвата ЛРС, также достаточно эффективно переходили по исследуемой миграционной цепи: доля магния, мигрирующего из почвы в настои и отвары, составила 7,70-46,36%, кальция - 3,77-30,01%, натрия - 1,08-91,61%.

В водных извлечениях отмечено относительно высокое содержание кремния, а также марганца, железа и цинка. Степень экстракции кремния из ЛРС варьировала от 3,88% до 14,56%, железа - от 2,37% до 8,98%, марганца - от 10,21% до 26,06%. Цинк, хром и кобальт больше всего экстрагировались из надземных частей растений (степень извлечения цинка составила 52,23-99,34%, хрома - 45,01-82,35%, кобальта - 4,58-20,33%), гораздо меньше - из корней (цинк –12,54-25,52%, хром - 23,93-36,47%, кобальт - 1,15% - 2,69%). Степень перехода меди в водные извлечения составила 8,06-53,33%. Относительно высокая эффективность перехода в водные извлечения отмечена для никеля и селена (22,11-61,17% и 24,91-93,66% соответственно). Содержание остальных эссенциальных микроэлементов было невысоким как в ЛРС, так и в водных извлечениях (их содержание в общем элементном комплексе не превышало 0,01%). Доля цинка, как сильно накапливаемого в ЛРС элемента, мигрирующего из ВСП в настои и отвары, составила 30,83-238,18%. Элементы среднего захвата также достаточно эффективно переходили по цепочке «ВСП – ЛРС - водные извлечения»: медь - 15,16-102,10%, никель - 9,13-54,13%, хром – 3,10-28,57%, молибден –1,61-17,24%. У других эссенциальных микроэлементов транссредовой переход не превышал 5%.

Все изготовленные ЛРП соответствовали требованиям ГФ XIV по содержанию ТМиМ. Эффективность перехода кадмия в настои и отвары из ЛРС варьировала от 9,02% до 55,00%, мышьяка – от 26,33% до 68,46%, свинца – от 1,95% до 76,15%. Наиболее активно мигрирует по цепи «ВСП-ЛРС-водные извлечения» кадмий (4,78-74,91%), наименее – мышьяк (0,46-13,98%) и свинец (0,73-6,02%). Степень перехода ртути составила менее 2%.

Эффективность экстракции алюминия составила 0,44-9,59%, бария 4,51- 29,85%, стронция - 4,78-29,82%, рубидия – 16,74-81,76%, титана - 0,45-8,59%. Степень перехода вольфрама и висмута из ЛРС в водные извлечения варьировала 14,14-68,37% и 18,75-78,70% соответственно, сурьмы 7,13-20,00%, скандия – 2,38-35,29%, галлия –7,33-44,44%, таллия –15,63-62,50%. Степень экстракции церия и циркония варьировала на уровне не более 10%, а лантана и неодима – 8% и 7% соответственно. При этом их относительная концентрация в рассчитанном минеральном комплексе не превышала 0,01%. Эффективный переход по цепи «ВСП-ЛРС-водные извлечения» отмечен для рубидия - 3,21-30,37%, стронция - 2,88-32,33%, бария - 0,16-6,96% и висмута - 0,72-6,00%, также относящихся к элементам среднего захвата. Степень перехода по цепи «ВСП-ЛРС-водные извлечения» более 1% также отмечена для таллия (от 0,22% до 3,82%), вольфрама (от 0,18% до 2,90%), сурьмы (от 0,32% до 1,29%). Степень перехода по исследуемой цепочке остальных микроэлементов преимущественно не превышала 1%.

Проведенные исследования показывают, что при увеличении содержания всех определяемых элементов в ЛРС возрастает их содержание в водных извлечениях (примеры - рисунки 22-25). Изучение зависимости степени экстракции элементов в настои и отвары от их содержания в ЛРС показало, что при увеличении концентрации всех определенных элементов в сырье эффективность их перехода в водные извлечения падает (рисунки 26-29). Наиболее константными выглядят зависимости для калия, натрия, магния, ванадия, кремния, никеля. Закономерности экстракции элементов описаны математическими зависимостями с максимальным коэффициентом достоверности аппроксимации.

Методологические подходы к проведению региональной эколого-фармакогностической оценки качества ЛРС

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований предложена схема методологического подхода к проведению региональной эколого-фармакогностической оценки качества ЛРС (рисунок 30), которая может быть применена или взята за основу в исследовании растительных ресурсов других субъектов РФ. Методологическая схема явилась результатом обобщения, структурирования этапов выполнения настоящего диссертационного исследования.

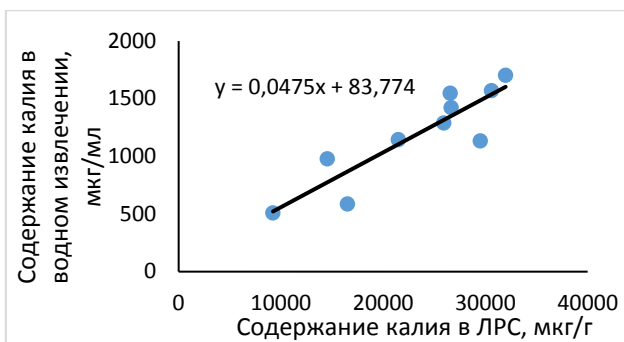


Рисунок 22 - Зависимость содержания калия в настоях и отварах от содержания элемента в ЛРС

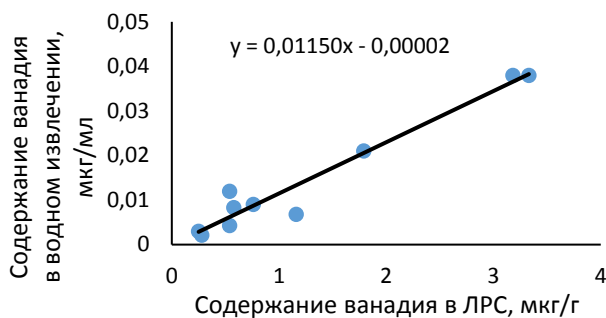


Рисунок 23 - Зависимость содержания ванадия в настоях и отварах от содержания элемента в ЛРС

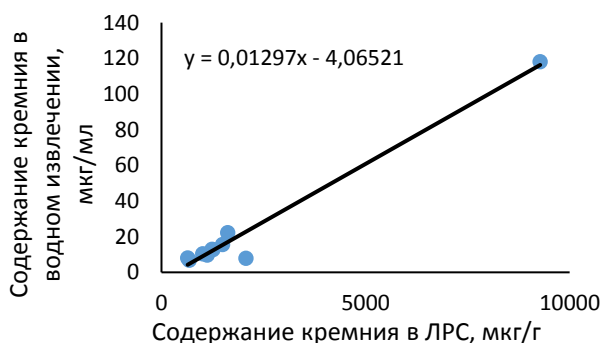


Рисунок 24 - Зависимость содержания кремния в настоях и отварах от содержания элемента в ЛРС

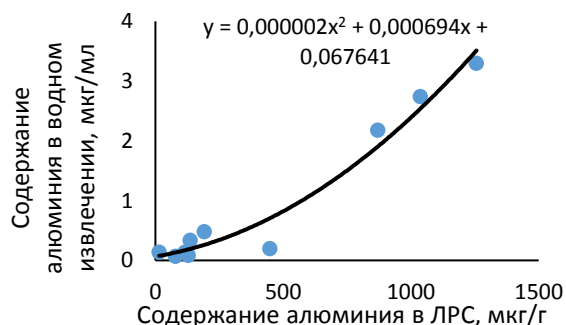


Рисунок 25 - Зависимость содержания алюминия в настоях и отварах от содержания элемента в ЛРС

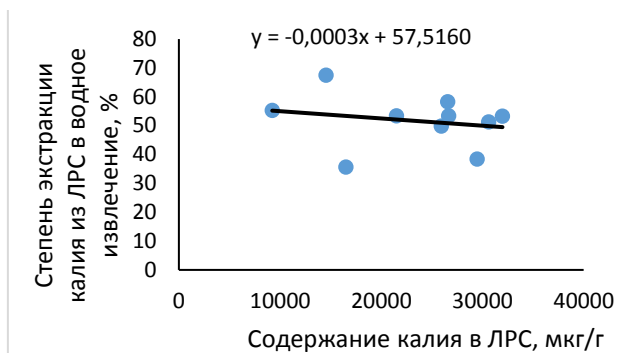


Рисунок 26 - Зависимость степени экстракции калия в настои и отвары от содержания элемента в ЛРС

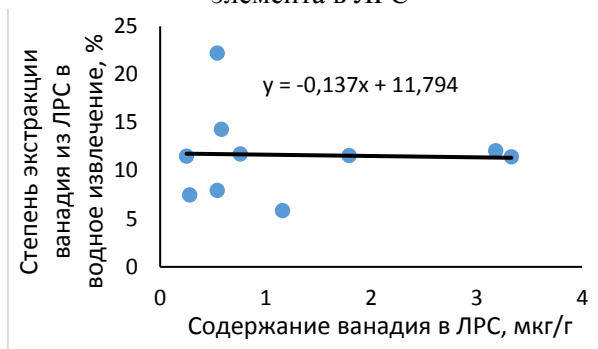


Рисунок 27 - Зависимость степени экстракции ванадия в настои и отвары от содержания элемента в ЛРС

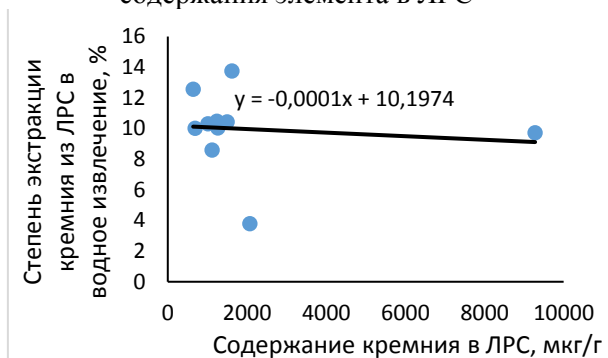


Рисунок 28 - Зависимость степени экстракции кремния в настои и отвары от содержания элемента в ЛРС

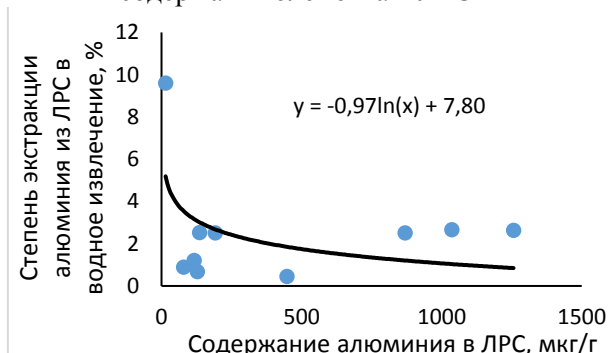


Рисунок 29 - Зависимость степени экстракции алюминия в настои и отвары от содержания элемента в ЛРС

Таблица 18 – Транссредовой переход элементов по цепи «почва – ЛРС – водные извлечения»

Элемент	Содержание в ВСП, мкг/г	Содержание в ЛРС, мкг/г	КН в ЛРС из ВСП	Содержание в настое, мкг/мл	Степень перехода из ЛРС в водное извлечение, %	Степень перехода по цепи «ВСП-ЛРС-ЛРП», %
1	2	3	4	5	6	7
Макроэлементы						
Калий	10500,0	9226,2-31978,9	0,88-3,05	510-1705,6	35,69-67,49	48,57-162,43
Кальций	19660,0	2414,5-26089,5	0,12-1,33	74,1-590	7,11-32,3	3,77-30,01
Натрий	3300,0	37,6-3041,8	0,01-0,92	3,5-302,3	77,69-99,39	1,06-91,61
Магний	4400,0	1109-9227,3	0,25-2,1	33,9-204	22,11-33	7,7-46,36
Фосфор	730,0	1782,5-4690,6	2,44-6,43	59,7-204	12,73-53,36	81,78-279,45
Всего	38590,0	16139,1-66678,3		812,7-2412,7	22,77-49,74	21,06-62,52
Эссенциальные микроэлементы						
Ванадий	78,0	0,25-3,33	<0,01-0,04	0,002-0,038	5,86-22,22	0,03-0,49
Железо	19100,0	62,8-713,7	<0,01-0,04	0,54-4,45	2,37-8,98	0,03-0,23
Кобальт	3,3	0,19-4,25	0,06-1,29	0,0009-0,0115	1,15-20,33	0,26-3,48
Кремний	347000,0	641-9278,7	<0,01-0,03	6,87-118	3,78-13,74	0,02-0,34
Литий	8,5	0,049-1,644	<0,01-0,19	0,0004-0,035	5,07-58,43	0,04-4,12
Никель	2,3	0,86-2,29	0,37-1,00	0,021-0,125	22,11-61,17	9,13-54,13
Марганец	370,0	19,7-90,76	0,05-0,25	0,23-1,67	10,21-26,02	0,62-4,51
Медь	3,1	1,98-12,54	0,64-4,05	0,047-0,317	8,06-53,33	15,16-102,1
Молибден	0,87	0,21-7,696	0,24-8,85	0,0014-0,015	1,25-13,04	1,61--17,24
Селен	8,5	0,004-0,35	0,02-0,04	0,0002-0,017	17,86-93,66	0,02-2,00
Хром	4,2	0,17-3,29	0,04-0,78	0,013-0,143	23,93-82,35	3,10-28,57
Цинк	12,0	12,8-32,43	1,07-2,7	0,37-2,46	12,54-99,34	30,83-238,18
Всего	366590,8	763,24-9734,46		9,37-124,21	3,88-14,56	0,03-0,34
Нормируемые токсичные микроэлементы						
Кадмий	0,023	0,002-0,093	0,09-4,04	0,0001-0,0017	3,79-55,0	4,78-74,91
Мышьяк	0,9	0,012-0,364	<0,01-0,40	0,0004-0,0126	26,33-68,46	0,46-13,98
Ртуть	0,05	0,0001-0,0626	0,05-1,25	<0,0001	<2,00	<2,00
Свинец	4,0	0,12-1,95	0,03-0,49	0,0029-0,0241	1,95-76,15	0,73-6,02
Всего	4,97	0,14-2,12		0,004-0,038	6,48-74,43	0,78-7,73
Другие токсичные и малоизученные микроэлементы						
Алюминий	31100,0	14,6-1256,6	<0,01-0,04	0,07-3,30	0,44-9,59	0,01-0,11
Барий	290,0	4,18-145,70	<0,01-0,50	0,042-2,019	4,51-29,85	0,14-6,96
Бериллий	2,0	0,001-0,08	<0,01-0,04	<0,001	<1,00	<0,05
Вольфрам	0,78	0,0052-0,15	<0,01-0,19	0,00014-0,00226	14,14-68,37	0,18-2,9
Висмут	0,11	0,001-0,012	<0,01-0,11	0,00008-0,00066	18,75-78,7	0,72-6,00

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5	6	7
Гадолиний	3,0	0,007-0,092	<0,01-0,03	<0,0007	<1,00	<0,23
Галлий	8,8	0,027-0,296	<0,01-0,03	0,0006-0,0058	7,33-44,44	0,07-0,66
Гафний	1,6	0,002-0,035	<0,01-0,02	<0,0002	<1,00	<0,13
Германий	1,1	0,001-0,029	<0,01-0,03	<0,0001	<1,00	<0,09
Гольмий	0,36	0,001-0,012	<0,01-0,03	<0,0005	<5,00	<1,39
Диспрозий	2,0	0,006-0,066	<0,01-0,03	<0,0009	<1,50	<0,45
Европий	0,65	0,001-0,018	<0,01-0,03	<0,0004	<4,00	<0,62
Золото	0,06	0,0013-0,026	0,02-0,43	<0,0001	<7,69	<1,67
Иттербий	1,1	0,001-0,033	<0,01-0,03	<0,0005	<5,00	<0,46
Иттрий	9,9	0,006-0,367	<0,01-0,04	<0,0003	<0,50	<0,30
Лантан	18,0	0,012-0,510	<0,01-0,03	0,00003-0,00371	0,66-7,7	0,02-0,21
Лютеций	0,16	0,001-0,006	<0,01-0,04	<0,0002	<2,00	<1,25
Неодим	15,0	0,012-0,422	<0,01-0,03	0,00003-0,00282	0,72-6,73	0,01-0,19
Ниобий	6,7	0,0027-0,208	<0,01-0,03	<0,00001-0,000014	0,18-0,84	<0,01
Олово	1,2	0,03-2,86	0,03-2,38	<0,0001	<0,33	<0,08
Празеодим	4,1	0,0024-0,11	<0,01-0,03	<0,0001	<0,41	<0,02
Рубидий	63,0	3,18-27,66	0,05-0,44	0,2-1,91	16,74-81,76	3,21-30,37
Самарий	3,2	0,004-0,094	<0,01-0,03	<0,0004	<1,00	<0,12
Серебро	0,19	0,01-0,073	0,05-0,38	<0,0001	<0,10	<5,26
Скандий	50,0	0,002-0,92	<0,01-0,02	0,00001-0,018	2,38-35,29	0,04-0,36
Стронций	73,0	17,1-157,9	0,23-2,16	0,21-2,36	4,78-29,82	2,88-32,33
Сурьма	0,41	0,011-0,068	0,03-0,17	0,00013-0,00053	4,06-20,0	0,32-1,29
Таллий	0,23	0,0016-0,015	<0,01-0,07	0,00005-0,00088	15,63-62,5	0,22-3,82
Тантал	0,5	0,0004-0,014	<0,01-0,03	<0,0001	<0,25	<0,20
Теллур	0,1	0,001-0,4	<0,01-4,00	<0,0007	<7,00	<7,00
Тербий	0,44	0,001-0,013	<0,01-0,03	<0,0004	<4,00	<0,91
Титан	2400,0	3,26-64,5	<0,01-0,03	0,011-0,198	0,45-8,59	0,01-0,08
Торий	5,4	0,003-0,126	<0,01-0,02	<0,0003	<1,00	<0,06
Тулий	0,16	0,001-0,006	<0,01-0,04	<0,0004	<4,00	<0,25
Уран	1,2	0,002-0,073	<0,01-0,06	<0,0002	<1,00	<0,16
Цезий	2,3	0,0082-0,09	<0,01-0,04	<0,0004	<5,00	<0,17
Церий	38,0	0,017-0,99	<0,01-0,03	0,00007-0,01025	2,2-10,51	0,01-0,27
Цирконий	78,0	0,035-2,009	<0,01-0,03	0,0002-0,0072	1,26-10,29	0,01-0,09
Эрбий	1,2	0,003-0,036	<0,01-0,03	<0,0005	<1,66	<0,42
Всего	34183,95	79,8-1598,68		0,984-7,655	2,15-21,02	0,03-0,22

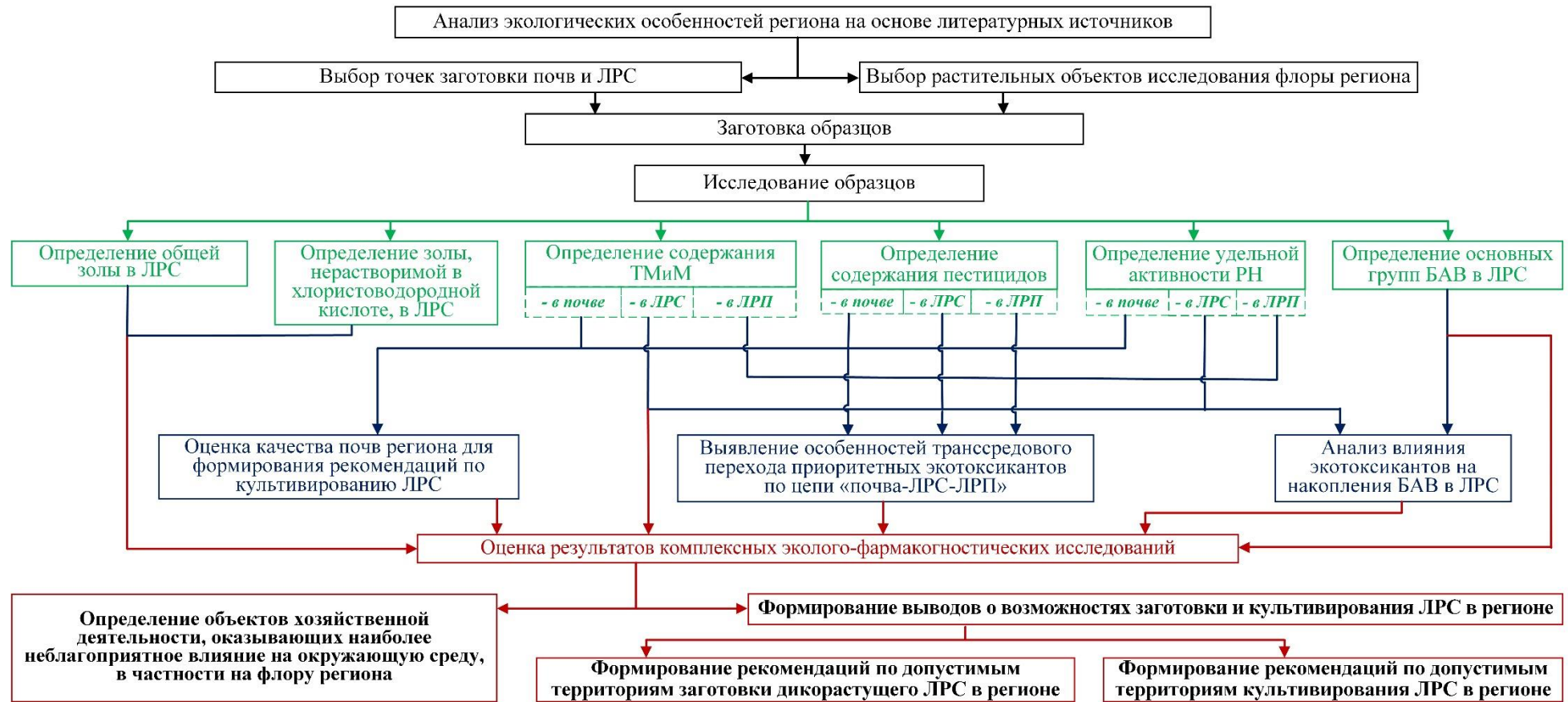


Рисунок 30 - Схема методологического подхода к региональной эколого-фармакогностической оценке качества ЛРС

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Критический обзор и обобщение научных публикаций показали, что результаты существующих исследований ЛРС некоторых субъектов РФ варьируют и не позволяют экстраполировать их на другие регионы, что указывает на необходимость проведения региональных эколого-фармакогностических исследований качества ЛРС.

2. Проведены фундаментальные региональные эколого-фармакогностические исследования качества ЛРС на примере Воронежской области. Методами математико-статистической обработки подтверждена прямая зависимость накопления ТМиМ в ЛРС от содержания элементов в ВСП. Показано, что при увеличении концентрации всех определяемых ТМиМ в ВСП их содержание в ЛРС возрастало. Степень перехода элементов в ЛРС снижалась с увеличением их концентрации в почве. Наиболее высокие концентрации свинца отмечены в корнях одуванчика лекарственного и лопуха большого, траве горца птичьего, листьях подорожника. Содержание ртути в ЛРС Воронежской области не превышало 10% от ПДК. Более высокие концентрации кадмия выявлены в травах полыни горькой и пустырника пятилопастного, корнях лопуха большого и одуванчика лекарственного, листьях подорожника большого. Наиболее высокое содержание мышьяка отмечено в травах полыни горькой и тысячелистника обыкновенного, листьях подорожника большого, корнях лопуха большого. Никель интенсивно накапливался листьями подорожника большого и крапивы двудомной, травами пустырника пятилопастного и горца птичьего. Наиболее активными концентраторами хрома и кобальта являлись корни; хром также активно накапливался в листьях изучаемых растений. Высоким накоплением меди отличались травы. Цинк в наибольшей степени аккумулировался в корнях и травах растений. Определены кларки изучаемых элементов в растениях синантропной флоры Воронежской области: для свинца – 1,04 мг/кг, ртути – 0,004 мг/кг, кадмия - 0,08 мг/кг, мышьяка – 0,22 мг/кг, никеля – 2,94 мг/кг, хрома - 2,77 мг/кг, кобальта – 1,85 мг/кг, меди – 11,37 мг/кг, цинка – 40,23 мг/кг.

3. Анализ корреляционной зависимости УА искусственных и естественных РН в ВСП и ЛРС показал наличие тесной взаимосвязи между данными числовыми показателями, что подтверждает преимущественное транспочвенное накопление РН в ЛРС. При увеличении УА РН в ВСП данные показатели возрастали и в ЛРС. Анализ зависимостей КН техногенных РН в ЛРС от их УА в ВСП показал преимущественное снижение темпов аккумуляции радиоизотопов в сырье при увеличении их содержания в почве, что свидетельствует о возможности физиологической регуляции поступления их в растения. Большинство выведенных зависимостей КН природных РН от УА их в ВСП также показало преимущественное снижение темпов аккумуляции в ЛРС определяемых

изотопов при увеличении их концентраций в почвах. Все изученные образцы ЛРС удовлетворяют требованиям ОФС.1.5.3.0001.15 по УА цезия-137 и стронция-90, а также по сумме показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения. УА ненормируемых в настоящее время природных РН для большинства образцов ЛРС превышала УА РН техногенного происхождения. Выдвинуто предложение о внесении дополнительного числового показателя в ОФС.1.5.3.0001.15: ЭУА природных РН – не более 165 Бк/кг.

4. Установлено полное экологическое благополучие почв и ЛРС агроценозов Воронежской области в отношении загрязнения ХОП: в ВСП и ЛРС наличие ГХЦГ и его изомеров, ДДТ и его метаболитов, алдрин и гептахлора не выявлено.

5. С использованием регрессионного, дисперсионного и корреляционного анализов разработаны и валидированы методики ультразвуковой экстракции и количественного определения ВРПС из ЛРС, позволяющие сократить время извлечения БАВ и повысить их выход на 8-10%. Содержание суммы полисахаридов в пересчете на фруктозу в корнях лопуха, а также суммы восстанавливающих сахаров в пересчете на глюкозу в цветках липы отличалось более высокими значениями в образцах, заготовленных в условиях заповедников и агроценозов, а в ЛРС из урбоценозов концентрация гексоз снижалась. Концентрация ГОВРПС меньше зависела от экологических особенностей места произрастания ЛРС. Накопление полифенольных соединений в изученных образцах ЛРС отличалось значительной вариабельностью в зависимости от места заготовки. Так, в образцах ЛРС, собранного в условиях агроценозов и ряда урбоценозов, отмечена индукция накопления флавоноидов по сравнению с образцами контрольных территорий, что можно объяснить активацией ключевых ферментов биосинтеза полифенолов в условиях антропогенной нагрузки. Однако образцы, собранные в условиях значительного антропогенного воздействия (вблизи крупных транспортных магистралей, предприятий, на улицах городов), характеризовались сниженным содержанием флавоноидных соединений, что, вероятно, обусловлено загрязнением данных территорий, выходящим за пределы выносливости видов и вызывающим угнетение ферментных систем. Сходная вариабельность числовых показателей выявлена для более низкомолекулярных антиоксидантных веществ – ОКК в листьях крапивы двудомной. Содержание ЭМ в ЛРС контрольных территорий и агроценозов в целом более высокое, чем в образцах из урбоценозов. ХМСМ-исследование ЭМ из ЛРС различных условий заготовки выявило принципиальные отличия в их качественном и количественном составе.

6. Подтверждено общее индуцирующее влияние небольших концентраций ТМиМ на накопление вторичных метаболитов в ЛРС. При высоком содержании ТМиМ

способны подавлять накопление всех исследованных групп БАВ. Общее сильное отрицательное влияние ТМиМ оказали на накопление ЭМ в траве полыни горькой и траве тысячелистника обыкновенного, общее умеренное отрицательное влияние – на накопление ВРПС в листьях подорожника большого, восстанавливающих сахаров в цветках липы сердцевидной, полисахаридов в пересчете на фруктозу и ЭВ, извлекаемые водой, в корнях лопуха большого. Выявленная высокая положительная взаимосвязь содержания БАВ и экотоксикантов ЛРС свидетельствует о формировании экотипов изучаемых видов растений, устойчивых к антропогенной нагрузке.

7. Исследован элементный профиль ЛРС в Воронежской области, а также настоев и отваров на его основе. Установлено, что к сильно накапливаемым в ЛРС из ВСП элементам относятся калий, фосфор, цинк, медь. При увеличении содержаниях всех определяемых элементов в ЛРС возрастало их содержание в водных извлечениях, однако, эффективность перехода в настои и отвары снижалась. Сильно накапливаемые ЛРС из ВСП элементы переходили по цепочке «почва – ЛРС – водные экстракты» наиболее эффективно. Степень перехода калия составила 48,57-162,43%, фосфора – 90,45-279,45%, цинка - 30,83-238,18%. Элементы среднего захвата также эффективно переходили по цепочке «ВСП – ЛРС - водные извлечения»: магний - 7,70-46,36%, кальций – 3,77-30,01%, натрий - 1,08-91,61%, медь - 15,16-102,10%, никель - 9,13-54,13%, хром – 3,10-28,57%, молибден – 1,61-17,24%, марганец – 0,78-4,51%, литий – 0,04-4,12%. Из нормируемых элементов наиболее эффективно мигрирует по цепи «ВСП-ЛРС-водные извлечения» кадмий (4,78-74,91%), менее активно – мышьяк (0,46-13,98%) и свинец (0,73-6,02%). Эффективный переход по цепи «ВСП-ЛРС-водные извлечения» отмечен для рубидия - 3,21-30,37%, стронция - 2,88-32,33%, бария - 0,16-6,96%, висмута - 0,72-6,00%, таллия - 0,22-3,82%, вольфрама - 0,18-2,90%, сурьмы - 0,32-1,29%. Степень перехода по исследуемой цепочке остальных микроэлементов преимущественно не превышала 1%.

8. Установлено, что результаты комплексной эколого-фармакогностической оценки качества ЛРС региона выгодно отличают его от других субъектов РФ, где периодически выявляются высокие концентрации токсичных экотоксикантов как в почве, так и в растительных объектах. Это открывает значительные перспективы для культивирования и заготовки дикорастущего ЛРС в Воронежской области. Разработаны и внедрены Методические рекомендации по заготовке лекарственного растительного сырья в Воронежской области. Установлено, что наибольший вклад в загрязнение флоры региона вносят предприятия ООО «Бормаш» и ОАО «Минудобрения», ТЭЦ «ВОГРЭС», автомобильные и железнодорожные магистрали. Определены допустимые для сбора ЛРС в Воронежской области расстояния от крупных автомагистралей (IA категории) в условиях

лесной природной зоны – не менее 230 м, в условиях лесостепной зоны – не менее 300 м, в условиях степной зоны - не менее 660 м, вблизи нескоростных автомобильных дорог (IV категории)– не менее 160 м, вблизи железнодорожных магистралей – не менее 130 м.

9. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований ЛРС в рамках Воронежской области предложен методологический подход к проведению региональной эколого-фармакогностической оценки качества ЛРС, который может быть применен или взят за основу в исследовании растительных ресурсов других субъектов РФ.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

На основе комплексной эколого-фармакогностической оценки состояния сырьевой базы лекарственных растений Воронежской области рекомендованы допустимые территории заготовок ЛРС в регионе, в том числе, вблизи различных транспортных магистралей в разных природных зонах. Результаты диссертационного исследования использованы при разработке проектов дополнений к ОФС.1.5.1.0001.15 «Лекарственное растительное сырье», ОФС.1.5.3.0001.15 «Определение содержания радионуклидов в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратов», ФС.2.5.0025.15 «Лопуха корни», ФС.2.5.0032.15 «Подорожника большого листа», ФС.2.5.0086.18 «Одуванчика лекарственного корни», а также «Методических рекомендаций по заготовке лекарственного растительного сырья в Воронежской области».

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Разработанные на основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований методологические подходы к проведению региональной эколого-фармакогностической оценки качества ЛРС могут быть применены или взяты за основу в изучении растительных ресурсов других субъектов Российской Федерации.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Дьякова Н.А. Экологическое состояние лекарственного растительного сырья Центрального Черноземья / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин // **Фармация**. - 2015. - № 1. - С. 3-6. [Chemical Abstracts].
2. Дьякова Н.А. Анализ взаимосвязи между накоплением поллютантов и основных биологически активных групп веществ в лекарственном растительном сырье на примере травы горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.) и листьев подорожника большого (*Plantago major* L.) / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, А.А. Мындра // **Химико-фармацевтический журнал**. - 2015. - Т. 49, № 6. - С. 25-28. [Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, Springer].
3. Дьякова Н.А. Разработка и валидация экспрессной методики количественного определения водорастворимых полисахаридов в корнях лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.) / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, А.А. Мындра // **Химико-фармацевтический журнал**. - 2015. - Т. 49, № 9. - С. 35-38. [Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, Springer].
4. Дьякова Н.А. Оценка содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье Воронежской области / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, А.А. Мындра // **Химико-фармацевтический журнал**. - 2018. - Т. 52, № 3. - С. 32-35. [Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, Springer].
5. Дьякова Н.А. Разработка и валидация экспресс-методики выделения и количественного определения водорастворимых полисахаридов корней одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, И.А. Самылина, С.П. Гапонов, А.А. Мындра, Т.Г. Шушунова // **Химико-фармацевтический журнал**. - 2018. - Т. 52, № 4. - С. 40-43. [Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, Springer].
6. Dyakova N. Accumulation of artificial and natural radionuclides in medicinal plant material in the Central Black Soil Region of Russia / N. Dyakova, S. Gaponov, Al. Slivkin, El. Chupandina // **Advances in Biological Sciences Research**. – 2019. - vol. 7. - P. 94-96. [Springer]. DOI:10.2991/isils-19.2019.22.
7. Дьякова Н.А. Оценка содержания радионуклидов в лекарственном растительном сырье Центрального Черноземья и их влияния на накопление биологически активных веществ / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // **Химико-фармацевтический журнал**. – 2020. - Т.54, №6. – С. 68-72. [Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, Springer]. DOI: 10.30906/0023-1134-2020-54-6-49-53.
8. Дьякова Н.А. Выявление допустимых зон заготовки лекарственного растительного сырья вблизи транспортных магистралей / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, Е.Е. Чупандина, С.П. Гапонов // **Химия растительного сырья**. – 2020. - №4. – С. 5-13. [Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, Springer]. DOI: 10.14258/jcprm.2020047609.
9. Дьякова Н.А. Изучение особенностей накопления флавоноидов травой полыни горькой, произрастающей в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, Л.А. Шишорина, Е.А. Бобина, Л.А. Великанова // **Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии**. – 2020. – Т. 23, №7. – С. 15-21. [Chemical Abstracts]. DOI: 10.29296/25877313-2020-07-03.
10. Дьякова Н.А. Особенности накопления биологически активных веществ листьями подорожника большого, произрастающего в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области / Н.А. Дьякова // **Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии**. – 2021. - Т.24, №1. - С. 42-47. [Chemical Abstracts]. DOI: <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-01-03>.
11. Дьякова Н.А. Особенности накопления тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье одуванчика лекарственного, собранного в урбо- и агробиоценозах Воронежской области / Н.А. Дьякова // **Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии**. – 2021. – Т.24, №3. – С. 49–55. [Chemical Abstracts]. DOI: 10.29296/25877313-2021-03-07.

12. Дьякова Н.А. Особенности накопления восстанавливающих сахаров цветками липы сердцевидной (*Tilia cordata* Miller, 1768) в Воронежской области / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, Е.А. Бобина, Л.А. Шишорина // **Разработка и регистрация лекарственных средств.** – 2021. – Т.10, №4. – С. 93–99. [Scopus]. DOI: 10.33380/2305-2066-2021-10-4-93-99.
13. Дьякова Н.А. Регрессионный анализ в разработке методики выделения и количественного определения водорастворимых полисахаридов из листьев подорожника большого / Н.А. Дьякова // **Химико-фармацевтический журнал.** – 2022. – Т.56, №4. – С. 23-27. [Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, Springer]. DOI: 10.30906/0023-1134-2022-56-4-23-27.
14. Дьякова Н.А. Регрессионный анализ в разработке методики выделения и количественного определения водорастворимых полисахаридов из корней лопуха обыкновенного / Н.А. Дьякова // **Биофармацевтический журнал.** – 2022. – Т.14, №2. – С. 54-60. [Scopus, Chemical Abstracts]. DOI: 10.30906/2073-8099-2022-14-2-54-60.
15. Дьякова Н.А. Особенности накопления эфирного масла травой полыни горькой флоры Воронежской области / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, И.М. Коренская // **Разработка и регистрация лекарственных средств.** – 2022. – Т. 11, №2. – С. 140-144. [Scopus]. DOI: 10.33380/2305-2066-2022-11-2-140-144.
16. Дьякова Н.А. Особенности накопления эфирного масла травой тысячелистника обыкновенного флоры Воронежской области / Н.А. Дьякова, И.М. Коренская // **Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии.** – 2022. – Т. 25, №7. – С. 16-20. [Chemical Abstracts]. DOI: 10.29296/25877313-2022-07-07.
17. Дьякова Н.А. Особенности накопления в лекарственном растительном сырье и извлечения в настои и отвары эссенциальных микроэлементов / Н.А. Дьякова // **Биофармацевтический журнал.** – 2022. – Т.14, №4. – С. 3-11. [Scopus, Chemical Abstracts]. DOI: 10.30906/2073-8099-2022-14-4-3-11.
18. Дьякова Н.А. От оценки радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья Воронежской области к вопросам нормирования природных радионуклидов / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, О.В. Тринева // **Химико-фармацевтический журнал.** – 2022. – Т. 56, №8. – С. 47-51. [Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, Springer]. DOI: 10.30906/0023-1134-2022-56-8-47-51.
19. Дьякова Н.А. Изучение особенностей количественного и качественного состава эфирного масла травы тысячелистника обыкновенного флоры Воронежской области / Н.А. Дьякова, И.М. Коренская, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // **Химико-фармацевтический журнал.** – 2022. – Т. 56, №9. – С. 37-44. [Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, Springer]. DOI: 10.30906/0023-1134-2022-56-9-37-44.
20. Дьякова Н.А. Регрессионный анализ в разработке методики выделения и количественного определения водорастворимых полисахаридов из корней одуванчика лекарственного / Н.А. Дьякова // **Химия растительного сырья.** – 2022. - №3. – С. 249-256. [Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, Springer]. DOI: 10.14258/jcprm.20220310724.
21. Дьякова Н.А. Изучение влияния электромагнитного поля на анатомические признаки и химический состав лекарственных растений на примере горца птичьего и подорожника большого / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, Л.И. Фирсова, А.А. Мындра // **Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация.** - 2014. - № 4. - С. 114-118.
22. Дьякова Н.А. Рационализированная методика количественного определения водорастворимых полисахаридов и ее валидация / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, А.А. Мындра // **Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация.** - 2015. - № 2. - С. 106-111.
23. Дьякова Н.А. Анализ загрязненности лекарственного растительного сырья Воронежской области наиболее опасными пестицидами / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, Л.Л. Кукуева, А.А. Мындра // **Вестник Воронежского**

- государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. - 2015. - № 3. - С. 112-115.
24. Дьякова Н.А. Исследования по разработке и валидации методики извлечения инулина из корней лопуха большого (*Arctium lappa* L.) / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, А.А. Мындра, Т.Г. Шушунова // **Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация.** - 2016. - № 2. - С. 114-118.
25. Дьякова Н.А. Оценка экологического состояния образцов верхних слоев почв и корней одуванчика лекарственного, отобранных на территории Воронежской области / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, Л.Л. Кукуева, А.А. Мындра, Т.Г. Шушунова // **Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация.** - 2016. - № 2. - С. 119-126.
26. Дьякова Н.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере корней лопуха обыкновенного / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, И.А. Самылина // **Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация.** - 2016. - № 3. - С. 110-115.
27. Дьякова Н.А. Изучение динамики изменения содержания инулина в корнях лопуха большого (*Arctium lappa* L.) и одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Webb.) в процессе вегетации / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, И.Ю. Михайловская // **Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация.** - 2016. - № 4. - С. 133-136.
28. Дьякова Н.А. Сравнение особенностей накопления основных токсических элементов цветками липы сердцевидной и пижмы обыкновенной / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // **Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация.** - 2017. - № 1. - С. 148-154.
29. Дьякова Н.А. Изучение радионуклидного загрязнения лекарственного сырья Воронежской области на примере листьев подорожника большого и листьев крапивы двудомной / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // **Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация.** - 2017. - № 2. - С. 118-123.
30. Дьякова Н.А. Оценка эффективности и безопасности лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // **Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация.** - 2018. - № 1. - С. 172-179.
31. Дьякова Н.А. Безопасность и эффективность лекарственного растительного сырья одуванчика лекарственного, собранного в районах, испытывающих антропогенную нагрузку / Н.А. Дьякова, А.А. Мындра, А.И. Сливкин // **Разработка и регистрация лекарственных средств.** - 2018. - №2 (23). - С. 120-123.
32. Дьякова Н.А. Эффективность и радиационная безопасность лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье / Н.А. Дьякова // **Разработка и регистрация лекарственных средств.** - 2018. - № 3 (24). - С. 144-147.
33. Дьякова Н.А. Контроль радиационной безопасности и качества лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере корней лопуха обыкновенного / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // **Разработка и регистрация лекарственных средств.** - 2019. - Т. 8, № 1. - С. 73-77. DOI: 10.33380/2305-2066-2019-8-1-73-77.
34. Дьякова Н.А. Эффективность и безопасность лекарственного растительного сырья лопуха обыкновенного, собранного в Центральном Черноземье / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, И.А. Самылина // **Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия, Биология, Фармация.** - 2019. - №3. - С. 73-78.
35. Дьякова Н.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье на примере травы полыни горькой / Н.А. Дьякова, А.И.

- Сливкин, С.П. Гапонов // **Вопросы обеспечения качества лекарственных средств.** – 2019. - № 3(25). - С. 36-44.
36. Дьякова Н.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье на примере травы тысячелистника обыкновенного / Н.А. Дьякова, С.П. Гапонов, А.И. Сливкин // **Традиционная медицина.** - 2019. - №4. – С. 48-52.
37. Дьякова Н.А. Особенности накопления флавоноидов травой пустырника пятилопастного, собранного в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области / Н.А. Дьякова, С.П. Гапонов, А.И. Сливкин, Е.А. Бобина, Л.А. Шишорина // **Вопросы обеспечения качества лекарственных средств.** – 2020. - №1 (27). - С. 40-47. DOI: 10.34907/JRQAI.2020.42.71.005.
38. Дьякова Н.А. Накопление биологически активных веществ листьями крапивы двудомной, собранными в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, Е.А. Бобина, Л.А. Шишорина // **Традиционная медицина.** – 2020. - №2 (28). – С. 47-51.
39. Дьякова Н.А. Накопление флавоноидов травой тысячелистника обыкновенного, собранного в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, Е.А. Бобина, Л.А. Шишорина // **Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия, Биология, Фармация.** – 2020. - №4. – С. 71-76.
40. Дьякова Н.А. Особенности накопления биологически активных веществ в корнях одуванчика лекарственного синантропной флоры Воронежской области / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // **Вестник Смоленской Государственной Медицинской Академии.** – 2020. - Т.19, №4. – С. 158-163. DOI: 10.37903/vsgma.2020.4.25.
41. Дьякова Н.А. Изучение особенностей накопления флавоноидов травой горца птичьего, произрастающей в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области / Н.А. Дьякова // **Вестник Смоленской Государственной Медицинской Академии.** – 2020. - Т.19, №4. – С. 152-157. DOI: 10.37903/vsgma.2020.4.24.
42. Дьякова Н.А. Разработка экспрессной методики получения инулина / Н.А. Дьякова // **Традиционная медицина.** – 2021. - №1(64). – С.33-37. DOI: 10.54296/18186173_2021_1_33.
43. Дьякова Н.А. Особенности накопления биологически активных веществ в корнях лопуха обыкновенного синантропной флоры Воронежской области / Н.А. Дьякова // **Традиционная медицина.** – 2021. - №2(65). – С.47-52. DOI: 10.54296/18186173_2021_2_47.
44. Дьякова Н.А. Изучение особенностей накопления флавоноидов цветками пижмы обыкновенной, заготовленными в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, Е.А. Бобина, Л.А. Шишорина, Ю.А. Селиванова // **Традиционная медицина.** – 2021. - №3 (66). – С.33-37. DOI: 10.54296/18186173_2021_3_33.
45. Дьякова Н.А. Экспериментальный подбор оптимальных технологических параметров ультразвуковой экстракции инулина / Н.А. Дьякова // **Вестник Смоленской Государственной Медицинской Академии.** – 2021. - Т.20, №4. – С. 188-193. DOI: 10.37903/vsgma.2021.4.26.
46. Дьякова Н.А. Исследование общего минерального комплекса лекарственного растительного сырья синантропной флоры Воронежской области / Н.А. Дьякова // **Вопросы обеспечения качества лекарственных средств.** – 2021. - №4 (34). – С. 4-12. DOI: 10.34907/JRQAI.2021.45.57.002.
47. Дьякова Н.А. Изучение минерального комплекса корней лопуха обыкновенного / Н.А. Дьякова // **Вестник Смоленской медицинской академии.** – 2022. - Т.21, №1. – С. 175-180. DOI: 10.37903/vsgma.2022.1.23.
48. Дьякова Н.А. Исследование минерального комплекса корней одуванчика лекарственного / Н.А. Дьякова // **Вестник Смоленской медицинской академии.** – 2022. - Т.21, №2. – С. 171-176. DOI: 10.37903/vsgma.2022.2.23.
49. Дьякова Н.А. Особенности накопления макро- и микроэлементов в траве тысячелистника обыкновенного флоры Воронежской области / Н.А. Дьякова // **Человек и его здоровье.** – 2022. – Т.25, №2. – С. 90–96. DOI: 10.21626/vestnik/2022-2/09.

50. **Дьякова Н.А.** Особенности накопления макро- и микроэлементов в цветках пижмы обыкновенной флоры Воронежской области / **Н.А. Дьякова**, А.И. Сливкин // Вестник **Воронежского государственного университета. Серия: Химия, Биология, Фармация.** – 2022. - №3. – С. 69-74.
51. **Дьякова, Н.А.** Теоретическое обоснование и методология ультразвуковой экстракции водорастворимых полисахаридов растительного происхождения / **Н.А. Дьякова**: Монография. – Воронеж: Цифровая полиграфия, 2021. – 101 с.
52. **Дьякова Н.А.** Экологическая оценка сырьевых ресурсов лекарственных растений Воронежской области / **Н.А. Дьякова**: Монография. – Воронеж: Цифровая полиграфия, 2022. – 264 с.
53. **Дьякова Н.А.** Методические рекомендации по заготовке лекарственного растительного сырья в Воронежской области / **Н.А. Дьякова**; под ред. А.И. Сливкина. – Воронеж : Издательский Дом ВГУ, 2022. – 160 с.
54. Способ получения водорастворимых полисахаридов из листьев подорожника большого: пат. 2530501 РФ : МПК МПК 51 С08В 37/00 **Н.А. Великанова**, С.П. Гапонов, А.И. Сливкин ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУ" - №2013110215 ; заявл. 06.03.2013 ; опубл. 10.10.2014 Бюл. № 28. – 6 с.
55. Способ получения водорастворимых полисахаридов из корней лопуха обыкновенного: пат. 2604934 РФ: МПК 51 С08В 37/18 **Н.А. Дьякова**, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, А.А. Мындра ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "ВГУ" - №2015116412/13 ; заявл. 29.04.2015 ; опубл. 20.11.2016 Бюл. № 32. – 5 с.
56. Способ получения водорастворимых полисахаридов из корней одуванчика лекарственного : пат. 2635996 РФ : МПК 51 А61К 31/715 А61К 36/288 В01Д 11/02 **Н.А. Дьякова**, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, А.А. Мындра ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУ" - №2016114356 ; заявл. 13.04.2016 ; опубл. 17.11.2017 Бюл. № 32. – 5 с.
57. Способ получения инулина из растительного сырья : пат. 2712554 РФ: МПК 51 С08В 37/18 **Н.А. Дьякова**, А.А. Мындра, А.И. Сливкин ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУ" - №2019115731 ; заявл. 22.05.2019 ; опубл. 30.01.2020 Бюл. № 4. – 7 с.
58. Способ получения инулина из лекарственного растительного сырья: пат. 2765503 РФ : МПК 51 С08В 37/18 **Н.А. Дьякова**, А.И. Сливкин, Ю.А. Селиванова ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУ" - №2021117912 ; заявл. 16.06.2021 ; опубл. 31.01.2022 Бюл. №4. – 12 с.
59. Загрязнение верхних слоев почв Воронежской области тяжелыми металлами, мышьяком, естественными и искусственными радионуклидами: Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2022620085 РФ : **Н.А. Дьякова**; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУ"; заявл. 27.12.2021 ; опубл. 12.01.2022.
60. Удельная активность естественных и искусственных радионуклидов в лекарственном растительном сырье Воронежской области : Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2022620086 РФ : **Н.А. Дьякова**; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУ"; заявл. 27.12.2021 ; опубл. 12.01.2022.
61. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье Воронежской области : Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2022620084 РФ : **Н.А. Дьякова**; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУ"; заявл. 27.12.2021 ; опубл. 12.01.2022.
62. Программа проверки однородности содержания экотоксикантов в лекарственном растительном сырье по критерию Кохрена: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2022617857 РФ : **Н.А. Дьякова**; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУ"; заявл. 18.04.2022 ; опубл. 26.04.2022.

Список сокращений и условных обозначений

- БАВ – биологически активные вещества
БАД – биологически активные добавки
ВЛЭ – высоковольтные линии электропередач
ВРПС – водорастворимые полисахариды
ВСП – верхние слои почв
ГЖХ – газо-жидкостная хроматография
ГОВРПС – гравиметрически определяемые водорастворимые полисахариды
ГФ – Государственная фармакопея
ГХЦГ – гексахлорциклогексан
ДДТ – дихлордифенилтрихлорметилметан
КН – коэффициент накопления
ЛРП – лекарственный растительный препарат
ЛРС – лекарственное растительное сырье
ЛФ – лекарственная форма
НД – нормативная документация
ОДК – ориентировочно допустимая концентрация
ОКК - оксикоричные кислоты
ОФС – общая фармакопейная статья
ПДК – предельно допустимая концентрация
ПС - полисахариды
РН – радионуклиды
РФ – Российская Федерация
СФМ – спектрофотометрия
ТМ – тяжелые металлы
ТМиМ – тяжелые металлы и мышьяк
ТЭЦ – теплоэлектроцентраль
УА – удельная активность
ФКК – фенолкарбоновые кислоты
ФС – фармакопейная статья
ХМСМ – хромато-масс-спектрометрия
ХОП – хлорорганические пестициды
ЭВ – экстрактивные вещества
ЭМ – эфирное масло
ЭУА – эффективная удельная активность