

**ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО  
ЗАГОТОВКЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В  
ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ**

Воронеж 2024

УДК 615.1 + 574.2  
ББК 52.82 + 28.080

Д97 Эколого-гигиенические рекомендации по заготовке лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье / Н.А. Дьякова. – Воронеж, 2024. – 161 с.

В «Эколого-гигиенических рекомендациях по заготовке лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье» обобщены результаты экологических исследований в сравнении с литературными данными по загрязнению лекарственного растительного сырья Воронежской области наиболее токсичными тяжелыми металлами и мышьяком, пестицидами и радионуклидами. Методические рекомендации предназначены для студентов, ординаторов и аспирантов, обучающихся по специальности 33.05.01 «Фармация», 33.08.01 «Фармацевтическая технология», 33.08.02 «Управление и экономика фармации», 33.08.03 «Фармацевтическая химия и фармакогнозия», 33.06.01 «Фармация», практических, а также научных работников в области фармации, экологии, гигиены и медицины, занимающихся исследованиям в данной и смежных областях научного знания.

Рецензенты:

Н. П. МАМЧИК — доктор медицинских наук, профессор, заместитель главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».

В. А. ЧУМАКОВА – кандидат фармацевтических наук, начальник отдела БУ ВО «Воронежский центр контроля качества и сертификации лекарственных средств»

УДК 615.1 + 574.2  
ББК 52.82 + 28.080

© Дьякова Н. А., 2024

## Содержание

Введение	5
1. Материалы и методы исследования	7
2. Оценка загрязнения почв и лекарственного растительного сырья тяжелыми металлами и мышьяком	24
2.1. Результаты исследований почв на предмет загрязнения тяжелыми металлами и мышьяком	24
2.2. Результаты исследований лекарственного растительного сырья тяжелыми металлами и мышьяком	31
2.2.1. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в траве горца птичьего	31
2.2.2 Содержание тяжелых металлов и мышьяка в траве полыни горькой	37
2.2.3 Содержание тяжелых металлов и мышьяка в траве тысячелистника обыкновенного	43
2.2.4 Содержание тяжелых металлов и мышьяка в траве пустырника пятилопастного	47
2.2.5 Содержание тяжелых металлов и мышьяка в листьях подорожника большого	54
2.2.6 Содержание тяжелых металлов и мышьяка в листьях крапивы двудомной	59
2.2.7 Содержание тяжелых металлов и мышьяка в цветках липы сердцевидной	64
2.2.8 Содержание тяжелых металлов и мышьяка в цветках пижмы обыкновенной	68
2.2.9 Содержание тяжелых металлов и мышьяка в корнях одуванчика лекарственного	72
2.2.10 Содержание тяжелых металлов и мышьяка в корнях лопуха обыкновенного	78
3. Оценка загрязнения почв и лекарственного растительного сырья пестицидами	85
4. Оценка загрязнения почв и лекарственного растительного сырья радионуклидами	88
4.1. Результаты исследований почв на предмет загрязнения радионуклидами	88
4.2. Результаты исследований лекарственного растительного сырья радионуклидами	91
4.2.1. Содержание радионуклидов в траве горца птичьего	91
4.2.2 Содержание радионуклидов в траве полыни горькой	95
4.2.3 Содержание радионуклидов в траве тысячелистника обыкновенного	98
4.2.4 Содержание радионуклидов в траве пустырника пятилопастного	101

4.2.5 Содержание радионуклидов в листьях подорожника большого	104
4.2.6 Содержание радионуклидов в листьях крапивы двудомной	107
4.2.7 Содержание радионуклидов в цветках липы сердцевидной	110
4.2.8 Содержание радионуклидов в цветках пижмы обыкновенной	113
4.2.9 Содержание радионуклидов в корнях одуванчика лекарственного	116
4.2.10 Содержание радионуклидов в корнях лопуха обыкновенного	119
5. Исследования по изучению общей суммы минеральных веществ в лекарственном растительном сырье Воронежской области	122
Выводы	142
Заключение	150
Список используемых сокращений	152
Список литературы	153

## Введение

Урбанизация — одна из основных социально-экологических проблем нашего времени. В процессе роста и становления городов природные экосистемы территорий, занимаемых ими и близлежащих к ним, постепенно изменяются, и формируется новая антропогенная среда со специфическими чертами техногенного влияния, характеризующегося изменением состава атмосферного воздуха, почв и водных объектов. Рост уровня загрязнения приводит к дестабилизации природной среды и существованию организмов в предельных режимах биологических возможностей. Ежегодное возрастание техногенной нагрузки объясняет необходимость мониторинга экологического состояния как природных экосистем, так и агро- и урбоценозов, установления основных тенденций и приспособительных способностей живых организмов в отношении сложного комплекса одновременно действующих антропогенных факторов.

Антропогенное влияние способствует сокращению ареала растений, уменьшению их обилия в различных ассоциациях и формациях, изменению фитохимического и минерального состава растительных организмов, в частности сказывается, а сырьевых базах лекарственных растений. При этом большая доля заготовок лекарственного растительного сырья (ЛРС) приходится на европейскую часть РФ, характеризующуюся значительной плотностью населения, высокой активностью хозяйственной деятельности, динамичным развитием транспортных магистралей и промышленности.

Некачественное растительное сырье и получаемые из него продукты являются важными источниками поступления различных экотоксикантов в организм человека. Обостряет данную проблему и тот факт, что данные поллютанты оказывают значительное влияние на метаболизм самого растительного организма, снижая продукцию БАВ. В связи с этим увеличивается угроза сбора растительного сырья в экологически неблагоприятных районах, и возрастает актуальность выявления влияния антропогенного загрязнения на химический состав растений.

Тяжелые металлы и мышьяк (ТМиМ), хлорорганические пестициды, радионуклиды (РН) в настоящий момент относят к наиболее опасным поллютантам, в силу их высокой устойчивости, широкого распространения, способности к биогенным миграциям и кумуляции в живых организмах. Эколого-гигиеническая оценка качества ЛРС различных субъектов нашей страны и ближнего зарубежья подтверждает необходимость проведения таких региональных исследований. Работы, касающиеся оценки качества ЛРС Центрального Черноземья, традиционно являющегося важным районом растениеводства и заготовки ЛРС, в настоящее время имеются единичны и несистематизированы. В предшествующих отечественных и зарубежных эколого-гигиенических исследованиях качества ЛРС показана различная

тропность лекарственных растений к аккумуляции поллютантов из почв, приводимые данные сильно разнятся, что может быть связано с особенностями почв, а также способностью растениями избирательно накапливать необходимые биогенные элементы и тормозить избыточную аккумуляцию фитотоксичных веществ.

Воронежская область является одним из крупнейших субъектов Центрального федерального округа и Центрально-Чернозёмного экономического района, характеризуется высокими численностью населения (более 2,3 млн. чел.), долей городского населения (более 68% на 2021 г.), а также ежегодно возрастающими индексом промышленного производства (порядка 130%) и валовым региональным продуктом (более 900 млрд. рублей на 2020 г.). Воронежская область, ежегодно (с 2012 по 2020 гг.) входящая, согласно данным Росгидромет РФ, в список антилидеров по содержанию в воздухе взвешенных веществ с превышением ПДК в 3-4 раза, характеризуется наличием крупных промышленных предприятий машиностроения, электроэнергетики, химической индустрии, активным развитием сельскохозяйственного сектора, высокой плотностью автомобильных и железных дорог. Вследствие роста урбанизированных территорий, увеличения количества автотранспорта, расширения производственных площадей и сельскохозяйственных угодий, вероятность сбора ЛРС населением вблизи источников выброса поллютантов существенно возрастает. В связи с этим значимыми являются комплексная оценка эколого-гигиенического состояния сырьевой базы лекарственных растений Воронежской области, как в традиционных местах заготовки сырья, так и в районах промышленно-хозяйственного значения с целью уточнения допустимых зон сбора ЛРС.

Актуальность данного исследования подчеркнута также разночтениями в научной, учебной литературе, касающейся сбора ЛРС вблизи дорог и промышленных предприятий. Неединогласны также правовые и нормативные документы (НД). Допустимое расстояние для сбора растительного сырья, как правило, устанавливается на региональном уровне, что, вероятно, связано с особенностями природных зон регионов. При этом регламентированного разрешенного расстояния для сбора лекарственных растений в Центральном Черноземье нами из литературных и правовых источников не выявлено.

Таким образом, целью исследования являлась комплексная оценка эколого-гигиенического состояния сырьевой базы лекарственных растений Воронежской области, уточнение допустимых территорий заготовки ЛРС, анализ особенностей накопления поллютантов в изучаемых видах ЛРС.

## 1. Материалы и методы исследования

Некачественное ЛРС и получаемые из него препараты представляют собой значимые источники поступления различных экотоксикантов, в частности ТМиМ, РН, пестицидов в организм человека. Также малоисследованным аспектом влияния хозяйственной деятельности человека на ЛРС остается влияние увеличения антропогенной нагрузки на вторичный метаболизм, в частности, биосинтез БАВ, что часто является адаптацией растений к изменяющимся условиям обитания. Перечисленные факторы подчеркивают необходимость эколого-фармакогностического мониторинга качества ЛРС, выявление гигиенических тенденции и буферной способности растений как биоиндикаторов в отношении разнообразных и часто одновременно действующих антропогенных факторов. Учитывая значительное, ежегодно возрастающее влияние токсичных химических элементов на растительные организмы, необходима комплексная оценка эколого-гигиенического состояния ЛРС Воронежской области, как в традиционных местах заготовки сырья, так и в и районах промышленно-хозяйственного значения с целью уточнения допустимых зон заготовки, изучения особенностей накопления поллютантов в разных видах сырья, а также влияния поллютантов на накопление в растении БАВ.

Растительные объекты исследования выбирали таким образом, чтобы они являлись представителями как естественных растительных сообществ, так и синантропной растительности, заготавливались преимущественно в средней полосе РФ (в т.ч. в Воронежской области). Выбор объектов исследования обусловлен объективной необходимостью изучения нескольких видов ЛРС, включающих различные органы или группы органов растений (листья, цветки, корни, трава), от разных форм производящих растений – травянистые и древесные формы растительности. Таким образом, были подобраны следующие виды ЛРС:

- трава пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.);
- трава полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.);
- трава горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.);
- трава тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.);
- листья крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.);
- листья подорожника большого (*Plantago major* L.);
- цветки липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.);
- цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.);
- корни одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg);
- корни лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.).

Для изучения особенностей накопления поллютантов ЛРС из почвы также проводили отбор проб ВСП на каждой исследуемой территории.

### **Характеристика мест заготовки образцов**

Для проведения исследований в рамках Воронежской области на основе литературного и картографического обзора были выбраны точки отбора образцов ВСП и ЛРС. Выбор исследуемых районов обусловлен характером специфического антропогенного воздействия (рис. 1, табл. 1): химические предприятия: ОАО «Воронежсинтезкаучук», ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш»; теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) «ВОГРЭС», Нововоронежская атомная электростанция (АЭС), аэропорт, улица города Воронежа, высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ), Воронежское водохранилище, города с развитой легкой промышленностью (Калач, Борисоглебск), зоны активной сельскохозяйственной деятельности с внесением большого количества удобрений (Лискинский, Ольховатский, Подгоренский, Петропавловский, Грибановский, Хохольский, Новохоперский, Репьевский, Воробьевский, Панинский, Верхнехавский, Россошанский районы), зоны, подвергшиеся радионуклидному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС (Нижедевицкий, Острогжский, Семилукский районы) и в качестве сравнения – зоны, на которых хозяйственная деятельность человека ограничена - Воронежский государственный природный биосферный заповедник им. В. М. Пескова, Хопёрский государственный природный заповедник, территория Теллермановского леса (Борисоглебский район). Уделено внимание вопросу загрязнения верхних слоев почв (ВСП) и ЛРС от автомобильных и железнодорожных дорог. Отбор образцов проводили вблизи различных транспортных магистралей, а также в разных природных зонах, чтобы выявить влияние естественного барьера на характер распространения поллютантов: вдоль и на различном удалении от трассы М4 «Дон» в Рамонском районе (лесостепная зона с преобладанием смешанных лесов) и Павловском районе (степная зона с преобладанием травянистой растительности), от трассы А144 в Аннинском районе (лесостепь с преобладанием кустарниково-травянистой растительности), от дороги обычного типа в Богучарском районе (степная зона с преобладанием травянистой растительности), от железнодорожного полотна в Рамонском районе (лесостепная зона с преобладанием смешанных лесов). Каждая исследуемая территория выбиралась таким образом, чтобы она была подвержена определяющему влиянию преимущественно одного объекта хозяйственного пользования.



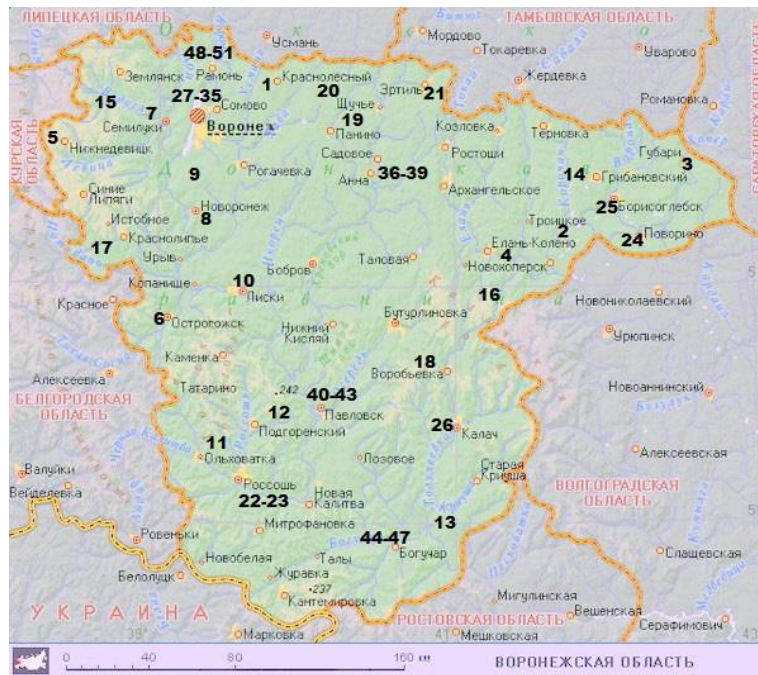


Рис. 1. Карта отбора образцов ВСП и ЛРС (расшифровка и описание мест отбора образцов приведены ниже)

1. *Воронежский государственный природный биосферный заповедник им. В.М. Пескова*. Расположен на границе Воронежской (Верхнехавский район) и Липецкой (Усманский район) областей. Географические координаты находятся в пределах  $51^{\circ}52'$ -  $52^{\circ}02'$  северной широты и  $39^{\circ}21'$ -  $39^{\circ}47'$  восточной долготы. Расстояние до г. Воронеж – 40 км, до г. Липецк – 100 км. На территории заповедника преобладают дерновые лесные почвы. Заповедник находится в лесной зоне (смешанный лес и дубравы). Хозяйственная деятельность исключена.

2. *Хопёрский государственный природный заповедник*. Расположен  $51^{\circ}11'$  -  $51^{\circ}22'$  северной широты и  $41^{\circ}43'$  -  $41^{\circ}48'$  восточной долготы. Находится на территории Новохоперского, Поворинского и Грибановского районов области, в долине реки Хопёр. Общая площадь 16,2 тыс. га. Хозяйственная деятельность исключена. Почвы преимущественно пойменно-лесные серые глееватые. Преобладают пойменные и нагорные дубравы (более 80%). Видовой состав флоры - около 1200 видов.

3. *Теллермановский лес (Борисоглебский район)*. Естественный биогеоценоз, представленный дубравами и дубово-ясеневыми лесами с высокой продуктивностью. Расположен  $51^{\circ}23'$  северной широты и  $42^{\circ}58'$  восточной долготы, вдали от крупных транспортных магистралей, промышленных предприятий, имеет площадь 39,5 тыс. га. Большая часть территории Теллермановского леса находится на высоких правых берегах рек Хопёр и Ворона. Почвы преимущественно темно-серые лесные.

4. *с. Елань-Колено* - село в Новохопёрском районе Воронежской области, расположено  $51^{\circ}09'$  северной широты и  $41^{\circ}13'$  восточной долготы.

Население, по данным на 2018 год, составляет 4,5 тыс. чел. На территории района располагается медно-никелевое месторождение, которое оказывает существенное влияние на ряд геохимических показателей компонентов окружающей среды. Елкинское медно-никелевое месторождение – важнейшее из разрабатываемых – расположено в 1 км от с. Елань-Колено. С 2015 года регулярно фиксируется значительное загрязнение водных источников, в том числе радием-226 и радием-228. Экономически целесообразным является разработка сульфидных медно-никелевых руд в регионе при условии добычи руды открытым способом, что, в связи с распылением токсичных элементов, значительно повлияет на экологическую обстановку не только в Новохоперском районе, но и в Воронежской области, и Черноземье в целом. При этом, согласно данным Уральской горно-металлургической компании, ввод месторождений в эксплуатацию планируется не позднее 25.07.2026 года. Почвы аллювиальные засоленные с склонностью к аккумуляции различным элементам, в том числе ТМ.

5. с. *Нижнедевицк* - административный центр Нижнедевицкого района Воронежской области, расположен 51°32' северной широты и 38°22' восточной долготы. Население, по данным на 2018 год, составляет 5,5 тыс. чел. Наиболее распространенные почвы - черноземы обыкновенные. Село расположено в лесостепной природной зоне. Относится к районам, подвергшимся значительному радионуклидному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Основная отрасль экономики - сельское хозяйство с преобладанием растениеводства. В Нижнедевицке действуют промышленные предприятия перерабатывающей отрасли: ООО «ДКГ» (переработка семян подсолнечника), ООО «Маслодельный завод Нижнедевицкий», ООО «Агроспектр» (переработка зерна).

6. г. *Острогожск* — административный центр Острогожского района Воронежской области и городского поселения Острогожск, расположен 50°52' северной широты и 39°04' восточной долготы. Население, по данным на 2018 год, составляет 32,6 тыс. чел. Преобладающие почвы – черноземы солонцеватые. Город расположен в лесостепной природной зоне. Относится к районам, подвергшимся радионуклидному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Среди основных предприятий города — кожевенный завод, предприятия пищевой промышленности (хлебозавод, солодовый завод, мясокомбинат). Важнейшее значение в экономике района имеет сельское хозяйство, главной отраслью которого является растениеводство. В районе функционирует 17 сельскохозяйственных предприятий, 27 фермерских хозяйств и более 20 тысяч личных подсобных хозяйств. Для Острогожского района отмечен многолетний высокий уровень применения пестицидов и удобрений, что негативно сказывается на экологической обстановке. По данным ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», в Острогожском районе

высокий уровень выявления проб почв, неблагоприятных по содержанию пестицидов.

7. *г. Семилуки* - административный центр Семилукского района Воронежской области, расположен  $51^{\circ}41'$  северной широты и  $39^{\circ}02'$  восточной долготы. Население, по данным на 2018 год, составляет 26,7 тыс. чел. Через Семилуки проходит железная дорога «Воронеж-Курск», а также автомобильная дорога, соединяющая в объезд г. Воронежа трассы М4 и А144. Преобладающие почвы – черноземы солонцеватые. Город расположен в лесостепной природной зоне. В районе развита промышленность, функционирует более 50 промышленных предприятий (ОАО «Семилукский огнеупорный завод», АО «Латненское огнеупорное производство», АО «Семилукский завод бытовой химии», АО «Землянское ремонтно-техническое предприятие», а также пищевые комбинаты, фабрика мебельных фасадов, комбинат по выпуску картона и др.). Относится к районам, подвергшимся радионуклидному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

8. *г. Нововоронеж* образует муниципальное образование городской округ город Нововоронеж. Расположен  $51^{\circ}19'$  северной широты и  $39^{\circ}13'$  восточной долготы. Население, по данным на 2018 год, составляет 31,5 тыс. чел. В структуре почв преобладают черноземы выщелочные. Расположен в лесостепной зоне. Является зоной интенсивного земледелия и мясо-молочного животноводства. Основные отрасли экономики - атомная энергетика. Нововоронежская АЭС, расположенная на расстоянии 3,5 км от г. Нововоронежа и 45 км – от г. Воронежа, на 85 % обеспечивает Воронежскую область. В настоящее время в работе находятся энергоблоки № 4, 5, 6 общей мощностью 2617 МВт. В 2019 г. завершено строительство энергоблока № 7 по проекту «АЭС-2006». Основную долю твёрдых радиоактивных отходов (около 98 %), составляют низко- и среднеактивные отходы. На Нововоронежской АЭС разработана и действует технологическая схема обращения с твёрдыми радиоактивными отходами, предусматривающая их сбор, сортировку, переработку (прессование), транспортировку и безопасное хранение.

9. *Высоковольтные линии электропередач.* Для отбора образцов был выбран участок под ВЛЭ, расположенный на расстоянии 35 км от Нововоронежской АЭС в Каширском районе ( $51^{\circ}45'$  северной широты и  $39^{\circ}27'$  восточной долготы). В структуре почв исследуемой территории преобладают черноземы выщелочные. Природная лесостепная зона изучаемого района перемежается с большим количеством сельскохозяйственных полей. Выбор района исследования объясняется высоким напряжением передаваемого тока (220 кВ) и возможностью проследить радиологическую обстановку на удалении 35-40 км от АЭС. Напряженность электрического поля непосредственно под линией

электропередачи может достигать 2-10 кВ/м, но из-за способности почвы понижать напряженность уже при удалении от ВЛЭ на 100 м этот показатель резко падает до 10-20 В/м. Значительное влияние ВЛЭ оказывают на окружающую среду за счет возникновения коронных разрядов - высоковольтных самостоятельных электрических разрядов в газе достаточной плотности (1 атм), возникающих в резко неоднородном электрическом поле вблизи электродов с малым радиусом кривизны (провода). Коронный разряд сопровождается ионизацией воздуха в электрическом поле с высокой напряженностью и движением частиц газа и содержащихся в нем примесей от коронирующего электрода к силовой нейтрали, то есть от ВЛЭ к земле, что способствует осаждению пылевых частиц и других взвешенных в воздухе загрязнителей на растения. Также, уровни электрического поля, регистрируемые вблизи воздушных линий электропередачи, достаточны для повреждения листьев растений (особенно тонких и с острыми краями). В таком случае через острый край листа протекает электрический ток коронарного разряда, а тепловая энергия, выделяемая при сопротивлении ткани листа, вызывает гибель клеток, относительно быстро теряющих воду и высыхающих.

*10. Лискинский район* расположен на западе Воронежской области. Население, по данным на 2018 год, составляет 99,4 тыс. чел. Преобладающие почвы – черноземы обыкновенные. Район расположен в лесостепной природной зоне. В районе развита промышленность, которая представлена 15 предприятиями, из них — 11 предприятий обрабатывающих производств. Ведущая отрасль экономики – сельское хозяйство и на протяжении последнего десятилетия фиксируется максимальный уровень химизации в сельском хозяйстве (до 36,2 кг/га). По данным ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», в Лискинском районе высокий уровень выявления проб атмосферного воздуха и почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию пестицидов. Точка отбора образцов ЛРС и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (50°59' северной широты и 39°29' восточной долготы).

*11. Ольховатский район* - муниципальное образование на юго-западе Воронежской области. Население, по данным на 2018 год, составляет 22, 7 тыс. чел. Район расположен в степной природной зоне, почвы представлены черноземами обыкновенными. В районе зарегистрировано 9 предприятий, преимущественно по переработке сельскохозяйственной продукции, с высоким уровнем химизации в растениеводстве (до 30 кг/га). Точка отбора образцов ЛРС и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (50°16' северной широты и 39°17' восточной долготы).

*12. Подгоренский район* - муниципальное образование на юго-западе Воронежской области. Население, по данным на 2018 год, составляет 24,3

тыс. чел. Район расположен в степной природной зоне, почвы представлены преимущественно черноземами обыкновенными. Основная экономическая сфера деятельности – сельское хозяйство. Агропромышленный комплекс представлен 13 сельскохозяйственными предприятиями, 6 подсобными и 54 фермерскими хозяйствами. В Подгоренском районе отмечен высокий уровень химизации в сельском хозяйстве (до 30 кг/га). Точка отбора образцов ЛРС и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (50°24' северной широты и 39°40' восточной долготы).

13. *Петропавловский район* - муниципальное образование на юго-востоке Воронежской области. Население, по данным на 2018 год, составляет 17,1 тыс. чел. Почвы представлены преимущественно черноземами обыкновенными. Район расположен в степной природной зоне. Основная сфера экономики – сельское хозяйство, главной отраслью которого является растениеводство. В состав агропромышленного комплекса входят: 20 сельхозпредприятий, 240 крестьянских фермерских хозяйств с высоким уровнем химизации (до 30 кг/га). Точка отбора образцов ЛРС и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (50°05' северной широты и 40°53' восточной долготы).

14. *Грибановский район* - муниципальное образование на северо-востоке Воронежской области. Население, по данным на 2018 год, составляет 30,1 тыс. чел. Почвы представлены преимущественно черноземами солонцеватыми. Район расположен в лесостепной природной зоне с преобладанием дубрав. Основная сфера экономики района – сельское хозяйство. Аграрно-промышленный комплекс района включает 14 крупных сельскохозяйственных предприятий и 104 фермерских хозяйств с общей площадью пашни 110 тыс. га и высоким уровнем химизации (до 30 кг/га). Точка отбора образцов ЛРС и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (51°27' северной широты и 41°57' восточной долготы).

15. *Хохольский район* - муниципальное образование на северо-западе Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 29,8 тыс. чел. Район расположен в лесостепной природной зоне, почвы представлены преимущественно черноземами обыкновенными. Основная сфера экономики района – сельское хозяйство, главной отраслью которого является растениеводство. Аграрное производство района насчитывает 21 сельскохозяйственное предприятие и 27 фермерских хозяйств, для которых отмечается высокий уровень химизации (до 30 кг/га). Точка отбора образцов ЛРС и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (51°33' северной широты и 38°46' восточной долготы).

16. *Новохоперский район* - муниципальное образование на востоке Воронежской области. Население, по данным на 2018 год, составляет 37,9 тыс. чел. Почвы представлены преимущественно черноземами

обыкновенными, иногда встречаются аллювиальные засоленные. Район расположен в лесостепной природной зоне с преобладанием дубрав. Основная сфера экономики – сельское хозяйство, главной отраслью которого является растениеводство. Площадь сельскохозяйственных угодий района составляет 174 тысячи гектар, из них пашни — 110 тысяч гектар. На территории района функционирует 15 сельскохозяйственных предприятий, 80 фермерских хозяйств. Для Новохоперского района на протяжении долгих лет фиксируется высокий уровень химизации в сельском хозяйстве (до 30 кг/га). Точка отбора образцов ЛРС и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (51°06' северной широты и 41°38' восточной долготы).

*17. Репьевский район* - муниципальное образование на западе Воронежской области. Население, по данным на 2018 год, составляет 15680 человека. Район расположен в лесостепной природной зоне с небольшими лесными массивами среди луговой степи, почвы представлены черноземами обыкновенными. Площадь сельскохозяйственных угодий 79 тыс. га, из них 55 тыс. га - пашни. Уровень химизации - до 30 кг/га. Точка отбора образцов ЛРС и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (51°04' северной широты и 38°38' восточной долготы).

*18. Воробьевский район* - муниципальное образование на юго-востоке Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 16 тыс. чел. Почвы представлены черноземами обыкновенными. Район расположен в степной природной зоне. Район относится к числу аграрных. Общая площадь сельскохозяйственных угодий - 97 тысяч гектар, из них 74 тысяч гектар - пашня. Для Воробьевского района на протяжении многих лет отмечается высокий уровень химизации в сельском хозяйстве. Точка отбора образцов ЛРС и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (50°39' северной широты и 40°56' восточной долготы).

*19. Панинский район* - муниципальное образование на севере Воронежской области. Население, по данным на 2018 год, составляет 25,5 тыс. чел. Почвы представлены черноземами обыкновенными. Район расположен в лесостепной природной зоне, относится к числу аграрных. Для Панинского района также отмечен высокий уровень химизации в растениеводстве. Точка отбора образцов ЛРС и ВСП была выбрана по краю сельскохозяйственного угодья (51°39' северной широты и 40°07' восточной долготы).

*20. Верхнехавский район* - муниципальное образование на севере Воронежской области. Население, по данным на 2018 год, составляет 24 тыс. чел. Почвы района представлены преимущественно черноземами обыкновенными. Район расположен в лесостепной природной зоне. Промышленный потенциал района представлен, 3 крупными промышленными предприятиями (ООО «Воронежский завод растительных

масел», ООО «Аквилон», Предприятия группы компании «ЕвроТехМет» (ООО «Граикс»)). Сельское хозяйство является важнейшей отраслью экономики Верхнехавского района. Для Верхнехавского района также отмечен высокий уровень химизации в сельском хозяйстве (до 30 кг/га). Точка отбора образцов ЛРС и ВСП была выбрана по краю сельскохозяйственного угодья (51°39' северной широты и 40°07' восточной долготы).

21. *Эртильский район* - муниципальное образование на северо-востоке Воронежской области. Население, по данным на 2018 год, составляет 22,8 тыс. человек. Почвы представлены черноземами обыкновенными. Район расположен в лесостепной природной зоне. Промышленность района представлена 4 основными предприятиями (ОАО «Эртильский литейно-механический завод», ОАО «Эртильский опытный механический завод», ОАО «Комбинат молочных продуктов «Эртильский» и ООО «Эртильский сахар»). Сельское хозяйство - важная отрасль экономики Эртильского района. Сельхозугодья занимают площадь 132 тысячи гектар. Для Эртильского района характерен низкий уровень химизации (до 8-10 кг/га). Точка отбора образцов ЛРС и ВСП была выбрана по краю сельскохозяйственного угодья (51°50' северной широты и 40°49' восточной долготы).

22. *Россошанский район* - муниципальное образование на юго-западе Воронежской области. Население, по данным на 2018 год, составляет 92,9 тыс. чел. Почвы представлены преимущественно черноземами обыкновенными. Район расположен в степной природной зоне с преобладанием кустарниково-травянистой растительности. Основные промышленные предприятия преимущественно расположены в городе Россошь и его окрестностях: ОАО «Минудобрения», ООО «Придонхимстрой — известь», ООО «Росагропром», также имеются завод технооснастки и кирпичный завод, мясной, молочный, пищевой комбинаты, маслодельный завод и локомотивное депо железной дороги. Важнейшей отраслью экономики района является сельское хозяйство с преобладанием растениеводства, отличительной особенностью которого является высокий уровень химизации (до 30 кг/га). Точка отбора образцов ЛРС и ВСП выбрана по краю сельскохозяйственного угодья (50°11' северной широты и 39°36' восточной долготы).

23. *ОАО «Минудобрения»* - крупное предприятие химической промышленности России, расположенное в г. Россошь (Воронежская область), построено в 1979 г. Расположено 50°08' северной широты и 39°40' восточной долготы. Почва представлена преимущественно черноземами обыкновенными. Предприятие расположено в степной природной зоне с преобладанием кустарниково-травянистой растительности. На сегодняшний день является единственным производителем минеральных удобрений в

Центрально - Черноземном регионе. К выпускаемой продукции относится аммиак жидкий, аммиачная вода, аммиачная селитра, нитроаммофоска, азотная кислота. В общем выбросе района на долю ОАО «Минудобрения» приходится 93,2 %. В атмосферный воздух от предприятия поступает до 76 токсикантов, общий выброс загрязняющих веществ в атмосферу составляет 5317 т/год, при этом твердые выбросы – 837 т/год (31 вещество), жидкие и газообразные – 4480 т/год (45 веществ). Это повышает вероятность загрязнения почв солями ТМ, которые могут содержаться в качестве примесей в минеральных удобрениях или добавляются в качестве микроэлементов (свинец, кадмий, цинк, олово и др.).

24. ООО «Бормаи» - расположено в Поворинском районе, с. Пески (51°12' северной широты 42°15' восточной долготы). Почвы представлены черноземами обыкновенными. Предприятие расположено в лесостепной природной зоне с преобладанием дубрав. Предприятие с 1999 года производит технологическое оборудование для нефтегазоперерабатывающей, химической, металлургической, энергетической и пищевой отраслей промышленности. На 2018 год валовый суммарный выброс от предприятия составлял более 11 т/год, из них твёрдых отходов более 2,8 т/год, жидких и газообразных – более 8,2 т/год. Всего на предприятии имеется 36 источников загрязнения атмосферы, из них: 28-организованных, 8-неорганизованных источников. В целом по предприятию в атмосферу поступает 30 химических веществ. При определении уровня загрязнения атмосферы в районе расположения площадки были выявлены значительные количества следующих загрязняющих веществ: соединения марганца, оксиды азота и серы, диметилбензол, бутилацетат, взвешенные вещества и др.

25. Улица г. Борисоглебск - третий по площади и социально-экономическому значению в Воронежской области. Расположен 51°22' северной широты и 42°05' восточной долготы. Суммарный коэффициент загрязнения воздуха в районе выше среднего по области показателя почти в 2 раза. Из почв преобладают черноземы типичные. Флора в пределах селитебных территорий представлены преимущественно озеленением вдоль улиц и автомобильных трасс, а также рудеральной растительностью. Основной вклад в загрязнение города вносят предприятия теплоэнергетики, машиностроения, пищевой промышленности (ОАО «Борисоглебский котельно-механический завод», ОАО «Борхиммаш», ЗАО НП «Борисоглебский мясоконсервный комбинат») и автотранспорт (85%). По официальным данным в г. Борисоглебске, с населением около 62 тысяч человек количество единиц автотранспорта превышает 20 тысяч. К объектам повышенного экологического контроля относятся также существующая свалка ТБО, несанкционированные свалки мусора.



26. *Улица г. Калач* - административный центр Калачеевского района Воронежской области, входит в десятку крупнейших районных центров региона. Расположен 50°25' северной широты и 41°00' восточной долготы. Численность населения на 2018 составляла 18,8 тыс. чел. Из почв преобладают черноземы обыкновенные. Зональные ландшафты Калачеевского района представлены лесостепью и степью. Калач - крупный центр легкой промышленности области, здесь расположены сахарный завод, пищевой комбинат, комбинат мясной, завод по производству сыра, комбинат хлебопродуктов, завод стройматериалов, авторемонтные заводы.

27. *Воронежская теплоэлектроцентраль-1 (ТЭЦ-1) «ВОГРЭС»* — предприятие, снабжающее теплоэнергией Левобережный, часть Ленинского и Железнодорожного районов Воронежа, а также более 1000 предприятий. Почвы вблизи ТЭЦ-1 - аллювиальные луговые оглеенные суглинистые. Урбанофлора представлена преимущественно кустарниково-травянистой растительностью с единично встречающимися деревьями. Долгое время с момента постройки ТЭЦ (1933 г.) в качестве топлива применяли каменный уголь, в 2000-х годах предприятие перешло на использование природного газа как более экологичного топлива. Содержание негорючих примесей к каменному углю варьирует от 5-14% (высокосортный уголь) до 26-37% (низкосортный уголь). При потреблении в сутки в среднем ТЭЦ около 1000 тонн угля, выбросы составляют до 250-300 тонн золы, что оказывает влияние на содержание взвешенных частиц в воздухе (пыли). При сгорании угля ТЭЦ дополнительно выбрасывает в среднем в сутки около 300 тонн сернистого газа, а также оксид и диоксид углерода, оксиды азота и др., что значительно влияет на усиление парникового эффекта и выпадение кислотных осадков. Сжигание каменного угля является источником выбросов ряда РН (калий-40, радий-226, радий-228, торий-232, свинец-210 и др). ТЭЦ, функционирующие на угле с высокой зольностью, при степени очистки 90-99 %, дают выбросы этих РН, формирующие эффективную эквиваленту дозу до 40 раз большую, чем АЭС аналогичной мощности. Кроме того, угольная зола, попадающая в выбросы, содержит высокие концентрации токсичных элементов (ртуть, марганец, ванадий, никель и др.). Преимущественно выбросы ТЭЦ оседают на расстоянии от 500 до 800 м, поэтому данная зона была выбрана отбора образцов. Координаты места сбора образцов - 51°37' северной широты и 39°13' восточной долготы.

28. *ОАО «Воронежсинтезкаучук»*. Предприятие расположено в Левобережном районе г. Воронеж. В его продукцию входит более 35 видов каучука, что составляет около 20 % российского рынка. Почвы вблизи предприятия преимущественно аллювиальные луговые оглеенные суглинистые. Урбанофлора около ОАО «Воронежсинтезкаучук» представлена преимущественно кустарниково-травянистой растительностью с единично встречающимися деревьями. Мощность

серийного производства каучуков предприятия составляет более 326 тысяч тонн. Производство каучуков вследствие отсутствия установок обезвреживания вредных веществ и недостаточной герметичности оборудования сопровождается выбросами различных аэрозолей, газов и крошки каучука, количество выбрасываемых вредных примесей достигает до 90 кг/ч. Процесс его вулканизации, а также работа котельных установок также сопровождается выделением токсичных окисей серы, азота и других газов. В выбросах предприятия, достигающих до 700 т/год, содержатся вещества, обладающие канцерогенным эффектом (стирол, толуол, бутадиен). Наибольшее количество выбросов данного предприятия оседает на расстоянии 400-600 м от него, эта зона была выбрана для отбора образцов (координаты - 51°37' северной широты и 39°14' восточной долготы).

29. *Низовье Воронежского водохранилища.* Образовано на реке Воронеж в 1971—72 гг., находится в городском округе Воронежа. Почвы на правом берегу низовья Воронежского водохранилища представлены темно-серыми и серыми лесостепными средне- и тяжелосуглинистыми. Характерна травянисто-кустарниковая растительность с небольшим количеством деревьев. Индексы сапробности характеризуют водохранилище слабозагрязненным. По гребню плотины организовано автомобильное движение. В водохранилище производят сброс сточных вод большинство промышленных предприятий города. Представлялось актуальным проследить возможное влияние загрязненного водоема на прибрежную растительность, поэтому сбор образцов для анализа проводили на расстоянии 0-3 м от правого берега низовья водохранилища (координаты места сбора образцов 51°44' северной широты, 39°14' восточной долготы).

30. *Аэропорт Воронеж им. Петра Первого* — международный аэропорт города Воронежа, обслуживающий города Воронежской и близлежащих областей. Расположен в Рамонском районе Воронежской области. Почвы преимущественно аллювиальные засоленные. Аэропорт расположен в лесостепной природной зоне. Способен принимать самолёты типа Boeing-737,747,767; Airbus-319,320,321; Embraer EMB-120, ERJ-145,175,195; Saab-2000; ATR-42,72; CRJ-100,200; BAE-125,146, BAE/AVRO RJ-85; Bombardier Dash 8 Q400; L-410 UVP-E20; Sukhoi Superjet 100; Ту-134, ТУ-134/154/204/214, Ан-2/12/24/26/28/148 и все более лёгкие, а также вертолёты. Несмотря на то, что самолетный парк значительно меньше, чем автомобильный, влияние на атмосферу одного авиалайнера эквивалентно влиянию почти 8 тыс. автомобилей. В среднем один реактивный самолёт, потребляя в течение 1 ч 15 т топлива и 625 т воздуха, выпускает в окружающую среду 46,8 т диоксида углерода, 18 т паров воды, 635 кг оксида углерода, 635 кг оксидов азота, 15 кг оксидов серы, 2,2 кг твёрдых частиц. Средняя длительность пребывания этих веществ в атмосфере составляет примерно 2 года. Наибольшее загрязнение

окружающей среды происходит в зоне аэропортов во время посадки и взлёта самолётов, а также во время прогрева их двигателей. При работе силовых установок в атмосферу вместе с выходящими газами попадают разнообразные продукты сгорания топлива. Это проявляется в повышенных концентрациях поллютантов, в частности, бенз(α)пирена и ТМ, в почвах приаэродромных территорий. Координаты места сбора образцов 51°49′ северной широты, 39°14′ восточной долготы.

31. *Улица г. Воронежа* – улица Димитрова – протяженная (длиной 6,8 км) улица, расположена в самом неблагоприятном по суммарному объёму промышленных выбросов Левобережном районе. Соединяет город с окружной дорогой и трассой М4, где расширяется до трех полос движения в каждую сторону в виде современной автомагистрали с разделительным барьером. В начале улицы расположен Левобережный автовокзал, что увеличивает транспортную нагрузку на нее. Приоритетным загрязнителем атмосферы города является автотранспорт, на который приходится более 70 % от валового выброса загрязняющих веществ. Выхлопные газы автомобилей почти круглый год превышают допустимые нормы на данной улице. Почвы – урбано-дерново-лесные песчаные и супесчаные. Урбанофлора представлена преимущественно кустарниково-травянистой растительностью с небольшим количеством деревьев. Координаты места сбора образцов 51°40′ северной широты, 39°15′ восточной долготы.

32-36. *Автомагистраль М4 «Дон» в Рамонском районе*, расположенном на севере Воронежской области. Федеральная автомобильная дорога М4 «Дон» — автомобильная дорога федерального значения Москва — Воронеж — Ростов-на-Дону — Новороссийск. Интенсивность движения в 2018 году составила 68,7 млн транспортных средств. Относится к IА категории автомобильных дорог – автомагистраль с интенсивностью движения более 14000 автомобилей в сутки. Основными типами почв изучаемой территории являются серые лесостепные среднесуглинистые. Изучаемые точки отбора образцов ЛРС и ВСП (0 м, 100 м, 200 м, 300 м от автомобильной трассы) были выбраны в лесной зоне с преобладанием смешанных лесов, что позволит отследить характер распространения поллютантов от крупной автомобильной транспортной магистрали при наличии естественного барьера. Место сбора располагалось на 491 километре трассы М4 в 8 километрах от г. Воронежа (координаты 55°78′ северной широты и 39°15′ восточной долготы).

36-39. *Автомагистраль А144 в Аннинском районе*, расположенном на севере Воронежской области. Относится к IА категории автомобильных дорог – автомагистраль с интенсивностью движения более 14000 автомобилей в сутки. Трасса А144 является частью Европейского маршрута Е 38 и азиатского маршрута АН61, обеспечивает связь Поволжья и Черноземья с западными регионами Центральной России и северо-востоком

Украины. Основными типами почв изучаемой территории являются черноземы обыкновенные. Изучаемые точки отбора образцов ЛРС и ВСП (0 м, 100 м, 200 м, 300 м от автомобильной трассы) были выбраны в степной зоне с преимущественно кустарниковой растительностью, что позволит отследить характер распространения поллютантов от крупной автомобильной транспортной магистрали при наличии малого естественного барьера. Место сбора располагалось в 2 километрах к востоку от села Хлебородное вдоль трассы А 144 (координаты 51°28' северной широты и 40°42' восточной долготы).

40-43. *Автомагистраль М4 «Дон» в Павловском районе*, расположенном на юге Воронежской области. По территории района в направлении север-юг проходит федеральная автомобильная дорога М-4 «Дон» (Москва - Ростов-на-Дону) с полосой отвода. Относится к IА категории автомобильных дорог – автомагистраль с интенсивностью движения более 14000 автомобилей в сутки. Зональными типами почв являются черноземы обыкновенные. Район расположен в степной природной зоне с преобладанием травянистой растительности. Изучаемые точки отбора образцов ЛРС и ВСП (0 м, 100 м, 200 м, 300 м от автомобильной трассы) были выбраны в степной зоне с преимущественно травянистой растительностью, что позволит отследить характер распространения поллютантов от крупной автомобильной транспортной магистрали при отсутствии естественного барьера. Место сбора располагалось в 5 километрах к югу от г. Павловск вдоль трассы М4 (координаты 50°26' северной широты и 40°04' восточной долготы).

44-47. *Дорога обычного типа (нескоростная автомобильная дорога) в Богучарском районе*, расположенном на юго-востоке Воронежской области. Исследовалась дорога обычного типа, асфальтированная, имеющая проезжую часть с центральной разделительной полосой, категории V (с интенсивностью движения менее 200 автомобилей в сутки), ведущая к селу Сухой Донец. Типичные для изучаемой территории почвы – черноземы обыкновенные. Район расположен в степной природной зоне. Изучаемые точки отбора образцов ЛРС и ВСП (0 м, 100 м, 200 м, 300 м от автомобильной трассы) были выбраны в природном ландшафте с преимущественно травянистой растительностью, что позволит отследить характер распространения поллютантов от автодороги с малой интенсивностью движения при отсутствии естественного барьера. Координаты места сбора - 49°48' северной широты и 40°55' восточной долготы.

48-51 *Железнодорожные пути вблизи станции Графская*, узловой железнодорожной станции Лискинского региона Юго-Восточной железной дороги (одного из 16 территориальных филиалов ОАО «Российские железные дороги», направление Москва-Юг), на удалении 2 км от

ближайшего населенного пункта, поселка городского типа Краснолесный. Естественные почвы в районе сбора представлены преимущественно серыми лесными суглинистыми, растительность представлена смешанными лесами с преобладанием ельников. Изучаемые точки отбора образцов ЛРС и ВСП (0 м, 100 м, 200 м, 300 м от железнодорожного пути) были выбраны в лесной зоне, что позволит отследить характер распространения поллютантов от железнодорожного полотна при наличии естественного барьера. Координаты места сбора - 51°53' северной широты и 36°36' восточной долготы.

### **Подготовка образцов и обработка результатов**

Пробы ВСП на каждой исследуемой пробной площадке отбирали по ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб» и ГОСТ 17.4.4.02 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа», методом конверта или по диагонали так, чтобы проба представляла собой часть почвы, типичной для ее верхних слоев (0-10 см от поверхности), с помощью лопат.

Заготовку образцов ЛРС проводили в соответствии с требованиями соответствующих фармакопейных статей (ФС) государственной фармакопеи (ГФ) РФ XIV. Травы горца птичьего, полыни горькой, тысячелистника обыкновенного, пустырника пятилопастного, а также листья подорожника большого и крапивы двудомной заготавливали в сухую погоду в начале цветения производящих растений, срезая их ножницами, секатором или ножом. Цветки также заготавливали в начале цветения растений: пижмы обыкновенной - срезали корзинки и части сложных щитковидных соцветий, липы сердцевидной – срезали небольшие с обильными цветками и в затененном месте обрывали цветки вместе с прицветниками. Корни лопуха обыкновенного и одуванчика лекарственного заготавливали в конце сентября-начале октября: выкапывали с помощью лопат, очищали и отмывали от земли, разрезали на куски. Сушили ЛРС естественным теневым способом при хорошей вентиляции, периодически переворачивая.

Полученные результаты статистически обрабатывали в соответствии с требованиями ГФ XIV (ОФС.1.1.0013.15 «Статистическая обработка результатов эксперимента») в «Microsoft Excel» (офисный пакет «Microsoft Office 2013»).

Изучения взаимосвязи между определяемыми числовыми показателями вели методом параметрической статистик по критерию корреляции Пирсона. При расшифровке полученных значений пользовались шкалой Чеддока.

### **Испытания ЛРС по общечисловым показателям**

Проведение испытаний ЛРС по общечисловым показателям 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). Для проведения исследований использовали весы аналитические «A&D GH-202», стерилизатор воздушный «Витязь ГП-40», электропечь муфельная SNOL 3/11 «ТехноТерм».

### **Исследование по загрязнению ВСП и ЛРС ТМиМ**

Для определения содержания свинца, кадмия, никеля, цинка, меди, кобальта и хрома проводили пробоподготовку методом сухой минерализации, а для определения концентрации ртути и мышьяка – методом мокрой минерализации.

Анализ образцов почв и ЛРС проводили с использованием аналитического комплекса на базе атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией «МГА-915МД» в соответствии с «МУ по определению ТМ в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» и ОФС.1.5.3.0009.15 «Определение содержания ТМиМ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах». В расчетах использовали среднее арифметическое значение 3 параллельных измерений. За результат принимали величину атомного поглощения элемента, полученную в абсорбционном режиме с доверительной вероятностью 95%.

В образцах определяли концентрацию ртути, кадмия, свинца, мышьяка, (эти элементы нормируются в ЛРС И ЛРП). Также в качестве определяемых элементов были выбраны наиболее токсичные металлы, содержание которых в ЛРС И ЛРП в настоящее время не нормируется – никель, цинк (элементы 1 класса опасности), а также кобальт, хром и медь (элементы 2 класса опасности). 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».

Интенсивность переноса всех поллютантов из ВСП в ЛРС оценивали с помощью КН (КН), который рассчитывали по формуле:

$$КН = \frac{C_{ЛРС} * 100}{C_{ВСП}},$$

где,  $C_{ЛРС}$  – содержание поллютанта в ЛРС;

$C_{ВСП}$  – содержание поллютанта в ВСП.

### **Исследование по загрязнению ВСП и ЛРС пестицидами**

Содержание нормируемых хлорорганических пестицидов (ДДТ, ГХЦГ, алдрин, гептахлор) 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 «Качество почвы. Определение содержания хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов» и ОФС.1.5.3.0011.15 «Определение содержания остаточных пестицидов в ЛРС и лекарственных растительных препаратах». Количественное определение поллютантов проводили на двух неподвижных

фазах различной полярности и использованием внешнего стандарта, в качестве которого использовали стандарты определяемых пестицидов.

### **Исследование по загрязнению ВСП и ЛРС искусственными и естественными РН**

В образцах ВСП и ЛРС определяли удельную активность (УА) основных долгоживущих искусственных РН (стронций-90, цезий-137) и распространенных естественных РН (торий-232, калий-40, радий-226) на спектрометре - радиометре МКГБ-01 «РАДЭК» с программным обеспечением «ASW» (зарегистрирован в Государственном реестре средств измерения РФ (№ 21730-13)). В блоках детектирования гамма-излучения в качестве детектора применяется сцинтиллятор NaI(Tl), в блоках детектирования альфа-излучения - сцинтиллятор ZnS(Ag), в блоках детектирования бета-излучения - сцинтиллятор из полистирола. Минимальная измеряемая удельная активность составляет 0,15-1,0 Бк/кг, расширенная неопределенность двух повторных измерений активностей не превышает 30%.

Определение удельной активности РН в почве осуществляли 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 удельной активности РН в ЛРС проводили в соответствии с первым вариантом измерений ОФС.1.5.3.0001.15 «Определение содержания радионуклидов в ЛРС и лекарственных растительных препаратах». Эффективную удельную активность (ЭУА) природных РН рассчитывали в соответствии с СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009».

Для определения в ЛРС ЭУА ( $A_{эфф\ ЛРС}$ ) природных РН изначально рассчитывали средние арифметические значения удельных активностей каждого РН ( $A_{cp}$ ) (калия-40, радия-226, тория-232):

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,09A_K$$

где  $A_{Ra}$ ,  $A_{Th}$ ,  $A_K$  - удельные активности радия-226, тория-232, калия-40; 1,3 и 0,09 - взвешивающие коэффициенты тория-232 и калия-40 соответственно по отношению к радию-226.

## **2. Оценка загрязнения почв и лекарственного растительного сырья тяжелыми металлами и мышьяком**

### **2.1. Результаты исследований почв на предмет загрязнения тяжелыми металлами и мышьяком**

Результаты определения содержания ТМ в ВСП приведены в таблице 1. Анализ полученных данных показывает, в целом, благополучное состояние ВСП в отношении загрязнения тяжелыми металлами.

Свинец – вещество 1 класса опасности. Кларковое число, отражающее среднее содержание элемента в почвах мира для свинца по А.П. Виноградову (1949 г.) составило 16 мг/кг, по Д.П. Малюга (1963 г.) – 10 мг/кг. Кларк свинца в почвах селитебных ландшафтов по В.А. Алексеенко (2014 г.) - 54,5 мг/кг. ПДК свинца в почвах составляет 32 мг/кг. Концентрация свинца в изучаемых образцах ВСП региона варьировала от 1,71 мг/кг до 34,57 мг/кг. При этом, для образцов, отобранных на контрольных территориях содержание элемента составило 4,10-4,74 мг/кг. В почвах агробиоценозов концентрация свинца характеризуется числовыми значениями от 1,71 мг/кг до 13,11 мг/кг. В ВСП урбанизированных территорий содержание свинца варьировало от 3,23 мг/кг до 34,57 мг/кг. Среди изучаемых образцов ВСП выявлено два, в которых оказалось превышено содержание свинца (отобранных вблизи периметрового ограждения Воронежского аэропорта и на расстоянии 700 м от предприятия машиностроения ООО «Бормаш»). Вероятной причиной загрязнения почв вблизи аэропорта является использование топлива для самолетов, содержащее высокие концентрации тетраэтилсвинца в качестве присадки для повышения октанового числа. Загрязнение почв вблизи предприятия машиностроения связано, на наш взгляд, с недостаточной очисткой выбросов предприятия, занятого изготовлением оборудования для предприятий нефтегазоперерабатывающей, химической, металлургической, энергетической, пищевой и других отраслей промышленности, где свинец входит в большинство сплавов для повышения прочности, твердости, антикоррозийных и антифрикционных свойств.

Для ртути, элемента 1 класса опасности, кларковое число по А.П. Виноградову (1949 г.) составляет 0,07 мг/кг, по Д.П. Малюга (1963 г.) – 0,03 мг/кг. Кларк ртути в почвах селитебных ландшафтов по В.А. Алексеенко (2014 г.) – 0,88 мг/кг. В отношении загрязнения ртутью все изучаемые образцы ВСП можно признать удовлетворительными, а содержание данного поллютанта крайне незначительным (не превышающим и 50% от ПДК). Так, концентрация элемента варьировала в отобранных на территории Воронежской области образцах от 0,01 мг/кг до 0,24 мг/кг. При этом, в ВСП контрольных территорий данный показатель принимал значения от 0,01 мг/кг до 0,04 мг/кг, агробиоценозов – от 0,01 мг/кг до 0,13 мг/кг, а для



урбанизированных территорий данный показатель варьировал от 0,01 мг/кг до 0,24 мг/кг, достигая наивысших значений в образцах, собранных вдоль железнодорожных путей, вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС», а также на улице г. Воронежа, что может объясняться промышленными и транспортными выбросами.

Кадмий – также металл 1 класса опасности. Кларк кадмия по А. П. Виноградову (1949 г.) составляет 5 мг/кг, по Д.П. Малюга (1963 г.) – 0,5 мг/кг. Кларк кадмия в почвах селитебных ландшафтов по В.А. Алексеенко (2014 г.) – 0,9 мг/кг. Концентрация кадмия в изучаемых образцах ВСП Воронежской области варьировала от 0,02 мг/кг до 0,71 мг/кг. При этом, для образцов, отобранных на контрольных территориях содержание элемента составило 0,02-0,07 мг/кг. В почвах агробиоценозов концентрация кадмия характеризуется числовыми значениями от 0,07 мг/кг до 0,34 мг/кг. В почвах урбанизированных территорий содержание металла варьировало от 0,04 мг/кг до 0,71 мг/кг. Наиболее высокое содержание кадмия (более 0,05 мг/кг) отмечено в следующих образцах: на расстоянии 700 м химического предприятия ОАО «Минудобрения» (кадмий, вероятно, используется в качестве катализатора при химическом синтезе и для производства удобрений, так как практически все они содержат незначительные примеси кадмия); на расстоянии 700 м от предприятия машиностроения ООО «Бормаш» (кадмий используется как антифрикционная, повышающая электро- и теплопроводность, а также износостойкость добавка в сплавы); вдоль и на расстоянии 100 м от трассы М4 в Рамонском районе (в данном случае повышение концентрации кадмия в почве можно связать с выбросами автотранспорта, а также с высоким с общим фоновым содержанием металла в почве).

Мышьяк – элемент-неметалл 1 класса опасности. Кларковское число для мышьяка по А.П. Виноградову (1949 г.) и по Д.П. Малюга (1963 г.) совпадает и составляет 5 мг/кг. Кларк мышьяка в почвах селитебных ландшафтов по В.А. Алексеенко (2014 г.) – 15,9 мг/кг. ПДК содержания мышьяка в почве составляет 2 мг/кг, согласно ГН 2.1.7.2041-06. Концентрация элемента варьировала в отобранных на территории Воронежской области образцах от 0,12 мг/кг до 3,81 мг/кг. При этом, в ВСП контрольных территорий данный показатель принимал значения от 0,55 мг/кг до 0,90 мг/кг, в почвах агробиоценозов – от 0,65 мг/кг до 1,34 мг/кг. Для урбанизированных территорий данный показатель варьировал от 0,12 мг/кг до 3,81 мг/кг, достигая наивысших значений, превышающих ПДК, в образцах, отобранных вблизи химического предприятия ОАО «Минудобрения», предприятия машиностроения ООО «Бормаш» (что связано, вероятно, с недостаточностью очистки выбросов предприятий), а также вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», которая более 70 лет работала на каменном угле, значительной примесью к которому являются соединения мышьяка.

Никель – металл 2 класса опасности. Кларк никеля по А.П. Виноградову (1949 г.) составляет 80 мг/кг, по Д.П. Малюга (1963 г.) – 40 мг/кг. Кларк никеля в почвах селитебных ландшафтов по В.А. Алексеенко (2014 г.) – 33 мг/кг. Концентрация никеля в изучаемых образцах ВСП Воронежской области варьировала от 1,46 мг/кг до 98,25 мг/кг. При этом, для образцов, отобранных на контрольных территориях содержание элемента составило от 2,24 мг/кг до 5,76 мг/кг. В почвах агробиоценозов концентрация никеля характеризуется числовым диапазоном от 1,46 мг/кг до 14,57 мг/кг. В почвах урбанизированных территорий содержание металла варьировало от 1,54 мг/кг до 98,25 мг/кг. Наиболее высокое содержание никеля отмечено в образце ВСП, отобранных вблизи предприятия ООО «Бормаш», занятого производством разных видов оборудования. Связать превышение ПДК металла можно вновь с недостаточной эффективностью очистки выбросов в атмосферу предприятием, которым данный элемент может добавляться к сплавам для создания высоких магнитных и электрических свойств, жаростойкости и коррозионной стойкостью, по которой никелевые сплавы превосходят коррозионностойкие стали. На территориях, на которых разведаны крупные месторождения сульфидных медно-никелевых руд, превышение ПДК никеля в ВСП не отмечается, а содержание элемента варьирует в районе средних значений концентраций металла в почвах области (для Эртильского и Борисоглебского районов) или даже вдвое меньше среднеобластных показателей (Елань-Колено, где планируется разработка месторождений).

Хром – также металл 2 класса опасности. Кларковое число для хрома по А.П. Виноградову (1949 г.) и по Д.П. Малюга (1963 г.) совпадает и составляет 200 мг/кг. Кларковое число металла в почвах селитебных ландшафтов по В.А. Алексеенко (2014 г.) – 80 мг/кг. Содержание хрома в ВСП Воронежской области варьировало от 2,53 мг/кг до 45,16 мг/кг, что можно считать невысоким уровнем. Наиболее низкие уровни концентраций хрома в ВСП выявлены для образцов, заготовленных на контрольных территориях – от 2,86 мг/кг до 4,62 мг/кг, для агробиоценозов области диапазон варьирования определяемых концентраций выше – от 2,53 до 12,88 мг/кг. Содержание хрома в ВСП урбанизированных территорий варьировало в более высоком диапазоне числовых значений - от 8,29 мг/кг до 45,16 мг/кг.

Кобальт – металл 2 класса опасности. Кларк кобальта по А.П. Виноградову (1949 г.) составляет 30 мг/кг, по Д.П. Малюга (1963 г.) – 10 мг/кг. Кларк металла в почвах селитебных ландшафтов по В.А. Алексеенко (2014 г.) – 14,1 мг/кг. Содержание кобальта в образцах почв Воронежской области варьировало от 1,84 мг/кг до 21,78 мг/кг. Наиболее низкие уровни концентраций хрома в ВСП выявлены для образцов, заготовленных на контрольных территориях – от 1,84 мг/кг до 2,99 мг/кг. Для агробиоценозов области содержание кобальта в почве отмечено на уровне от 4,02 до 10,04

мг/кг. Содержание кобальта в ВСП урбанизированных территорий характеризуется более высоким диапазоном числовых значений - от 2,22 мг/кг до 21,78 мг/кг. Наиболее высокая концентрация элемента отмечена в образце почв, отобранном на улице г. Воронежа.

Для меди, элемента 2 класса опасности, кларковое число по А.П. Виноградову (1949 г.) составляет 100 мг/кг, по Д.П. Малюга (1963 г.) – 20 мг/кг. Кларк ртути в почвах селитебных ландшафтов по В.А. Алексеенко (2014 г.) – 39 мг/кг. Ее фоновое содержание в почвах РФ варьирует от 8 мг/кг в дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах до 25 мг/кг в черноземах. Ориентировочно допустимая концентрация меди варьирует в зависимости от вида почвы от 33 мг/кг для песчаных и супесчаных почв до 132 мг/кг в почвах, близких к нейтральным. Концентрация меди в изучаемых образцах ВСП варьировала от 3,30 мг/кг до 65,38 мг/кг. При этом, для образцов, отобранных на контрольных территориях содержание элемента отличалось невысокими значениями - от 3,30 мг/кг до 7,41 мг/кг. В почвах агробиоценозов концентрация свинца характеризуется числовыми значениями от 9,34 мг/кг до 29,62 мг/кг. В ВСП урбанизированных территорий содержание меди варьировало от 4,67 мг/кг до 65,38 мг/кг. Наиболее высокие концентрации меди в ВСП выявлены вблизи предприятия ООО «Бормаш», вдоль автомагистрали М4 «Дон», а также вдоль и на удалении 100 м от железной дороги, что можно связать с недостаточной эффективностью очистки выбросов в атмосферу промышленных предприятий и транспорта.

Кларковое число для цинка по А.П. Виноградову (1949 г.) и по Д.П. Малюга (1963 г.) совпадает и составляет 50 мг/кг. Кларковое число металла в почвах селитебных ландшафтов по В.А. Алексеенко (2014 г.) – 158 мг/кг. Концентрация цинка в изучаемых образцах ВСП региона варьировала от 9,58 мг/кг до 154,45 мг/кг. В образцах контрольных территорий содержание элемента составило отмечено на уровне 11,48 мг/кг – 25,61 мг/кг. В почвах агробиоценозов концентрация цинка характеризуется числовыми значениями от 9,58 мг/кг до 47,93 мг/кг. В ВСП урбанизированных территорий содержание цинка варьировало от 17,00 мг/кг до 154,45 мг/кг. Наиболее высокие концентрации цинка (более 80 мг/кг) в почве выявлены вблизи промышленных предприятий ОАО «Минудобрения», ООО «Бормаш», вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук», на улице городов Воронеж, Калач, Борисоглебск, вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» в г. Воронеж, а также вдоль и на расстоянии 100 м от трассы М4 «Дон» в Рамонском районе, вдоль и расстоянии 200 м от трассы А 144 в Аннинском районе, вдоль и на расстоянии 200 м от трассы М4 «Дон» в Павловском районе, а также вдоль и на расстоянии 100 м от железной дороги. Причиной высокого содержания цинка в ВСП является, вероятно, недостаточная очистка выбросов промышленных предприятий, где цинк может использоваться в качестве

катализаторов химических процессов, может содержаться в качестве примесей в минеральных удобрениях или добавляются в качестве микроэлементов (на ОАО «Минудобрения»), для улучшения литейных и антикоррозийных свойств сплавов, а также снижения температуры плавления сплавов (на ООО «Бормаш»), а также при производстве каучуков для их вулканизации (ОАО «Воронежсинтезкаучук»). В придорожное пространство цинк может попадать в результате истирания различных деталей, эрозии оцинкованных поверхностей, износа шин, за счет использования в маслах присадок, содержащих этот металл. Массовая доля цинка в моторных маслах для бензиновых двигателей составляет 0,09 - 0,12 %, в маслах для дизельных двигателей - 0,05 – 0,1 %. В последнее время для борьбы с коррозией цинк широко используется за рубежом и интенсивно внедряется у нас оцинковка кузовных деталей автомобилей, прежде всего днища, что также влечет за собой дополнительное поступление цинка в придорожное пространство.

Таким образом, наибольшее влияние на состояние ВСП Воронежского региона оказывают предприятия ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», ОАО «Воронежсинтезкаучук», ТЭЦ «ВОГРЭС», а также автомобильные дороги и трассы и железнодорожные магистрали.

Для более полной оценки загрязнения ВСП региона были рассчитаны суммарные показатели загрязнения. Суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ) равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов-загрязнителей и выражен формулой:

$$Z_c = \sum (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n-1),$$

$$K_{ci} = C_i / C_{\text{ф}}, \text{ где}$$

$n$  - число определяемых суммируемых вещества;  $K_{ci}$  - коэффициент концентрации  $i$ -го компонента загрязнения,  $C_i$  — реальное содержание загрязняющего вещества в почве,  $C_{\text{ф}}$  — фоновое содержание.

Таблица 1

## Валовое содержание ТМиМ в образцах ВСП и суммарный показатель загрязнения

№ п/п	Территория заготовки образцов	Валовое содержание ТМ в почве, мг/ кг									Суммарный показатель загрязнения
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn	
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	4,10	0,04	0,02	0,90	2,24	3,90	2,99	3,30	11,48	-
2.	Территория Хоперского государственного заповедника	4,32	0,02	0,07	0,62	5,76	4,62	2,16	7,41	17,34	-
3.	Территория Теллермановского леса	4,74	0,01	0,03	0,55	2,85	2,86	1,84	6,84	25,61	-
	Среднее региональное фоновое	4,39	0,02	0,04	0,69	3,62	3,79	2,33	5,85	18,14	-
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	3,23	0,04	0,06	0,78	6,67	10,20	4,75	7,19	22,68	6
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	8,95	0,06	0,16	0,64	1,54	17,47	6,28	13,90	17,00	13
6.	Улица города Острогожск	7,66	0,03	0,19	0,92	10,83	23,41	7,26	16,46	42,70	19
7.	Улица города Семилуки	9,87	0,02	0,10	1,12	8,33	26,42	10,61	27,73	50,76	21
8.	Улица города Нововоронеж	4,45	0,09	0,02	0,75	2,23	8,29	4,42	4,67	13,87	5
9.	ВЛЭ (Каширский район)	12,63	0,05	0,25	1,41	20,12	14,13	8,40	7,97	66,12	23
10.	Агробиоценоз Лискинского района	7,82	0,05	0,34	0,73	1,46	9,56	9,32	17,86	9,58	16
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	1,71	0,07	0,25	0,99	8,95	12,70	5,45	9,34	30,21	14
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	3,23	0,03	0,24	0,92	13,84	4,48	7,37	26,94	26,63	16
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	4,62	0,07	0,26	0,68	1,35	8,40	10,04	29,62	28,90	17
14.	Агробиоценоз Грибановского района	6,20	0,02	0,07	1,29	11,83	4,19	4,04	18,00	35,71	9
15.	Агробиоценоз Хохольского района	3,50	0,03	0,18	0,81	12,14	6,61	7,00	15,47	41,84	13
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	4,43	0,01	0,21	1,06	4,84	2,53	4,02	10,55	17,85	7
17.	Агробиоценоз Репьевского района	3,22	0,09	0,17	1,18	6,20	7,25	9,90	9,36	21,09	13
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	2,77	0,06	0,10	0,65	7,30	4,00	5,10	23,39	14,78	9
19.	Агробиоценоз Панинского района	6,85	0,10	0,24	1,25	10,88	12,88	8,60	10,33	47,93	20
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	11,53	0,09	0,30	1,34	4,87	10,53	6,38	26,82	29,08	21
21.	Агробиоценоз Эртильского района	13,11	0,11	0,32	0,72	12,99	4,67	4,59	14,97	46,72	21
22.	Агробиоценоз Россошанского района	6,75	0,13	0,24	1,20	14,57	8,50	8,30	28,75	25,00	23
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	10,14	0,12	0,52	2,79	28,46	45,16	18,92	51,55	154,45	<b>62</b>
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	34,57	0,06	0,71	3,09	98,25	37,72	16,73	62,35	128,74	<b>87</b>
25.	Улица города Борисоглебск	12,35	0,05	0,47	1,11	14,94	25,28	10,53	24,63	95,45	<b>35</b>
26.	Улица города Калач	14,02	0,02	0,13	1,12	29,9	42,81	9,12	39,24	81,46	<b>36</b>
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	7,34	0,16	0,09	3,81	5,35	36,73	12,07	37,88	94,26	<b>36</b>
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	17,39	0,15	0,12	1,63	4,23	43,47	11,26	28,68	132,08	<b>37</b>
29.	На удалении 0-100 м от Воронежского водохранилища	11,91	0,14	0,16	1,45	8,45	18,10	7,31	7,94	37,13	20
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	33,80	0,12	0,21	1,57	15,53	24,62	6,29	28,05	25,91	<b>32</b>

31.	Улица города Воронеж	15,83	0,16	0,19	1,67	6,15	35,48	21,78	38,31	123,25	<b>43</b>
32.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	26,55	0,09	0,68	1,90	37,32	25,27	14,98	59,04	94,13	<b>60</b>
33.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	12,58	0,08	0,58	1,71	26,88	32,10	13,23	30,63	87,41	<b>47</b>
34.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	10,11	0,02	0,21	1,17	11,22	18,42	8,17	19,56	46,29	<b>19</b>
35.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	7,99	0,02	0,20	1,12	8,15	19,39	5,09	19,46	30,35	<b>16</b>
36.	0 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	24,8	0,02	0,34	1,34	39,39	26,93	10,53	42,73	105,59	<b>45</b>
37.	100 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	17,7	0,02	0,29	1,1	31,32	28,42	11,17	36,19	98,48	<b>38</b>
38.	200 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	13,77	0,02	0,13	0,81	22,4	23,41	10,21	31,64	86,24	<b>27</b>
39.	300 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	10,38	0,02	0,09	0,76	12,1	20,7	8,18	32,07	78,57	<b>21</b>
40.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	26,76	0,02	0,27	0,96	36,65	22,89	15,65	46,52	116,9	<b>44</b>
41.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	19,13	0,02	0,24	0,87	25,94	20,35	14,11	41,78	105,75	<b>36</b>
42.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	12,61	0,01	0,19	0,63	17,77	18,55	13,06	35,74	92,71	<b>28</b>
43.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	10,79	0,01	0,17	0,54	5,84	19,59	12,75	27,48	74,86	<b>21</b>
44.	0 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	10,69	0,02	0,13	1,14	4,83	16,64	7,85	27,85	54,84	<b>17</b>
45.	100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	4,10	0,01	0,09	0,98	3,91	12,52	6,17	26,75	50,65	<b>11</b>
46.	200 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	3,70	0,01	0,04	0,85	3,43	15,03	6,38	29,49	51,51	<b>11</b>
47.	300 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	3,34	0,01	0,04	0,67	3,04	11,07	6,27	21,52	36,78	<b>7</b>
48.	0 м от железнодорожных путей	20,23	0,24	0,30	0,91	28,03	18,30	12,81	65,38	90,87	<b>50</b>
49.	100 м от железнодорожных путей	6,16	0,06	0,22	0,75	15,62	14,24	9,63	58,03	83,74	<b>29</b>
50.	200 м от железнодорожных путей	3,85	0,07	0,45	0,42	10,24	10,53	4,09	42,84	74,39	<b>27</b>
51.	300 м от железнодорожных путей	3,03	0,02	0,40	0,12	6,26	9,42	2,22	31,40	64,80	<b>18</b>
<b>Среднее значение</b>		9,86	0,07	0,21	1,21	13,07	17,03	8,36	23,25	52,69	<b>26</b>
<b>Условный мировой кларк почв (по Д.П. Малюга, 1963)</b>		10,0	0,03	0,5	5,0	40,0	200,0	10,0	20,0	50,0	
<b>Кларки элементов почв селитебных ландшафтов (по В.А. Алексеев, 2014)</b>		54,5	0,88	0,9	15,9	33,0	80,0	14,1	39,0	158,0	

Оценка степени опасности загрязнения почв комплексом металлов по показателю Zс, отражающему дифференциацию загрязнения воздушного бассейна, проводится по оценочной шкале: допустимая - менее 16; умеренно опасная - 16 – 32; опасная - 32 – 128; чрезвычайно опасная - более 128.

При общем благополучии большего числа исследуемых почв по содержанию отдельных элементов, по суммарному показателю загрязнения выявлено, что допустимую степень загрязнения имеют лишь 10 образцов – собранные в п.г.т. Елань-Колено, п.г.т. Нижнедневицк, г. Нововоронеж, а также образцы, собранные в Ольховатском, Грибановском, Хохольском, Новохоперском, Репьевском, Воробьевском районах и на удалении более 100 м от дороги обычного типа. При этом самыми чистыми почвами региона можно считать почвы вблизи г. Нововоронеж, поселка Елань-Колено, в Новохоперском и Богучарском районах. Умеренно опасные почвы были выявлены в г. Острогожск, г. Семилуки, Лискинском, Подгоренском, Петропавловском, Панинском, Верхнехавском, Эртильском, Россошанском районах, вблизи высоковольтных линий электропередач, вдоль низовья Воронежского водохранилища, на удалении 200 м от автомобильных трассы М4 и А144, вдоль нескоростной автомобильной дороги, а также вдоль и на расстоянии 100-300 м от железной дороги. К опасным районам по суммарному показателю загрязнения ВСП согласно рассчитанным данным относятся г. Борисоглебск, г. Калач, улицы г. Воронеж, территории вблизи аэропорта, вблизи промышленных предприятий ОАО «Минудобрения», ООО «Бормаш» районе, ОАО «Воронежсинтезкаучук» в г. Воронеж, а также вдоль и на удалении 100 м от автотрасс М4 «Дон» и А144, вдоль железнодорожной магистрали.

## **2.2. Результаты исследований лекарственного растительного сырья тяжелыми металлами и мышьяком**

### **2.2.1. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в траве горца птичьего**

В траве горца птичьего, как и во всех видах ЛРС, нормируется содержание свинца, ртути, кадмия и мышьяка. Это наиболее опасные элементы, как так не являются биогенными, но имеют высокую токсичность и значительные темпы накопления в живой природе. Попадая в растительные организмы данные вещества активно связываются с аминокислотами и нуклеиновыми кислотами, нарушая функционирование ферментных систем и процесс биосинтеза белка. Поэтому для растений эволюционно необходимо было выработать механизмы, препятствующие захвату и накоплению данных элементов из почв, транспортированию их по системам и органам растения. Сравнивая данные по содержанию ТМ в ВСП региона и содержанию этих элементов в траве горца птичьего, можно

сделать вывод о наличии значительных физиологических барьеров, препятствующих накоплению элементов. Все отобранные образцы сырья горца птичьего соответствуют требованиям ГФ (табл. 2).

Содержание свинца в траве горца птичьего варьирует от 0,24 до 4,95 мг/кг при содержании в ВСП данного элемента от 1,71 до 34,57 мг/кг. При этом трава горца птичьего, произрастающая в условиях заповедных зон, содержала свинец на уровне 0,24-0,52 мг/кг, образцы, собранные вдоль сельскохозяйственных полей – 0,25-1,82 мг/кг, а в сырье, заготовленном в условиях урбанизации – 0,40-4,95 мг/кг. Наиболее высокие концентрации свинца отмечены в изучаемых образцах с территорий, расположенных вблизи ООО «Бормаш», аэропорта, вдоль трассы М4 и вдоль железной дороги. Сравнивая полученные значения с содержанием свинца в почвах районов, в которых производился сбор образцов, можно сделать вывод о малом накоплении металла травой горца птичьего. Полученные результаты можно связать с низкой растворимостью свинца в почвенном растворе, способностью его образовывать устойчивые комплексы с почвенными коллоидами, что делает элемент мало доступным для растения, а также с наличием физиологического барьера накопления свинца в данном растении, так как избыток элемента способен подавлять жизненно важные процессы дыхания, фотосинтеза в его организме.

Содержание ртути мало варьировало в зависимости от места заготовки травы горца птичьего и колебалось в диапазоне от 0,002 до 0,004 мг/кг, что более, чем в десять раз меньше ПДК, установленной ГФ в 0,1 мг/кг. Концентрация ртути в почвах районов произрастания анализируемых корней лопуха обыкновенного значительно больше – от 0,01 до 0,24 мг/кг. Полученные результаты можно объяснить тем, что ртуть способна образовывать прочные органические комплексы в почвенном растворе с гуминовыми кислотами, что делает ее мало доступной для растений. Кроме того, высокая токсичность металла (в силу ее способности блокировки сульфгидрильных групп аминокислот в активных центрах ферментов) стала причиной выработки у высших растений физиологического барьера к накоплению данного элемента.

Содержание кадмия в исследуемых образцах травы горца птичьего колеблется в диапазоне от 0 (т.е. концентрация ниже предела обнаружения) до 0,05 мг/кг, при том, что в большинстве образцов почв изучаемых территорий концентрация данного металла находится на уровне от 0,02 мг/кг до 0,71 мг/кг. Связать столь низкий уровень накопления кадмия данным видом сырья можно с наличием у растения выработавшегося механизма физиологической регуляции всасывания и проведения соединений данного металла по тканям и органам, что является основой их выживания в условиях техногенного загрязнения окружающей среды.



Таблица 2

Содержание ТМиМ в образцах травы горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Концентрация элемента, мг/ кг								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	0,24	0,002	0,01	0,06	1,75	1,41	0,75	4,37	24,48
2.	Территория Хоперского государственного заповедника	0,52	0,003	Отс.	0,04	2,75	2,30	0,86	8,37	34,58
3.	Территория Теллермановского леса (Борисоглебский район)	0,34	0,002	0,01	0,05	1,84	0,85	0,91	9,35	38,10
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	0,83	0,002	0,02	0,07	2,64	1,03	1,03	8,21	28,17
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	0,95	0,003	0,02	0,05	1,23	2,42	0,89	7,94	30,06
6.	Улица города Острогожск	0,94	0,002	Отс.	0,08	3,97	3,24	1,01	9,31	48,69
7.	Улица города Семилуки	1,26	0,003	0,02	0,09	3,24	1,95	1,21	10,27	55,74
8.	Улица города Нововоронеж	0,74	0,004	Отс.	0,06	2,04	1,85	0,87	6,15	37,37
9.	ВЛЭ (Каширский район)	1,72	0,002	0,02	0,11	3,75	3,61	0,78	5,28	42,56
10.	Агробиоценоз Лискинского района	0,92	0,002	0,03	0,06	1,63	2,16	1,04	11,43	19,37
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	0,25	0,002	0,01	0,09	4,63	1,86	0,74	8,27	37,16
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	0,83	0,003	0,02	0,07	4,34	1,03	1,26	12,36	45,28
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	0,79	0,003	0,02	0,06	1,57	1,94	1,36	11,80	42,50
14.	Агробиоценоз Грибановского района	0,97	0,002	0,01	0,10	3,81	2,58	1,05	10,41	53,16
15.	Агробиоценоз Хохольского района	1,46	0,002	0,01	0,07	3,85	2,81	0,68	13,38	57,27
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	1,18	0,003	0,01	0,10	2,96	0,68	1,04	12,86	42,70
17.	Агробиоценоз Репьевского района	0,73	0,003	0,02	0,10	4,91	1,89	0,97	9,25	37,17
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	0,46	0,003	0,01	0,05	4,29	1,36	0,63	13,93	30,62
19.	Агробиоценоз Панинского района	0,70	0,003	0,02	0,11	4,73	2,42	1,00	11,83	58,36
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	1,70	0,003	0,03	0,10	3,95	1,83	1,29	13,87	59,37
21.	Агробиоценоз Эртильского района	1,82	0,002	0,03	0,06	4,03	1,04	0,76	10,21	56,92
22.	Агробиоценоз Россошанского района	1,05	0,003	0,02	0,10	4,83	3,74	0,94	15,00	37,39
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	1,68	0,002	0,04	0,19	5,94	5,05	1,35	18,42	67,30
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	4,95	0,002	0,05	0,25	7,47	4,84	1,41	22,68	62,32
25.	Улица города Борисоглебск	1,93	0,003	0,04	0,11	3,73	3,90	1,08	13,64	57,49

26.	Улица города Калач	2,05	0,004	0,01	0,10	4,84	4,55	0,84	11,43	48,47
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	1,03	0,002	0,01	0,27	3,85	6,17	0,99	15,42	50,48
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	2,62	0,003	0,03	0,12	3,92	4,78	1,05	19,58	70,03
29.	На удалении 0-100 м от низовья Воронежского водохранилища	2,07	0,003	0,03	0,11	4,45	1,76	0,86	9,75	52,68
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж имени Петра I	4,59	0,004	0,03	0,11	4,79	3,01	1,13	9,94	43,21
31.	Улица города Воронеж	2,53	0,002	0,03	0,12	3,48	4,55	1,32	19,57	76,48
32.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	4,51	0,003	0,05	0,13	6,36	5,63	1,05	21,69	67,32
33.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	1,67	0,002	0,05	0,13	5,52	4,64	1,15	12,64	54,37
34.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	1,19	0,002	0,04	0,10	3,01	3,64	0,94	15,47	50,83
35.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,95	0,002	0,03	0,10	2,98	3,85	1,05	10,84	54,36
36.	0 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	3,02	0,003	0,04	0,11	5,27	5,43	1,45	18,45	67,36
37.	100 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	2,10	0,002	0,04	0,10	4,02	5,26	1,03	15,05	64,48
38.	200 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,35	0,003	0,04	0,07	3,65	4,16	1,08	17,42	50,39
39.	300 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,03	0,003	0,02	0,06	2,62	3,02	1,15	10,51	45,76
40.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	3,62	0,004	0,04	0,08	5,55	4,64	1,41	21,64	59,38
41.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	2,60	0,003	0,04	0,08	4,64	3,90	1,12	18,43	53,47
42.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,79	0,003	0,03	0,06	3,83	3,77	0,86	17,53	42,65
43.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,15	0,003	0,03	0,06	2,90	2,84	0,83	18,41	44,74
44.	0 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	1,04	0,004	0,04	0,10	4,68	2,44	1,23	10,53	46,40
45.	100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,53	0,004	0,03	0,09	3,02	2,12	1,17	13,60	43,80
46.	200 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,43	0,002	0,03	0,09	2,67	1,95	0,96	12,08	52,65
47.	300 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,40	0,002	0,02	0,07	2,03	1,90	0,97	11,90	49,26
48.	0 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	4,57	0,003	0,04	0,12	5,95	1,89	1,02	30,52	54,38
49.	100 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	1,35	0,003	0,04	0,11	5,02	1,78	1,06	32,64	40,64
50.	200 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,46	0,004	0,03	0,10	3,24	1,67	1,15	19,63	42,37
51.	300 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,41	0,003	0,03	0,10	2,46	1,04	0,85	12,90	48,65
<b>Среднее для Воронежской области</b>		1,53	0,003	0,03	0,10	3,82	2,91	1,03	13,85	48,60
<b>ПДК</b>		6,0	0,1	1,0	0,5	-				

Мышьяк в изученных образцах травы горца птичьего содержится на уровне от 0,04 мг/кг до 0,25 мг/кг, а в ВСП его концентрация принимает значения от 0,55 до 3,81 мг/кг, то есть в десятки раз меньше. Все это наглядно подтверждает теорию о регулировании на биохимическом уровне степени всасывания и накопления токсичных элементов из почвы. В образцах травы горца птичьего, произраставшего на контрольных территориях, лишенных антропогенного воздействия, характерна концентрация мышьяка от 0,04 мг/кг до 0,06 мг/кг. Сырье, заготовленное в агробиоценозах области, содержало от 0,06 мг/кг до 0,11 мг/кг, а в урбобиоценозах – от 0,05 мг/кг до 0,27 мг/кг мышьяка. Наибольшие значения концентраций элемента в траве горца птичьего отмечены для образцов, заготовленных вблизи ООО «Бормаш» в Поворинском районе и вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» в г. Воронеже, что можно связать с высоким содержанием его в почвах данных территорий.

Концентрация никеля в изучаемых образцах травы горца птичьего имела достаточно большие числовые значения и варьировала в зависимости от места сбора от 1,23 до 7,47 мг/кг. Содержание элемента в образцах, произраставших на контрольных территориях, составила 1,75-2,75 мг/кг, в агробиоценозах – 1,57-4,91 мг/кг, а на урбанизированных территориях – 1,23-7,47 мг/кг. Наибольшие концентрации металла отмечены вблизи предприятий ОАО «Минудобрения» и ООО «Бормаш». При низком уровне металла ВСП трава горца птичьего накапливала его в концентрациях, превышающих концентрацию в почве (например, в образцах, отобранные в Лискинском и Петропавловском районах). Никель входит в состав уреазы, разлагающей мочевины до аммиака и углекислого газа, активирует ряд ферментов – нитратредуктазу, гидрогеназу и другие, оказывает стабилизирующее влияние на структуру рибосом, участвует в перемещении азота и обеспечении им растительных тканей. При загрязнении почвы никелем (например, вблизи ООО «Бормаш» в Поворинском районе, вдоль трасс М4 и А144) сырье аккумулирует лишь десятую часть от содержания металла в ВСП, что указывает на наличие физиологического барьера по накоплению элемента – никель накапливается на некотором физиологически важном для обеспечения биохимических потребностей растения уровне.

Содержание хрома в образцах травы горца птичьего, произраставших на контрольных территориях, составила от 0,85 мг/кг до 2,30 мг/кг, в агробиоценозах - от 0,68 мг/кг до 2,81 мг/кг, а на урбанизированных территориях – от 0,67 мг/кг до 6,17 мг/кг. Уровень накопления хрома в траве горца птичьего является невысоким при сопоставлении с содержанием хрома в ВСП (от 2,53 мг/кг до 45,16 мг/кг), что указывает на наличие биохимических механизмов, препятствующих избыточному накоплению хрома в данном виде ЛРС. При этом, эссенциальная роль хрома в растениях изучена недостаточно, предполагается его участие в фотосинтезе и биосинтезе флавоноидов.

Содержание кобальта в изученных образцах травы горца птичьего варьирует в диапазоне от 0,74 мг/кг до 1,45 мг/кг при содержании в ВСП данного элемента от 1,71 до 34,57 мг/кг. Накопление данного металла мало зависело от места произрастания производящего растения. Так, трава горца птичьего, заготовленная в условиях заповедных зон, содержала кобальт на уровне 0,75-0,91 мг/кг, образцы, собранные вдоль сельскохозяйственных полей – 0,74-1,36 мг/кг, а сырье, заготовленное в условиях урбанизации – 0,78-1,45 мг/кг. Полученные данные показывают, что сырье накапливает некоторое необходимое количество кобальта, сохраняя при этом выраженный физиологический барьер при загрязнении среды данным металлом.

При содержании меди в почвах изучаемых территорий на уровне от 3,30 мг/кг до 65,38 мг/кг, концентрация элемента в изучаемых образцах травы горца птичьего варьировало от 4,37 мг/кг до 32,64 мг/кг. Отмечено, что данный вид ЛРС достаточно эффективно накапливает медь, особенно это заметно для образцов, собранных с территорий, отличающихся невысоким содержанием данного элемента в почве. Например, при концентрации в верхних слоях контрольных территорий почв 3,30 мг/кг – 7,41 мг/кг, в сырье медь определялась в количестве 4,37 мг/кг – 9,35 мг/кг). Для агробиоценозов отмечено более высокое содержание меди в ВСП (9,34 мг/кг – 29,64 мг/кг) и некоторое снижение темпов накопления ее в траве горца птичьего (8,27 мг/кг – 15,00 мг/кг). Тем не менее, заметна биоконцентрация меди в траве горца птичьего, что обусловлено биохимическими особенностями вида. Медь входит в состав активного центра ряда важнейших ферментов в биохимических превращениях фенольных соединений, ряда пигментов, некоторых витаминов. Медьсодержащие белки пластоцианины участвуют в фотосинтезе. В условиях урбанизированных территорий при еще более высоких концентрациях элемента в ВСП (от 4,67 мг/кг до 65,38 мг/кг), содержание его в сырье увеличивалось мало (от 5,28 мг/кг до 32,64 мг/кг). Особенно заметно наличие физиологического барьера при накоплении меди в ЛРС, собранном с территорий избыточного содержания металла в почве (например, для образцов, отобранных вблизи ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», в г. Калач, в г. Борисоглебск, г. Воронежа и др.). Для данных образцов значение концентрации меди в сырье почти в половину отличаются от содержания элемента в ВСП.

Особенности накопления цинка в траве горца птичьего схожи с концентрированием меди. Содержание цинка в изучаемых образцах травы горца птичьего варьировало от 19,37 мг/кг до 76,48 мг/кг, при концентрации металла в ВСП анализируемых территорий от 9,58 мг/кг до 154,45 мг/кг. Во всех образцах сырья, заготовленного на контрольных территориях, концентрация элемента (24,48 мг/кг – 38,10 мг/кг) значительно (примерно в 1,5-2 раза) превышало его содержание в почве. Также высокий (более 100%)

уровень накопления цинка травой горца птичьего из ВСП отмечен для образцов, произраставших в условиях агробиоценозов (от 19,37 мг/кг до 59,37 мг/кг). Это объясняется высокой подвижностью в почве и важной физиологической ролью элемента - он входит в состав более 300 ферментов, обеспечивающих метаболизм протеинов, нуклеиновых кислот, углеводов, фосфатов, растительных гормонов (ауксинов). В образцах, заготовленных на урбанизированных территориях, отмечены более высокие концентрации цинка от 28,17 мг/кг до 76,48 мг/кг, что показывает снижение эффективности накопления элемента (до 50%). Данный факт указывает на то, что цинк может аккумулироваться ЛРС до какого-то определенного (сравнительно высокого) уровня концентрации, после чего, вероятно, происходит активизация системы физиологического барьера накопления элемента, избыток которого также способен подавлять всасывание и проведение в корневой системе растения других жизненно важных элементов (железа и марганца), что ведет к подавлению важнейших биохимических процессов и замедлению роста растительного организма. Самое высокое содержание элемента (более 60 мг/кг) выявлено для образцов, отобранных вблизи предприятий ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», ОАО «Воронежсинтезкаучук», на улице г. Воронежа, вдоль автомобильных трасс М4 и А144. Для данных образцов нельзя исключать и возможность аэрозольного загрязнения металлом от выхлопных газов автомобилей и выбросов промышленных объектов.

### **2.2.2. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в траве полыни горькой**

Содержание элементов так называемой «страшной тройцы» - свинца, ртути, кадмия в отобранных образцах травы полыни горькой не превышает установленных ГФ норм (табл. 3).

Так, особенно низким оказалось содержание ртути в изучаемых образцах, которое варьировало от 0,002 мг/кг до 0,009 мг/кг. При этом концентрация ртути в почвах исследуемых районов в десятки раз больше – от 0,01 до 0,24 мг/кг. Известно, что в почве ртуть образует малорастворимые соединения, которые достаточно прочно удерживаются почвенными коллоидами, а потому не всасывается корневой системой растения. Также низкое содержание фитотоксичной ртути можно связать с наличием в растениях действующей системы инактивации токсикантов.

Таблица 3

Содержание ТМиМ в образцах травы полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Концентрация элемента, мг/ кг								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	0,32	0,005	0,03	0,34	0,93	0,65	0,24	12,69	25,63
2.	Территория Хоперского государственного природного заповедника	0,26	0,004	0,02	0,22	1,32	0,58	0,31	19,10	28,05
3.	Территория Теллермановского леса (Борисоглебский район)	0,28	0,005	0,04	0,20	0,72	0,87	0,20	15,47	23,75
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	0,42	0,005	0,05	0,39	1,92	0,40	0,26	12,64	26,98
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	0,52	0,006	0,07	0,31	0,83	0,52	0,35	15,64	19,00
6.	Улица города Острогожск	0,47	0,006	0,05	0,43	2,74	1,38	0,41	16,39	36,42
7.	Улица города Семилуки	0,60	0,004	0,08	0,45	1,53	0,99	0,27	21,85	39,61
8.	Улица города Нововоронеж	0,43	0,005	0,11	0,32	0,87	0,70	0,31	15,75	21,25
9.	ВЛЭ (Каширский район)	0,74	0,006	0,13	0,37	1,64	1,52	0,25	21,00	48,92
10.	Агробиоценоз Лискинского района	0,57	0,006	0,02	0,41	0,65	0,59	0,36	23,67	19,47
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	0,21	0,005	0,09	0,43	2,45	0,68	0,30	18,64	34,17
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	0,39	0,007	0,10	0,46	3,90	0,75	0,42	24,90	25,19
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	0,61	0,007	0,14	0,31	0,90	1,36	0,47	33,51	31,70
14.	Агробиоценоз Грибановского района	0,49	0,005	0,09	0,48	3,63	0,50	0,21	24,09	42,84
15.	Агробиоценоз Хохольского района	0,37	0,006	0,13	0,40	3,96	0,65	0,18	19,06	37,13
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	0,29	0,006	0,07	0,45	2,57	1,39	0,15	15,89	28,00
17.	Агробиоценоз Репьевского района	0,62	0,007	0,09	0,47	2,95	0,87	0,26	23,03	31,09
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	0,36	0,009	0,05	0,30	2,46	0,92	0,19	30,55	16,98
19.	Агробиоценоз Панинского района	0,53	0,008	0,15	0,39	3,24	1,35	0,29	15,97	37,10
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	0,73	0,006	0,16	0,43	1,67	0,82	0,20	19,69	32,65
21.	Агробиоценоз Эртильского района	0,80	0,007	0,05	0,35	3,12	0,23	0,15	23,85	42,50
22.	Агробиоценоз Россошанского района	0,45	0,008	0,12	0,46	3,44	0,79	0,36	22,07	36,27
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	0,62	0,009	0,41	<b>0,96</b>	4,21	3,98	0,57	36,54	115,36
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	1,79	0,009	0,31	<b>1,20</b>	5,24	2,97	0,42	45,37	87,43
25.	Улица города Борисоглебск	1,22	0,008	0,26	0,47	2,45	1,84	0,64	26,96	72,94

26.	Улица города Калач	0,93	0,009	0,13	0,45	3,74	2,12	0,41	21,08	59,21
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	0,52	0,009	0,56	<b>0,90</b>	2,21	2,56	0,72	18,32	87,26
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	0,85	0,009	0,32	<b>0,57</b>	1,93	2,62	0,51	25,70	96,49
29.	На удалении 0-100 м от низовья Воронежского водохранилища	0,71	0,006	0,02	<b>0,52</b>	2,34	0,82	0,16	16,92	32,50
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж имени Петра I	0,95	0,007	0,09	<b>0,55</b>	3,08	1,28	0,31	19,49	28,38
31.	Улица города Воронеж	1,71	0,007	0,54	<b>0,63</b>	2,61	2,86	0,97	42,86	101,64
32.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	2,04	0,007	0,56	<b>0,73</b>	4,23	2,15	1,16	37,86	81,07
33.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,75	0,008	0,42	<b>0,65</b>	4,10	1,80	0,53	21,96	59,29
34.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,54	0,008	0,12	0,43	2,61	0,72	0,26	18,51	36,64
35.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,54	0,008	0,09	0,41	2,10	0,84	0,17	18,05	32,61
36.	0 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,46	0,009	0,30	<b>0,54</b>	2,96	1,74	0,95	29,50	80,20
37.	100 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,81	0,009	0,20	0,42	2,88	1,65	0,72	21,87	63,86
38.	200 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,51	0,007	0,18	0,34	2,46	1,12	0,46	16,89	62,97
39.	300 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,50	0,007	0,09	0,31	2,01	0,75	0,23	15,20	60,27
40.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,84	0,007	0,40	0,42	4,42	1,41	0,83	32,94	91,48
41.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,04	0,007	0,32	0,41	3,64	1,05	0,61	28,29	80,49
42.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,54	0,007	0,23	0,31	3,05	0,84	0,49	21,05	64,18
43.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,38	0,007	0,12	0,24	2,36	0,91	0,25	17,84	52,85
44.	0 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,97	0,009	0,16	0,42	1,23	0,64	0,39	18,72	39,15
45.	100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,66	0,008	0,09	0,36	1,20	0,72	0,21	13,75	44,71
46.	200 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,68	0,007	0,03	0,31	1,13	0,54	0,32	17,80	41,59
47.	300 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,56	0,007	0,08	0,31	1,13	0,64	0,28	16,16	35,90
48.	0 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	1,32	0,009	0,28	<b>0,68</b>	4,26	0,85	0,60	42,82	69,39
49.	100 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	1,10	0,009	0,13	<b>0,59</b>	4,23	0,64	0,31	21,98	52,10
50.	200 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,73	0,007	0,15	0,43	2,13	0,54	0,26	18,05	52,70
51.	300 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,67	0,007	0,10	0,39	1,24	0,59	0,32	17,05	51,64
<b>Среднее для Воронежской области</b>		0,73	0,007	0,17	0,46	2,52	1,17	0,40	22,45	49,39
<b>ПДК</b>		6,0	0,1	1,0	0,5	-				

Концентрация свинца в изучаемых образцах варьировала от 0,21 мг/кг до 2,04 мг/кг. Содержание элемента в почвах районов, в которых производился сбор образцов, отмечено на уровне от 1,71 до 34,57 мг/кг. Вероятно, низкий уровень накопления свинца в надземной части полыни горькой связан с тем, что его соединения в почве малорастворимы, что ограничивает биодоступность металла для растения. Кроме того, возможно предположить наличие физиологического барьера в растении, препятствующего накоплению данного фитотоксиканта, вызывающего в большом количестве выраженное ингибирование процессов роста и развития растения. Стоит также отметить, что для агробиоценозов отмечены менее значительные концентрации свинца в траве полыни горькой (0,21-0,80 мг/кг), для урбобиоценозов – более значительные. При этом наибольшие концентрации металла (более 1,0 мг/кг) отмечены для образцов, собранных вблизи ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш», в городах с развитой инфраструктурой (Борисоглебск, Воронеж), вдоль и на удалении 100-200 м от крупных автотрасс, вдоль железной дороги. В связи с этим можно предположить значительное аэрозольное загрязнение свинцом травы полыни горькой, собранной в урбобиоценозах.

Концентрация кадмия в исследуемом сырье варьировала от 0,02 мг/кг (в образце заповедной зоны) до 0,56 мг/кг (в образце, собранном вдоль трассы М4 в Рамонском районе). Содержание кадмия в почве исследуемых районов составило 0,02 мг/кг – 0,72 мг/кг. При этом, для образцов, собранных в условиях заповедных территорий и агробиоценозов характерно низкое накопление кадмия – его концентрация в сырье не превышает 0,13 мг/кг. Образцы, собранные в условиях урбобиоценозов (на улицах городов Воронеж, Калач, Борисоглебск, вблизи крупных автомобильных трасс и железной дороги, вблизи промышленных предприятий) содержат более высокие концентрации данного металла – более 0,2 мг/кг. Кадмий является главным блокатором основных ферментных и антиоксидантных систем в растении, вероятно, у полыни горькой в процессе эволюции выработался механизм физиологической регуляции всасывания и проведения соединений данного металла по тканям и органам растения, что является основой их выживания в условиях техногенного загрязнения окружающей среды данным элементом. При этом более высокие концентрации кадмия в образцах, собранных в урбобиоценозах, можно связать с аэрозольным загрязнением надземной части растения токсичным металлом.

Содержание мышьяка оказалось превышающий ПДК в 12 образцах травы полыни горькой (в образцах, собранных вблизи химических предприятий ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш», ОАО «Воронежсинтезкаучук», вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», на улице города Воронеж и вдоль Воронежского водохранилища, вблизи аэропорта, вдоль и на удалении 100 м от трассы М4 и от железной дороги в Рамонском районе,



вдоль трассы А144). При этом концентрация мышьяка в исследуемых образцах варьировала от 0,20 мг/кг до 1,20 мг/кг. Концентрация мышьяка в ВСП исследуемых районов гораздо значительнее - от 0,55 мг/кг до 3,81 мг/кг. Известно, что соединения мышьяка обладают низкой растворимостью и подвижностью в почве, что связано с их сорбцией на поверхности органическими и минеральными коллоидами, поэтому мышьяк - малодоступный для растений элемент. С увеличением содержания его соединений в почве возможно развитие токсического действия на растительные организмы: увядание листьев, замедление темпов роста. Поэтому можно предположить наличие у полыни горькой биохимических механизмов, препятствующих накоплению мышьяка. Более высокие концентрации, в том числе все, превышающие нормы, установленные НД, отмечены для образцов урбобиоценозов и вновь могут быть связаны с аэрозольным загрязнением надземной части растения токсичным элементом.

Минимальная концентрация никеля в траве полыни горькой (0,72 мг/кг) отмечена для образца, собранного на территории Теллермановского леса в Борисоглебском районе, максимальная (5,24 мг/кг) – в образце сырья, произраставшего вблизи ООО «Бормаш» в Поворинском районе. Концентрация никеля в почвах изучаемых территорий варьировала от 2,23 мг/кг до 98,25 мг/кг. Никель находится в почве преимущественно в виде растворимых соединений, однако, накопление никеля в траве полыни горькой можно отнести к незначительному. В больших концентрациях никель оказывает токсическое действие на растительный организм, способствует угнетению процессов фотосинтеза и транспирации. Вероятно, у полыни горькой выработался физиологический барьер к накоплению никеля в высоких концентрациях. При этом более высокие концентрации (более 4 мг/кг) элемента отмечены в образцах, произрастающих в урбобиоценозах области (вблизи химических предприятий ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш», вдоль и на удалении 100 м от трассы М4 и от железной дороги, вдоль трассы М4 в Рамонском районе), что вероятно, связано со значительным вкладом аэрозольного пути загрязнения сырья.

Хром и кобальт также относятся к элементам незначительного накопления в траве полыни горькой. Содержание хрома в анализируемых образцах варьирует от 0,58 мг/кг (в образце, собранном в Хоперском заповеднике в Новохоперском районе области) до 3,98 мг/кг (в образце, собранном вблизи химического предприятия ОАО «Минудобрения»). Для образцов сырья, собранных в условиях агробиоценозов, концентрация хрома не превышает 1,52 мг/кг. Концентрации хрома в ВСП рассматриваемых территорий принимала значения от 2,53 мг/кг до 45,16 мг/кг. Хром фитотоксичен, что проявляется в повреждении корней растения, а также увядании его надземной части, хлорозе молодых листьев. Вероятно, накопление данного металла блокируется растением на биохимическом

уровне, что является его эволюционно выработанным приспособлением к жизни в условиях загрязнения среды обитания.

Минимальная концентрация кобальта в анализируемом сырье – 0,21 мг/кг - отмечена для образца травы полыни горькой, произраставшего в Грибановском районе, максимальная – 1,16 мг/кг - для образца, собранного вдоль трассы М4 в Рамонском районе. Концентрация кобальта в почвах области гораздо значительнее - от 1,84 мг/кг до 21,78 мг/кг. В образцах контрольных территорий и агробиоценозов также отмечены более низкие уровни концентраций данного металла, чем для образцов урбанизированных территорий, что при низком уровне накопления элемента в сырье может доказывать дополнительное аэрозольное загрязнение сырья.

Трава полыни горькой проявляет активные накопительные способности в отношении меди и цинка. Так, концентрация меди в исследуемых образцах варьирует от 12,69 мг/кг (в образце, произраставшем в Воронежском биосферном заповеднике) до 45,37 мг/кг (в образце, собранном вдоль трассы М4 в Рамонском районе) при среднем значении содержания металла в растении 22,53 мг/кг. Содержание меди в ВСП изучаемых территорий изменялось от 3,30 мг/кг до 65,38 мг/кг при среднем 23,25 мг/кг. В ряде (в 20 из 51) образцов травы полыни горькой, особенно произраставших на контрольных территориях и в условиях агробиоценозов, концентрация данного элемента в сырье выше (в некоторых случаях в 2-4 раза), чем в почвах соответствующих районов.

Среднее содержание цинка в изученных образцах травы полыни горькой – 49,39 мг/кг. Минимальная его концентрация – 19,00 мг/кг - отмечена для образца сырья из Нижедевицкого района, максимальная – 115,36 мг/кг – для образца, собранного вблизи химического предприятия ОАО «Минудобрения». Содержание цинка в ВСП области варьировало от 9,58 мг/кг до 154,45 мг/кг при среднем значении по региону 52,69 мг/кг. В трети изученных образцов (в 17 из 51) концентрация металла в траве полыни горькой оказалось выше, чем в почве мест произрастания. Вероятно, это связано со значительной физиологической потребностью растения в данном элементе. Так, цинк активирует более 300 ферментов, участвует в образовании хлорофилла, является составной частью более 40 ферментов, активизирует метаболизм углеводов, протеинов, фосфатов, повышает устойчивость к патогенам, жаро- и засухоустойчивость. Для цинка, как и для меди, заметных физиологических барьеров накопления элементов из почв травой полыни горькой не отмечено: при повышении концентрации металла в почве содержание его в ЛРС также заметно увеличивалось.

### **2.2.3. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в траве тысячелистника обыкновенного**

Содержание свинца во всех отобранных образцах травы тысячелистника обыкновенного не превышала установленный ГФ числовой показатель в 6 мг/кг (табл. 4). Концентрация данного элемента в сырье, собранном на контрольных территориях варьировала от 0,22 мг/кг до 0,32 мг/кг, при этом в сырье с остальных районов, подверженных антропогенному воздействию, содержание металла колебалось от 0,25 мг/кг (для образца, собранного вдоль пашен в Новохоперском районе) до 2,37 мг/кг (для образца, собранного вдоль трассы А144 в Аннинском районе). Концентрация элемента в почвах районов, в которых производился сбор образцов, отмечена на уровне от 1,71 до 34,57 мг/кг. Связать достаточно низкое накопление свинца в надземной части тысячелистника обыкновенного можно с тем, что соединения его малорастворимы, что может ограничивать его биодоступность для растения. Кроме того, возможно предположить наличие физиологического барьера в растении, препятствующего накоплению данного фитотоксиканта, вызывающего в большом количестве выраженное ингибирование процессов роста и развития растения.

Содержание ртути в образцах травы тысячелистника обыкновенного варьировало от 0,002 мг/кг до 0,005 мг/кг, при установленной ПДК в ЛРС 0,1 мг/кг. Содержание ртути в почвах исследуемых районов в десятки раз больше – от 0,01 до 0,24 мг/кг. В почве ртуть образует малорастворимые соединения, которые достаточно прочно удерживаются почвенными коллоидами. Также низкое содержание фитотоксичной ртути можно связать с наличием в растениях действующей системы инактивации токсикантов.

Концентрация кадмия в траве тысячелистника обыкновенного, собранной на территории Воронежской области колебалась от 0,01 мг/кг до 0,11 мг/кг при среднем содержании 0,04 мг/кг, что в 25 раз меньше его ПДК в растительном сырье (1,0 мг/кг), а также значительно меньше концентрации элемента в почве 0,02-0,71 мг/кг. При этом более высокие концентрации вновь отмечены в урбоценозах – вблизи ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш», вблизи автотрасс (М4, А144), вдоль железной дороги. При этом более высокие концентрации кадмия вновь отмечены для образцов, собранных в урбоценозах – вблизи крупных химических предприятий (ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш»), вдоль и вблизи автотрасс (М4, А144), вдоль железной дороги, что можно связать с аэрозольным загрязнением надземной части растения токсичным металлом.

Таблица 4

Содержание ТМиМ в образцах травы тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Концентрация элемента, мг/ кг								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	0,26	0,003	0,02	0,24	0,78	0,30	0,21	6,69	19,63
2.	Территория Хоперского государственного природного заповедника	0,32	0,003	0,03	0,18	1,08	0,32	0,18	7,62	21,86
3.	Территория Теллермановского леса (Борисоглебский район)	0,22	0,002	0,01	0,19	0,56	0,19	0,16	8,26	26,17
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	0,27	0,004	0,02	0,20	1,45	0,37	0,19	9,47	25,63
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	0,42	0,002	0,04	0,17	0,67	0,42	0,49	10,84	19,09
6.	Улица города Острогожск	0,58	0,003	0,03	0,26	2,85	0,50	0,51	12,47	38,53
7.	Улица города Семилуки	0,61	0,004	0,03	0,28	2,61	0,62	0,58	16,91	37,95
8.	Улица города Нововоронеж	0,28	0,002	0,02	0,20	0,95	0,37	0,23	7,48	27,59
9.	ВЛЭ (Каширский район)	0,36	0,003	0,04	0,30	1,53	0,69	0,50	8,52	25,75
10.	Агробиоценоз Лискинского района	0,39	0,004	0,02	0,21	0,77	0,40	0,38	14,83	22,65
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	0,28	0,003	0,02	0,25	2,06	0,71	0,18	11,17	23,89
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	0,36	0,004	0,03	0,24	3,57	0,18	0,27	12,63	24,01
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	0,28	0,003	0,01	0,21	0,59	0,60	0,47	14,15	26,30
14.	Агробиоценоз Грибановского района	0,33	0,003	0,02	0,29	1,60	0,23	0,16	11,92	18,83
15.	Агробиоценоз Хохольского района	0,30	0,003	0,03	0,23	2,49	0,42	0,52	13,07	25,62
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	0,25	0,004	0,02	0,25	1,78	0,16	0,20	9,38	19,86
17.	Агробиоценоз Репьевского района	0,32	0,003	0,02	0,29	1,56	0,37	0,62	17,52	26,85
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	0,26	0,003	0,02	0,17	2,10	0,35	0,35	14,28	24,84
19.	Агробиоценоз Панинского района	0,34	0,003	0,04	0,22	1,89	0,59	0,52	13,53	18,37
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	0,27	0,004	0,05	0,23	0,94	0,61	0,40	18,19	27,47
21.	Агробиоценоз Эртильского района	0,48	0,004	0,04	0,19	1,30	0,58	0,26	16,31	19,53
22.	Агробиоценоз Россошанского района	0,42	0,003	0,04	0,25	2,12	0,53	0,61	15,85	27,52
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	1,27	0,003	0,09	<b>0,61</b>	3,56	2,17	1,27	25,95	48,98
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	2,00	0,004	0,11	<b>0,78</b>	4,85	1,89	1,02	34,71	42,50
25.	Улица города Борисоглебск	1,41	0,004	0,07	0,31	1,60	0,87	0,86	17,85	36,96

26.	Улица города Калач	1,08	0,002	0,05	0,30	2,84	1,16	0,92	28,48	37,70
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	0,83	0,004	0,04	<b>0,77</b>	2,13	2,39	1,03	19,10	46,15
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	1,13	0,004	0,05	0,45	1,04	1,90	0,83	20,80	49,05
29.	На удалении 0-100 м от низовья Воронежского водохранилища	0,28	0,002	0,03	0,38	2,56	0,52	0,32	9,61	27,37
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж имени Петра I	1,72	0,005	0,04	0,39	2,40	0,47	0,29	17,31	25,27
31.	Улица города Воронеж	1,80	0,003	0,08	0,43	4,20	2,31	1,62	27,38	55,85
32.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	2,08	0,005	0,06	0,47	4,65	1,86	0,75	31,49	50,38
33.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	1,33	0,005	0,04	0,43	3,29	1,67	0,53	19,64	39,65
34.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,69	0,004	0,02	0,30	2,76	0,93	0,42	17,53	27,51
35.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,30	0,004	0,02	0,30	2,12	0,91	0,28	14,97	26,37
36.	0 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	2,37	0,005	0,07	0,40	4,53	1,63	0,65	26,91	48,04
37.	100 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,85	0,005	0,04	0,33	4,10	1,16	0,56	19,20	45,03
38.	200 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,26	0,004	0,04	0,27	3,27	0,85	0,41	17,33	35,61
39.	300 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,49	0,003	0,02	0,20	2,21	0,62	0,30	15,42	28,44
40.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,86	0,005	0,08	0,27	4,93	0,87	0,79	28,92	46,03
41.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,50	0,005	0,06	0,25	4,36	0,76	0,72	21,57	43,74
42.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,18	0,004	0,02	0,17	3,52	0,69	0,53	15,63	37,63
43.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,70	0,004	0,01	0,17	2,90	0,48	0,37	12,74	29,81
44.	0 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,76	0,003	0,03	0,30	1,54	0,54	0,45	12,75	29,30
45.	100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,42	0,004	0,02	0,30	1,65	0,55	0,38	14,25	23,28
46.	200 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,31	0,004	0,02	0,27	1,12	0,41	0,40	13,72	17,10
47.	300 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,37	0,004	0,02	0,20	0,78	0,42	0,31	10,10	22,39
48.	0 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	1,71	0,004	0,10	0,48	4,34	1,04	0,69	30,51	49,90
49.	100 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,88	0,004	0,08	0,41	3,62	0,85	0,34	23,04	41,92
50.	200 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,45	0,004	0,05	0,35	2,29	0,53	0,38	16,53	28,64
51.	300 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,35	0,004	0,02	0,35	1,96	0,61	0,29	12,08	15,82
<b>Среднее для Воронежской области</b>		0,78	0,004	0,04	0,31	2,36	0,80	0,50	16,60	31,46
<b>ПДК</b>		6,0	0,1	1,0	0,5	-				

Концентрацию мышьяка в траве тысячелистника обыкновенного можно оценить как высокую. Так, в 3 образцах из 51 превышена ПДК элемента, установленная ГФ в 0,5 мг/кг (в образцах, собранных вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш»). Средняя же концентрация элемента в траве тысячелистника обыкновенного составила 0,31 мг/кг и варьировала от 0,17 мг/кг до 0,78 мг/кг. Концентрация мышьяка в ВСП гораздо значительнее - от 0,55 мг/кг до 3,81 мг/кг. Известно, что соединения мышьяка обладают низкой растворимостью и подвижностью в почве, что связано с их сорбцией на поверхности органическими и минеральными коллоидами, поэтому мышьяк - малодоступный для растений элемент. С увеличением содержания его соединений в почве возможно развитие токсического действия на растительные организмы: увядание листьев, замедление темпов роста.

Средний уровень содержания никеля в траве тысячелистника обыкновенного оценивается в 2,36 мг/кг при колебании его от 0,56 мг/кг (для образца, собранного в заповедной зоне в Борисоглебском районе) до 4,85 мг/кг (для образца, собранного вблизи ООО «БорМаш» в Поворинском районе). ПДК никеля, а также хрома, кобальта, меди и цинка, определяемых нами, в ЛРС в настоящее время не нормируется, хотя широко известно об их токсическом действии на живые организмы. Концентрация никеля в почвах изучаемых территорий принимала значения от 2,23 мг/кг до 98,25 мг/кг. Сопоставляя полученные данные, заметно, что данный элемент также незначительно накапливается в надземной части тысячелистника обыкновенного, хотя соли никеля находятся преимущественно в растворенном состоянии в почвенном растворе. Известно, что в значительных концентрациях никель оказывает токсическое действие на растительный организм, способствует угнетению процессов фотосинтеза и транспирации. Вероятно, у тысячелистника обыкновенного выработался физиологический барьер к накоплению никеля в высоких концентрациях. Для никеля также отмечено более высокое содержание в образцах, собранных в урбобиоценозах с активной хозяйственной деятельностью человека - вблизи крупных химических предприятий (ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш»), на улице города Воронежа, вдоль и вблизи автотрасс (М4, А144), вдоль железной дороги, что подтверждает предположение о значительном вкладе аэрозольного загрязнения ЛРС.

Содержание хрома в изучаемых образцах травы тысячелистника обыкновенного варьировала от 0,16 мг/кг (для образца, отобранного в Новохоперском районе) до 2,39 мг/кг (для образца, отобранного вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС») при среднем значении 0,80 мг/кг. Концентрации хрома в ВСП рассматриваемых территорий принимала значения от 2,53 мг/кг до 45,16 мг/кг. Фитотоксичность хрома проявляется в повреждении корней растения, а также увядании его надземной части, хлорозе молодых листьев. Очевидно,

что накопление данного металла блокируется растением на биохимическом уровне, что является его эволюционно выработанным приспособлением к жизни в условиях загрязнения среды обитания. При анализе полученных результатов также отмечаются значительно более низкие концентрации хрома в образцах травы тысячелистника обыкновенного, собранного на контрольных территориях и в агробиоценозах. Здесь содержание металла не превышало 0,71 мг/кг. В урбобиоценозах концентрация хрома в надземной части тысячелистника обыкновенного значительно выше.

Средняя концентрация кобальта и его уровень накопления в траве тысячелистника обыкновенного еще более низкие, чем для хрома. Так, содержание кобальта в изучаемых образцах варьировало от 0,16 мг/кг (для образца, отобранного на территории Теллермановского леса в Борисоглебском районе) до 1,62 мг/кг (для образца, собранного на улице города Воронежа) при среднем уровне накопления в сырье Воронежской области 0,50 мг/кг. Концентрация его в ВСП характеризуется значениями от 1,84 мг/кг до 21,78 мг/кг, что свидетельствует о низком уровне накопления кобальта травой тысячелистника обыкновенного. В образцах контрольных территорий и агробиоценозов также отмечены более низкие уровни концентраций данного металла, чем для образцов урбанизированных территорий, что может доказывать аэрозольное загрязнение сырья.

Проведенные анализы показали, что трава тысячелистника обыкновенного в значительной степени накапливает медь и цинк. Так, концентрация меди варьировала от 6,69 мг/кг (для образца, отобранного в Воронежском биосферном заповеднике) до 34,71 мг/кг (для образца, собранного вблизи ООО «БорМаш» в с. Пески Поворинского района) при среднем содержании в регионе 16,60 мг/кг. Содержание меди в ВСП изучаемых территорий изменялось от 3,30 мг/кг до 65,38 мг/кг при среднем 23,25 мг/кг. При этом для ряда образцов отмечена более высокая концентрация меди в сырье, чем в почве, на которой оно произрастало (например, для травы тысячелистника обыкновенного, собранного на всех контрольных территориях (в заповедных зонах), в с. Елань-Колено, в Нововоронеже, в Эртиле, в Репьевском, Ольховатском, Панинском районах, вдоль низовья Воронежского водохранилища). Это указывает на значительную концентрирующую способность ЛРС в отношении меди, которая, по-видимому, играет важную физиологическую роль в растительном организме. Известно, что медь участвует в процессе фотосинтеза, активизирует углеводный и азотный обмены, повышает сопротивляемость растительного организма к инфекционным заболеваниям, увеличивает засухоустойчивость. Однако на высоком содержании меди в почвах некоторых урбанизированных территорий (вблизи ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш», на улице города Воронежа, вдоль и вблизи крупных автомобильных дорог (М4, А144), вдоль железной дороги) содержание

элемента в растении гораздо ниже, что говорит о накоплении данного металла в тысячелистнике обыкновенном до какого-то физиологически важного уровня, а далее его концентрирование растением блокируется. Объяснить это можно тем, что высокие концентрации меди могут вызывать дефицит железа в растительном организме, появление бурых пятен на листьях и их отмирание.

Концентрация цинка в изучаемых образцах травы тысячелистника обыкновенного принимала значения от 18,83 мг/кг (для образца, отобранного в Грибановском районе) до 55,85 мг/кг (для образца, собранного на улице города Воронежа) и в среднем составила 31,36 мг/кг. Сопоставляя полученные результаты с данными по почвам (содержание цинка варьировало от 9,58 мг/кг до 154,45 мг/кг при среднем значении по региону 52,69 мг/кг), также можно отметить значительное накопление элемента в сырье. Например, для образцов травы тысячелистника обыкновенного, собранного на заповедных территориях, в Нижнедевицком, Лискинском, Новохоперском, Воробьевском, Россошанском районах, в с. Елань-Колено отмечено содержание цинка в ЛРС выше, чем в почве, на которой оно выросло. Но при значительном содержании цинка в ВСП урбоценозов (на улицах крупных городов с развитой хозяйственной деятельностью человека (Калач, Борисоглебск, Воронеж, вблизи крупных дорог, предприятий), в растении металл накапливается в меньшей степени (на уровне 40-55 мг/кг), что вероятно связано с токсическим действием его избытка в растительном организме.

#### **2.2.4. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в траве пустырника пятилопастного**

Концентрация свинца во всех образцах травы пустырника пятилопастного не превышала установленный ГФ числовой показатель (табл. 5). Концентрация данного металла в сырье, собранном на контрольных территориях варьировала от 0,17 мг/кг до 0,34 мг/кг, при этом в остальном сырье содержание металла колебалось от 0,17 мг/кг (для образца, собранного в Ольховатском районе) до 2,59 мг/кг (для образца, собранного на улице Воронежа). Концентрация элемента в почвах районов, в которых производился сбор образцов, отмечена на уровне от 1,71 до 34,57 мг/кг. Связать достаточно низкое накопление свинца в надземной части пустырника пятилопастного можно с тем, что соединения его малорастворимы, что может ограничивать его биодоступность для растения.

Стоит также отметить, что для агробиоценозов отмечены менее значительные концентрации свинца в траве пустырника пятилопастного (0,17-0,42 мг/кг), для урбобиоценозов – более значительные. Так, наибольшие концентрации свинца (более 1,0 мг/кг) отмечены для образцов,



собранных вблизи химических предприятий (ОАО «Воронежсинтезкаучук», ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш»), на улице города Воронежа, вдоль и на удалении 100 м от трассы М4 в Рамонском районе, вдоль и на удалении 200 м от трасс А144 в Аннинском районе и М4 в Павловском районе, вдоль железной дороги. В связи с этим можно предположить значительное аэрозольное загрязнение свинцом травы пустырника пятилопастного, собранного в урбобиоценозах (вероятно, от выхлопных газов транспорта, выбросов промышленных предприятий).

Содержание ртути в образцах травы пустырника пятилопастного варьировало от 0,002 мг/кг до 0,006 мг/кг, при установленной ПДК в ЛРС 0,1 мг/кг. Концентрация данного металла в образцах, собранных в заповедных зонах, практически не отличалась от его концентрации в образцах, произрастающих в условиях агро- и урбобиоценозов.

Содержание кадмия в траве пустырника пятилопастного, собранного на территории Воронежской области колебалась от 0,02 мг/кг до 0,48 мг/кг при среднем содержании 0,11 мг/кг, что в 9 раз меньше его ПДК в растительном сырье (1,0 мг/кг). Концентрация кадмия в изучаемом сырье пустырника пятилопастного также значительно меньше содержания элемента в почве (0,02-0,71 мг/кг). Концентрация данного металла в траве пустырника пятилопастного заповедных зон находилась на уровне 0,02-0,03 мг/кг, в образцах, собранных в агробиоценозах Воронежской области, – 0,02-0,08 мг/кг. Более высокие концентрации вновь отмечены в образцах пустырника пятилопастного, произрастающего в урбобиоценозах. Объяснить низкий уровень накопления кадмия, являющегося главным блокатором основных ферментных и антиоксидантных систем в растении, можно тем, вероятно, у пустырника пятилопастного в процессе эволюции выработался механизм физиологической регуляции всасывания и проведения соединений данного металла по тканям и органам растения, что является основой их выживания в условиях техногенного загрязнения окружающей среды данным элементом.

Концентрацию мышьяка в траве пустырника пятилопастного можно оценить как высокую. Так, в 1 образце из 51 превышена ПДК элемента, установленная ГФ в 0,5 мг/кг (в образцах, собранных вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС»). Средняя же концентрация элемента в траве пустырника пятилопастного составила 0,21 мг/кг и варьировала от 0,11 мг/кг до 0,53 мг/кг. Концентрация мышьяка в ВСП исследуемых районов гораздо значительнее - от 0,55 мг/кг до 3,81 мг/кг. Известно, что соединения мышьяка обладают низкой растворимостью и подвижностью в почве, что связано с их сорбцией на поверхности органическими и минеральными коллоидами, поэтому мышьяк - малодоступный для растений элемент.

Таблица 5

Содержание ТМиМ в образцах травы пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Концентрация элемента, мг/ кг								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	0,20	0,004	0,03	0,16	1,45	0,29	0,55	6,23	22,98
2.	Территория Хоперского государственного природного заповедника	0,34	0,003	0,02	0,11	3,19	0,44	0,62	8,32	27,92
3.	Территория Теллермановского леса (Борисоглебский район)	0,17	0,002	0,03	0,10	1,31	0,26	0,48	7,67	32,65
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	0,28	0,003	0,02	0,12	2,81	0,52	0,52	9,45	28,07
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	0,53	0,004	0,07	0,11	1,27	0,72	0,61	11,23	30,80
6.	Улица города Острогожск	0,52	0,004	0,03	0,17	3,85	1,08	0,59	12,04	39,63
7.	Улица города Семилуки	0,47	0,004	0,04	0,20	3,25	1,20	0,63	12,15	41,85
8.	Улица города Нововоронеж	0,23	0,002	0,02	0,15	1,74	0,57	0,56	7,30	27,10
9.	ВЛЭ (Каширский район)	0,40	0,003	0,06	0,23	4,27	1,15	0,67	12,74	47,47
10.	Агробиоценоз Лискинского района	0,32	0,003	0,08	0,12	1,04	0,61	0,72	10,53	21,97
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	0,17	0,003	0,02	0,17	3,62	0,89	0,54	9,62	32,64
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	0,23	0,005	0,04	0,18	4,01	0,53	0,65	15,04	29,85
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	0,38	0,003	0,03	0,12	1,16	0,72	0,83	11,96	34,70
14.	Агробиоценоз Грибановского района	0,32	0,004	0,02	0,25	3,61	0,59	0,43	14,04	38,20
15.	Агробиоценоз Хохольского района	0,28	0,003	0,06	0,15	2,83	0,31	0,60	13,29	38,25
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	0,30	0,003	0,03	0,21	3,18	0,27	0,57	11,05	29,00
17.	Агробиоценоз Репьевского района	0,36	0,003	0,05	0,19	3,74	0,57	0,84	12,28	35,17
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	0,26	0,004	0,02	0,11	3,85	0,40	0,67	9,17	27,15
19.	Агробиоценоз Панинского района	0,30	0,005	0,08	0,21	3,97	0,66	0,58	12,27	43,09
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	0,42	0,005	0,07	0,23	2,56	0,85	0,54	15,85	34,52
21.	Агробиоценоз Эртильского района	0,28	0,003	0,04	0,13	3,41	0,61	0,76	12,00	42,80
22.	Агробиоценоз Россошанского района	0,25	0,004	0,06	0,25	3,28	0,77	0,80	16,75	40,50
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	1,45	0,005	0,35	0,37	4,58	3,52	1,36	19,63	87,87
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	1,05	0,005	0,41	0,46	8,46	2,78	1,52	21,50	65,75
25.	Улица города Борисоглебск	0,87	0,004	0,29	0,23	5,22	2,13	0,85	18,42	62,03

26.	Улица города Калач	0,72	0,005	0,10	0,20	5,45	4,05	0,78	14,80	57,20
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	1,24	0,005	0,13	<b>0,53</b>	3,56	3,16	0,95	17,52	63,18
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	1,56	0,005	0,16	0,26	5,20	3,68	1,03	18,35	80,27
29.	На удалении 0-100 м от низовья Воронежского водохранилища	0,27	0,004	0,07	0,24	4,17	0,71	0,77	9,53	35,48
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж имени Петра I	0,83	0,004	0,04	0,39	5,50	1,06	0,65	12,08	30,07
31.	Улица города Воронеж	2,59	0,006	0,36	0,32	5,91	4,51	2,29	22,07	89,42
32.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	2,15	0,005	0,48	0,32	6,43	3,61	1,84	25,86	78,01
33.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	1,75	0,005	0,35	0,24	5,12	1,41	1,02	18,21	57,21
34.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,98	0,005	0,11	0,20	4,42	0,81	0,83	14,28	39,53
35.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,40	0,004	0,07	0,20	3,10	0,64	0,67	13,08	35,05
36.	0 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,89	0,003	0,27	0,23	6,65	2,55	1,69	23,09	63,06
37.	100 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,63	0,004	0,14	0,20	6,08	1,82	1,42	19,57	53,37
38.	200 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,06	0,004	0,09	0,15	4,35	1,91	0,74	14,11	52,81
39.	300 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,33	0,004	0,10	0,14	3,28	0,85	0,54	12,65	41,07
40.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	2,24	0,005	0,21	0,17	6,35	2,21	1,43	24,16	59,35
41.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,84	0,005	0,16	0,15	4,08	1,95	1,20	20,55	52,17
42.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,32	0,005	0,08	0,12	3,32	1,36	0,98	18,39	49,28
43.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,90	0,005	0,08	0,11	3,08	0,97	0,71	12,91	35,17
44.	0 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,92	0,005	0,07	0,26	3,86	0,91	0,83	15,53	58,38
45.	100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,57	0,004	0,05	0,20	3,45	0,72	0,64	12,05	41,85
46.	200 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,39	0,003	0,02	0,16	3,05	0,69	0,63	10,49	36,14
47.	300 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,41	0,004	0,02	0,11	2,45	0,52	0,67	11,59	39,18
48.	0 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	1,76	0,005	0,15	0,34	5,45	1,53	0,91	27,37	67,30
49.	100 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,64	0,005	0,06	0,27	4,65	1,31	0,73	23,90	51,34
50.	200 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,50	0,004	0,05	0,23	4,25	0,83	0,65	12,21	44,75
51.	300 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,50	0,004	0,06	0,19	3,36	0,65	0,67	14,25	38,39
<b>Среднее для Воронежской области</b>		0,78	0,004	0,11	0,21	3,89	1,31	0,84	14,69	45,31
<b>ПДК</b>		6,0	0,1	1,0	0,5	-				

Средний уровень содержания никеля в траве пустырника пятилопастного оценивается в 3,89 мг/кг при колебании его от 1,04 мг/кг (для образца, собранного в Лискинском районе) до 8,46 мг/кг (для образца, собранного вблизи ООО «БорМаш» в Поворинском районе). ПДК никеля, также, как и хрома, кобальта, меди и цинка, также определяемых нами и в исследуемых образцах, в ЛРС в настоящее время не нормируется, хотя широко известно об их токсическом действии на живые организмы. Концентрация никеля в почвах изучаемых территорий принимала значения от 2,23 мг/кг до 98,25 мг/кг. Сопоставляя полученные данные, заметно, что данный элемент также незначительно накапливается в надземной части пустырника пятилопастного, хотя соли никеля находятся преимущественно в растворенном состоянии в почвенном растворе. Известно, что в значительных концентрациях никель оказывает токсическое действие на растительный организм, способствует угнетению процессов фотосинтеза и транспирации. Вероятно, у пустырника пятилопастного выработался физиологический барьер к накоплению никеля в высоких концентрациях. Для образцов травы пустырника пятилопастного, произрастающего в условиях заповедных территорий, отмечено накопление металла на уровне 1,31-3,19 мг/кг. Образцы, произрастающие в условиях агробиоценозов содержали 1,04-4,01 мг/кг никеля. Более высокое содержание металла (более 5 мг/кг) отмечено в образцах, собранных в урбобиоценозах с активной хозяйственной деятельностью человека - вблизи крупных химических предприятий (ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш», ОАО «Воронежсинтезкаучук»), на улице городов (Воронеж, Калач, Борисоглебск), вдоль и вблизи автотрасс (М4, А144), вдоль железной дороги, что, вероятно, связано со значительным вкладом аэрозольного загрязнения ЛРС никелем.

Содержание хрома в изучаемых образцах травы пустырника пятилопастного варьировало от 0,29 мг/кг (для образца, отобранного в Воронежском природном биосферном заповеднике) до 4,51 мг/кг (для образца, отобранного на улице города Воронежа) при среднем значении 1,31 мг/кг. Концентрации хрома в ВСП рассматриваемых территорий принимала значения от 2,53 мг/кг до 45,16 мг/кг. Фитотоксичность хрома проявляется в повреждении корней растения, а также увядании его надземной части, хлорозе молодых листьев. Очевидно, что накопление данного металла блокируется растением на биохимическом уровне, что является его эволюционно выработанным приспособлением к жизни в условиях загрязнения среды обитания. При анализе полученных результатов также отмечают значительно более низкие концентрации хрома в образцах травы пустырника пятилопастного, собранного на контрольных территориях (в заповедниках) – от 0,26 мг/кг до 0,44 мг/кг, и в агробиоценозах – от 0,31 мг/кг

до 0,89 мг/кг. В урбобиоценозах концентрация хрома в надземной части пустырника пятилопастно значительно выше (от 0,65 мг/кг до 4,51 мг/кг).

Средняя концентрация кобальта и его уровень накопления в траве пустырника пятилопастного еще более низкие, чем для хрома. Так, содержание кобальта в изучаемых образцах варьировало от 0,52 мг/кг (для образца, отобранного в Борисоглебском районе) до 2,29 мг/кг (для образца, собранного на улице города Воронежа) при среднем уровне накопления в сырье Воронежской области 0,84 мг/кг. Концентрация его в ВСП характеризуется значениями от 1,84 мг/кг до 21,78 мг/кг, что свидетельствует о низком уровне накопления кобальта травой пустырника пятилопастного. В образцах контрольных территорий и агробиоценозов также отмечены более низкие уровни концентраций данного металла, чем для образцов урбанизированных территорий, что может доказывать дополнительное аэрозольное загрязнение сырья.

Проведенные анализы показали, что трава пустырника пятилопастного в значительной степени накапливает медь и цинк. Так, концентрация меди варьировала от 6,23 мг/кг (для образца, отобранного в Воронежском биосферном заповеднике) до 25,86 мг/кг (для образца, собранного вблизи ООО «БорМаш» в с. Пески Поворинского района) при среднем содержании в регионе 14,69 мг/кг. Содержание меди в ВСП изучаемых территорий изменялось от 3,30 мг/кг до 65,38 мг/кг при среднем 23,25 мг/кг. При этом для ряда образцов отмечена более высокая концентрация меди в сырье, чем в почве, на которой оно произрастало (например, для травы пустырника пятилопастного, собранного на всех контрольных территориях (в заповедных зонах), в с. Елань-Колено, в Нововоронеже, в Репьевском, Ольховатском, Панинском районах, вдоль низовья Воронежского водохранилища, вдоль высоковольтных линий электропередач). Это указывает на значительную концентрирующую способность надземной части пустырника пятилопастного в отношении меди, которая, по-видимому, играет важную физиологическую роль в растительном организме. Известно, что медь участвует в процессе фотосинтеза, активизирует углеводный и азотный обмен, повышает сопротивляемость растительного организма к инфекционным заболеваниям, увеличивает засухоустойчивость. Однако при высоком содержании меди в почвах некоторых урбанизированных территорий (вблизи ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш», на улице города Воронежа, вдоль и вблизи крупных автодорог (М4, А144), вдоль железной дороги) содержание элемента в растении гораздо ниже, что говорит о накоплении данного металла в пустырнике пятилопастном до какого-то физиологически важного уровня, а далее его концентрирование растением блокируется. Объяснить это можно тем, что высокие концентрации меди могут вызывать дефицит железа в растительном организме, появление бурых пятен на листьях и их отмирание.

Концентрация цинка в изучаемых образцах травы пустырника пятилопастного принимала значения от 21,97 мг/кг (для образца, отобранного в Лискинском районе) до 89,42 мг/кг (для образца, собранного на улице города Воронежа) и в среднем составила 45,31 мг/кг. Сопоставляя полученные результаты с данными по почвам (содержание цинка варьировало от 9,58 мг/кг до 154,45 мг/кг при среднем значении по региону 52,69 мг/кг), можно отметить значительное накопление элемента в сырье. Например, для образцов травы пустырника пятилопастного, собранного на контрольных (заповедных) территориях, в большинстве агроценозов, в с. Елань-Колено, г. Нововоронеж, вблизи аэропорта, вдоль и на удалении 300 м от нескоростной автомобильной дороги в Богучарском районе отмечено содержание цинка в растительном сырье выше, чем в почве, на которой оно выросло. Это связано со значительной физиологической потребностью растения в данном элементе. Так, цинк активирует более 300 ферментов, участвует в образовании хлорофилла, является составной частью более 40 ферментов, активизирует метаболизм углеводов, протеинов, фосфатов, повышает устойчивость к патогенам, жаро- и засухоустойчивость. Но при значительном содержании цинка в ВСП урбоценозов (на улицах крупных городов с развитой хозяйственной деятельностью человека (Калач, Борисоглебск, Воронеж, вблизи крупных авто- и железных дорог, промышленных предприятий), в растении металл накапливается в меньшей степени, что вероятно связано с токсическим действием его избытка.

#### **2.2.5. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в листьях подорожника большого**

Концентрация свинца в листьях подорожника большого (табл. 6) в среднем составила 1,12 мг/кг, принимая значения от 0,37 мг/кг (для образца, собранного в Репьевском районе вдоль сельскохозяйственных угодий) до 3,22 мг/кг (для образца, собранного вдоль трассы М4 в Рамонском районе). При этом концентрация свинца в почвах районов, в которых производился сбор образцов, принимала значения от 1,71 до 34,57 мг/кг. Связать такое низкое накопление свинца в тканях листовой пластинки подорожника большого можно с тем, что соединения данного элемента малорастворимы, что может ограничивать его биодоступность для растения. Кроме того, возможно предположить наличие физиологического барьера в растении, препятствующего накоплению данного фитотоксиканта, вызывающего в большом количестве выраженное ингибирование процессов роста и развития растения.

Таблица 6

Содержание ТМиМ в образцах листьев подорожника большого (*Plantago major* L.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Концентрация элемента, мг/ кг								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	0,67	0,007	0,02	0,32	1,53	2,22	0,38	3,24	18,50
2.	Территория Хоперского государственного природного заповедника	0,46	0,005	0,04	0,30	2,53	1,46	0,51	5,11	21,69
3.	Территория Теллермановского леса (Борисоглебский район)	0,56	0,006	0,02	0,24	1,29	1,20	0,27	4,01	26,11
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	0,75	0,005	0,05	0,27	2,61	2,63	0,64	3,76	30,29
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	0,63	0,006	0,03	0,25	1,10	3,61	0,71	5,63	18,16
6.	Улица города Острогожск	0,86	0,009	0,11	0,32	3,72	3,02	1,16	6,71	31,72
7.	Улица города Семилуки	0,90	0,009	0,12	0,37	2,83	4,05	1,51	6,29	36,96
8.	Улица города Нововоронеж	0,78	0,007	0,01	0,27	1,96	2,62	0,62	6,04	19,04
9.	ВЛЭ (Каширский район)	0,85	0,006	0,01	0,24	1,40	4,89	0,97	5,28	43,85
10.	Агробиоценоз Лискинского района	1,05	0,007	0,14	0,26	1,28	3,74	0,59	6,49	11,54
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	0,79	0,006	0,11	0,43	3,02	5,93	0,83	4,30	28,26
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	0,90	0,009	0,19	0,35	4,29	2,08	0,50	7,47	21,80
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	0,76	0,006	0,17	0,21	0,96	3,63	0,77	7,04	24,87
14.	Агробиоценоз Грибановского района	0,70	0,006	0,05	0,47	4,19	4,84	0,71	5,13	25,12
15.	Агробиоценоз Хохольского района	0,78	0,006	0,15	0,32	2,70	5,59	0,96	4,38	21,86
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	0,57	0,007	0,17	0,36	2,18	1,86	0,63	3,97	23,73
17.	Агробиоценоз Репьевского района	0,37	0,006	0,13	0,44	2,62	2,95	1,42	4,68	26,09
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	0,68	0,009	0,09	0,25	3,48	2,91	0,64	5,58	19,42
19.	Агробиоценоз Панинского района	0,73	0,006	0,16	0,43	3,79	3,83	0,92	4,44	30,61
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	1,90	0,006	0,19	0,46	2,71	2,73	0,49	6,16	31,08
21.	Агробиоценоз Эртильского района	1,37	0,007	0,10	0,26	4,27	3,71	0,84	4,76	35,16
22.	Агробиоценоз Россошанского района	0,63	0,006	0,13	0,45	4,80	4,74	0,39	7,04	24,02
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	1,08	0,009	0,25	<b>0,87</b>	6,49	10,50	2,16	8,00	42,86
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	3,18	0,009	0,27	<b>0,65</b>	4,84	9,42	1,86	9,87	36,70
25.	Улица города Борисоглебск	1,63	0,008	0,17	0,41	4,40	9,90	1,74	5,81	31,84

26.	Улица города Калач	2,58	0,009	0,18	0,39	4,66	10,38	1,38	6,49	37,17
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	1,78	0,009	0,17	<b>0,78</b>	4,65	7,04	1,59	6,27	30,04
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	2,37	0,007	0,13	0,32	3,21	6,53	1,15	8,70	51,64
29.	На удалении 0-100 м от низовья Воронежского водохранилища	0,84	0,007	0,11	0,45	4,24	3,65	0,48	3,89	32,98
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж имени Петра I	1,75	0,009	0,17	0,43	5,71	4,82	0,52	7,48	29,52
31.	Улица города Воронеж	1,13	0,009	0,22	0,32	5,46	11,41	3,05	11,51	66,96
32.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	3,23	0,008	0,17	0,47	7,1	10,39	2,37	12,55	59,02
33.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	1,14	0,008	0,08	0,43	5,83	5,92	1,16	9,30	42,07
34.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,79	0,006	0,06	0,36	3,41	4,19	0,63	5,39	37,37
35.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,56	0,006	0,07	0,34	2,76	3,02	0,46	5,21	29,21
36.	0 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	3,15	0,008	0,16	0,36	8,90	8,38	2,07	11,41	51,86
37.	100 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,62	0,006	0,12	0,35	7,22	6,41	1,51	9,54	45,58
38.	200 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,58	0,006	0,07	0,27	5,34	4,94	0,77	7,27	32,17
39.	300 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,50	0,007	0,03	0,23	3,09	4,83	0,69	6,84	25,62
40.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	2,36	0,008	0,19	0,37	8,49	7,60	2,58	9,39	62,83
41.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,09	0,007	0,12	0,36	7,16	6,47	1,88	8,20	52,95
42.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,97	0,007	0,08	0,27	3,25	5,27	1,05	7,78	32,86
43.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,86	0,006	0,06	0,29	3,10	3,66	1,16	5,93	24,90
44.	0 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	1,63	0,007	0,05	0,43	5,72	3,74	0,64	5,28	32,07
45.	100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,55	0,005	0,03	0,32	5,37	2,95	0,59	4,85	25,62
46.	200 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,45	0,005	0,03	0,30	3,18	3,62	0,60	5,19	28,64
47.	300 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,47	0,005	0,01	0,21	2,52	3,05	0,47	4,41	27,97
48.	0 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	1,56	0,009	0,13	0,43	8,37	4,59	2,35	12,67	48,05
49.	100 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,53	0,009	0,10	0,42	7,31	3,92	1,28	8,12	39,67
50.	200 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,50	0,007	0,05	0,39	5,29	2,87	0,87	5,19	32,07
51.	300 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,50	0,007	0,02	0,36	3,21	3,10	0,64	5,07	29,60
<b>Среднее для Воронежской области</b>		1,12	0,007	0,11	0,37	4,11	4,84	1,07	6,57	33,13
<b>ПДК</b>		6,0	6,0	0,1	1,0	0,5	-	-	-	-



Концентрация ртути в образцах подорожника большого варьировала от 0,005 мг/кг до 0,009 мг/кг, что 11-20 раз меньше установленной ПДК. Содержание элемента в листьях подорожника большого также значительно меньше содержания его в почве исследуемых районов. Это также можно объяснить тем, что в почве ртуть образует малорастворимые соединения, которые достаточно прочно удерживаются почвенными коллоидами. Также понижение фитотоксичности ртути можно связать с наличием в растениях действующей системы инактивации токсикантов.

Содержание кадмия в сухом растительном сырье подорожника большого варьировало от 0,02 мг/кг до 0,27 мг/кг, что также значительно меньше установленных ГФ нормативов. При этом содержание кадмия в ВСП рассматриваемых территорий в некоторых образцах превышало установленные нормативы и достигало значений 0,71 мг/кг. Объяснить низкую степень накопления кадмия в листьях подорожника большого можно тем, что кадмий является основным фитотоксичным элементом, нарушающим работу большинства ферментных и антиоксидантных систем, в связи с чем, вероятно, у растений в процессе эволюции вырабатывается механизм физиологической блокировки всасывания и проведения его соединений по тканям и органам растения, что является основой их выживания в условиях техногенного загрязнения окружающей среды данным элементом.

Содержание мышьяка в листьях подорожника большого можно оценить как значительное: среднее содержание данного элемента сырье составляет 0,37 мг/кг, при этом варьирует в диапазоне от 0,21 мг/кг (для образца, собранного в Петропавловском районе вдоль сельскохозяйственных полей) до 0,87 мг/кг (для образца, собранного на расстоянии 700 м от ОАО «Минудобрения»). В трех изучаемых образцах отмечено превышение ПДК, установленной НД в 0,5 мг/кг (для образцов, собранных вблизи ОАО «Минудобрения» в Россошанском районе, ООО «Бормаш» в Поворинском районе и вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС»). Значения содержания мышьяка в ВСП гораздо значительнее - от 0,55 мг/кг до 3,81 мг/кг в разных точках отбора образцов. При этом, соединения мышьяка обладают низкой растворимостью и подвижностью в почве, что связано с их сорбцией на поверхности органическими и минеральными коллоидами, поэтому мышьяк становится малодоступным для растений элементом. С увеличением содержания мышьяка в почве возможно его токсическое действие на растительные организмы: увядание листьев, замедление темпов роста, клеточный плазмоз. Поэтому можно предположить наличие у подорожника большого эволюционно выработанных биохимических механизмов, тормозящих избыточное накопление мышьяка.

Накопление никеля в изучаемых образцах листьев подорожника большого варьирует в диапазоне от 1,10 мг/кг (для образца, собранного в

Нижнедевицком районе) до 8,90 мг/кг (для образца, собранного вдоль трассы А144 в Аннинском районе), при этом концентрация металла в почве принимала значения от 2,23 мг/кг до 98,25 мг/кг. При сопоставлении концентраций данного элемента в образцах растительного сырья и в ВСП заметно, что при низком содержании никеля в почве никель достаточно эффективно накапливается растением, что указывает на некоторую физиологическую потребность в ней для подорожника большого. Однако, при повышенном содержании элемента в почве, растение резко снижает эффективность его накопления, что, по-видимому, связано с токсическим действием избытка никеля, для которого описаны способности угнетения процессов фотосинтеза и транспирации.

Анализ накопления хрома в листьях подорожника большого также свидетельствует о наличии физиологического барьера. Содержание данного металла в разных образцах сырья варьирует от 1,20 мг/кг (для образца, собранного на территории Теллермановского леса) до 11,41 мг/кг (для образца, собранного на улице г. Воронежа), при концентрации его в ВСП от 2,53 мг/кг до 45,16 мг/кг. Хром является фитотоксичным элементов. Повышенные концентрации его снижают размеры листьев, задерживают их рост, изменяется мезоструктура листа.

Накопление кобальта в листьях подорожника большого также характеризуется наличием физиологического барьера. Так, содержание соединений кобальта в сырье варьирует от 0,38 мг/кг (для образца, собранного в Воронежском биосферном заповеднике) до 3,05 мг/кг (для образца, собранного на улице г. Воронежа), при этом концентрация элемента в почве характеризуется значениями от 1,84 мг/кг до 21,78 мг/кг. При этом, наиболее значительны концентрации хрома и кобальта в листьях подорожника большого, собранной вдоль дорог и на улице г. Воронежа.

Содержание меди в листьях подорожника большого можно оценить как высокое, в отобранных образцах оно варьировало от 3,24 мг/кг (для образца, собранного в Воронежском биосферном заповеднике) до 12,67 мг/кг (для образца, собранного вдоль железной дороги в Рамонском районе). В почвах изучаемых территорий концентрация меди варьировала от 3,30 мг/кг до 65,38 мг/кг. Концентрация металла в некоторых образцах сырья (например, на территории Воронежского заповедника), превышала концентрацию его в почве территории, что позволяет говорить о концентрирующей способности подорожника большого в отношении меди. Медь повышает интенсивность фотосинтеза и образования хлорофилла, активизирует углеводный и азотный обмены. Высокие концентрации меди приводят к замедлению развития растения, появлению бурых пятен на нижних листьях и их отмиранию. Так, на территориях с повышенным содержанием элемента в окружающей среде (вблизи ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», вдоль автодорог), отобранное сырье отличалось

содержанием меди в 4-5 раз меньшим, чем в почвах, что также указывает о наличии физиологического барьера накопления избытка данного элемента.

Также отмечена концентрирующая активность ЛРС в отношении цинка. Содержание элемента в листьях растения варьирует от 11,54 мг/кг (для образца, собранного в Лискинском районе вдоль сельскохозяйственных угодий) до 66,96 мг/кг (для образца, собранного на улице г. Воронежа), при его концентрации в почвах анализируемых территорий от 9,58 мг/кг до 154,45 мг/кг. Полученные результаты показывают, что при низких значениях содержания цинка в окружающей среде, листья подорожника большого с данных территорий накапливают металл в превосходящих его содержание в почве концентрациях (что, например, отмечается для всех территорий сравнения). Это объясняется важным значением цинка в обменных процессах растения. Его физиологическая роль заключается в активации многих ферментативных реакций, – он является кофактором более 300 ферментов. Однако, при загрязнении окружающей среды цинком, срабатывают защитные механизмы, предотвращающие накопление избытка данного металла в растении, что можно связать с токсическим действием больших его концентраций. Данный факт отмечается для большого числа образцов листьев подорожника большого, отобранных на территории городов (г. Калач, г. Борисоглебск, г. Воронеж), вблизи ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», ТЭЦ «ВОГРЭС», ОАО «Воронежсинтезкаучук», а также вблизи крупных автодорог и железнодорожного полотна.

#### **2.2.6. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в листьях крапивы двудомной**

Содержание нормируемых ГФ ТМ (свинца, ртути, кадмия) и мышьяка во всех образцах листьев крапивы двудомной соответствует требованиям (табл. 7). Однако определяемые концентрации элементов достаточно сильно варьируют в зависимости от места сбора образцов сырья.

Так, содержание свинца в листьях крапивы двудомной в среднем составляло 0,70 мг/кг, принимая значения от 0,29 мг/кг до 2,76 мг/кг. При этом концентрация свинца в почвах районов, в которых производился сбор образцов, принимала значения от 1,71 до 34,57 мг/кг. Связать такое низкое накопление свинца в тканях листовой пластинки крапивы двудомной можно с тем, что соединения данного элемента малорастворимы, что может ограничивать его биодоступность для растения. Кроме того, возможно предположить наличие физиологического барьера в растении, препятствующего накоплению данного фитотоксиканта, вызывающего в большом количестве выраженное ингибирование процессов роста и развития растения.

Таблица 7

Содержание ТМиМ в образцах листьев крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Концентрация элемента, мг/ кг								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	0,40	0,007	0,01	0,09	1,58	1,74	0,19	5,13	17,83
2.	Территория Хоперского государственного природного заповедника	0,38	0,005	отс.	0,07	2,56	2,21	0,34	7,78	23,86
3.	Территория Теллермановского леса (Борисоглебский район)	0,37	0,005	отс.	0,05	1,79	1,03	0,08	7,30	32,75
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	0,43	0,007	отс.	0,07	3,46	4,64	0,35	7,37	19,70
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	0,52	0,007	0,02	0,05	1,27	3,86	0,26	6,29	27,09
6.	Улица города Острогожск	0,50	0,007	0,01	0,08	2,54	5,12	0,10	6,70	23,06
7.	Улица города Семилуки	0,48	0,007	0,01	0,10	3,73	4,17	0,91	7,36	39,06
8.	Улица города Нововоронеж	0,36	0,006	0,02	0,06	1,90	2,73	0,67	8,31	26,35
9.	ВЛЭ (Каширский район)	0,39	0,006	0,01	0,12	4,76	4,14	1,20	8,53	34,86
10.	Агробиоценоз Лискинского района	0,47	0,008	0,02	0,06	1,12	3,85	1,05	6,26	19,08
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	0,36	0,007	отс.	0,11	3,86	5,16	0,11	7,31	34,72
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	0,40	0,006	отс.	0,10	4,65	0,85	0,32	9,15	29,83
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	0,44	0,007	0,01	0,07	1,03	1,86	0,06	10,75	36,60
14.	Агробиоценоз Грибановского района	0,53	0,005	0,02	0,12	4,98	2,39	0,26	8,66	35,51
15.	Агробиоценоз Хохольского района	0,46	0,006	отс.	0,09	5,23	4,30	0,43	11,52	32,01
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	0,54	0,007	отс.	0,11	3,10	0,96	0,09	9,31	25,17
17.	Агробиоценоз Репьевского района	0,29	0,007	отс.	0,11	4,05	2,86	0,29	8,15	27,39
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	0,32	0,007	0,01	0,07	4,84	1,53	0,32	11,95	27,53
19.	Агробиоценоз Панинского района	0,46	0,006	0,02	0,11	4,23	6,73	0,23	8,08	36,63
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	0,43	0,007	0,01	0,12	3,95	4,16	0,37	11,57	38,20
21.	Агробиоценоз Эртильского района	0,94	0,008	0,02	0,07	4,61	1,87	0,08	9,53	31,02
22.	Агробиоценоз Россошанского района	0,53	0,008	0,01	0,11	4,84	3,90	0,16	7,59	36,80
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	0,45	0,008	0,01	0,25	6,35	13,80	2,87	12,08	57,98
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	2,76	0,009	0,03	0,10	8,89	8,42	0,98	13,64	48,71
25.	Улица города Борисоглебск	1,57	0,008	0,01	0,14	3,51	6,28	1,37	9,02	52,89

26.	Улица города Калач	1,55	0,006	Отс.	0,36	5,86	7,25	0,96	10,26	42,28
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	0,68	0,009	0,01	0,12	2,45	5,93	1,52	8,74	41,03
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	1,86	0,009	0,01	0,16	2,30	7,47	0,62	9,53	52,05
29.	На удалении 0-100 м от низовья Воронежского водохранилища	0,46	0,008	0,01	0,13	3,18	1,20	0,21	7,35	26,06
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж имени Петра I	0,89	0,009	0,01	0,16	3,39	3,62	0,59	8,34	24,76
31.	Улица города Воронеж	1,43	0,009	0,02	0,16	4,24	5,53	3,51	12,70	49,07
32.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	1,45	0,009	0,03	0,17	5,56	4,75	2,74	14,17	47,94
33.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,83	0,009	0,02	0,15	5,10	3,94	1,02	9,83	41,06
34.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,78	0,009	0,01	0,10	3,16	2,97	0,72	6,38	32,97
35.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,53	0,008	0,01	0,09	3,12	3,74	0,37	7,93	31,03
36.	0 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,83	0,009	0,02	0,13	4,70	7,35	2,53	10,86	52,05
37.	100 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,56	0,009	0,01	0,11	4,18	5,28	1,54	6,39	43,50
38.	200 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,36	0,008	отс.	0,07	4,34	4,85	0,86	7,92	39,59
39.	300 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,34	0,008	отс.	0,07	4,12	5,62	0,73	5,86	37,40
40.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,75	0,009	0,02	0,09	8,54	4,64	3,50	10,83	52,90
41.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,62	0,008	0,01	0,09	7,22	3,92	2,85	9,38	44,00
42.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,54	0,009	0,01	0,06	6,35	2,86	1,70	7,21	45,91
43.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,50	0,006	отс.	0,06	5,35	3,59	0,75	7,37	39,27
44.	0 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,67	0,008	0,01	0,10	4,67	2,72	0,43	7,48	28,84
45.	100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,65	0,008	0,01	0,09	4,14	3,86	0,32	6,94	21,97
46.	200 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,56	0,006	0,01	0,09	3,57	2,27	0,16	6,01	29,64
47.	300 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,54	0,007	отс.	0,06	3,52	1,60	0,07	7,04	26,93
48.	0 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	1,89	0,009	0,03	0,18	5,12	4,84	0,26	14,20	47,05
49.	100 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,86	0,009	0,02	0,16	4,56	3,61	0,15	13,82	45,92
50.	200 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,78	0,008	отс.	0,12	3,67	2,25	0,07	12,79	41,07
51.	300 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,69	0,007	отс.	0,10	3,73	1,30	0,12	9,03	36,08
<b>Среднее для Воронежской области</b>		0,75	0,008	0,01	0,11	4,10	4,03	0,81	8,97	35,98
<b>ПДК</b>		6,0	0,1	1,0	0,5	-				

Концентрация ртути в образцах крапивы двудомной варьировала от 0,005 мг/кг до 0,009 мг/кг, что 11-20 раз меньше установленной ПДК. Содержание элемента в листьях крапивы также значительно меньше содержания его в почве исследуемых районов. Это также можно объяснить тем, что в почве катионы ртути образуют малорастворимые соединения и достаточно прочно удерживаются почвенными коллоидами, что делает ее малодоступной для растения. Также понижение фитотоксичности ртути можно связать с наличием в растениях действующей системы инактивации токсикантов.

Содержание кадмия в сухом растительном сырье крапивы двудомной варьировало от значений ниже пределов обнаружения до 0,03 мг/кг, что в 30 раз меньше установленных ГФ нормативов. При этом содержание кадмия в ВСП рассматриваемых территорий в некоторых образцах превышало установленные нормативы и достигало значений 0,71 мг/кг. Объяснить низкую степень накопления кадмия в листьях крапивы можно тем, что кадмий является основным фитотоксичным элементом, нарушающим работу большинства ферментных и антиоксидантных систем, в связи с чем, вероятно, у растений в процессе эволюции вырабатывается механизм физиологической блокировки всасывания и проведения его соединений по тканям и органам растения, что является основой их выживания в условиях техногенного загрязнения окружающей среды данным элементом.

Содержание мышьяка в листьях крапивы двудомной также можно оценить как незначительное: среднее содержание данного элемента сырье составляет 0,14 мг/кг, при этом варьирует в диапазоне от 0,05 мг/кг до 0,36 мг/кг в зависимости от места сбора не превышая ПДК, установленной НД в 0,5 мг/кг. При этом, содержание мышьяка в ВСП гораздо значительнее - от 0,55 мг/кг до 3,81 мг/кг в разных точках отбора образцов. Объяснить низкое накопление мышьяка листьями крапивы двудомной можно также малой растворимостью и подвижностью соединений мышьяка в почве, что может быть связано с их сорбцией на поверхности органическими и минеральными коллоидами, поэтому мышьяк становится малодоступным для растений элементом. Биохимическое значение мышьяка для растения неоднозначно. Имеющиеся данные о линейной зависимости между содержанием мышьяка в растениях и почвах позволяют предполагать, что он поглощается растениями вместе с водой. Известно, что мышьяк способствует лучшему усвоению растениями фосфора из почвы. Однако, с увеличением содержания мышьяка в почве возможно его токсическое действие на растительные организмы: увядание листьев, фиолетовое окрашивание (увеличивается содержание цианидина), замедление темпов роста, клеточный плазмоз. При избыточном содержании мышьяка в почвах наиболее высокие его количества накапливаются во взрослых листьях и корнеплодах. Поэтому, возможно предположить наличие у крапивы двудомной, которую часто можно

встретить растущей на отвалах шахт и на почвах, обработанных пестицидами, содержащими мышьяк, или осадком сточных вод, эволюционно выработанных биохимических механизмов, тормозящих избыточное накопление данного элемента.

Накопление никеля в изучаемых образцах листьев крапивы двудомной варьирует в диапазоне от 1,12 мг/кг до 13,80 мг/кг, при этом концентрация металла в почве принимала значения от 2,23 мг/кг до 98,25 мг/кг. При сопоставлении концентраций данного элемента в образцах растительного сырья и в ВСП заметно, что при низком содержании никеля в почве никель достаточно эффективно накапливается растением, что указывает на некоторую физиологическую потребность в ней для крапивы двудомной. Так, известно, никель необходим растительному организму для стабилизации работы трансляционного аппарата, активации некоторых ферментов, например, трансаминазы и аргиназы. Однако, при повышенном содержании элемента в почве, растение резко снижает эффективность его накопления, что, по-видимому, связано с токсическим действием избытка никеля, для которого описаны способности угнетения процессов фотосинтеза и транспирации. Таким образом, можно судить о наличии физиологического барьера накопления никеля в листьях крапивы двудомной.

Анализ накопления хрома в листьях крапивы двудомной также свидетельствует о наличии физиологического барьера. Так, содержание данного металла в разных образцах сырья варьирует от 1,03 мг/кг до 13,80 мг/кг, при концентрации его в ВСП от 2,53 мг/кг до 45,16 мг/кг. Хром является одним из наиболее фитотоксичных элементов. Повышенные концентрации его снижают размеры листьев, задерживают их рост, изменяется мезоструктура листа.

Накопление кобальта в листьях крапивы двудомной также характеризуется наличием физиологического барьера. Так, содержание соединений кобальта в сырье варьирует от 0,07 мг/кг до 3,51 мг/кг, при этом концентрация элемента в почве характеризуется значениями от 1,84 мг/кг до 21,78 мг/кг. При этом, наиболее значительны концентрации кобальта в листьях крапивы двудомной, собранной вдоль дорог и на улице г. Воронежа, что наводит на мысль о аэрозольном загрязнении сырья данным токсикантом от выбросов автомобильного транспорта, а всасывание металла из почвы и накопление его в вегетативных органах, вероятно, блокируется биохимическим путем. Попадая в организм растения, избыток кобальта включается растениями в транспирационный поток. Наиболее характерным признаком избытка кобальта является побеление и отмирание данных участков.

Содержание меди в листьях крапивы двудомной можно оценить как высокое, в отобранных образцах оно варьировало от 5,13 мг/кг до 14,20

мг/кг. В почвах изучаемых территорий концентрация меди варьировала от 3,30 мг/кг до 65,38 мг/кг. Концентрация металла в некоторых образцах сырья (например, заготовленного на территории Воронежского государственного природного биосферного заповедника им. В.М. Пескова и на территории Теллермановского леса в Борисоглебском районе), превышала концентрацию его в почвах данных территорий, что позволяет говорить о концентрирующей способности крапивы двудомной в отношении меди. Однако, на территориях с повышенным содержанием элемента в окружающей среде (вблизи ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», автодорог), ЛРС отличалось содержанием меди в 4-5 раз меньшим, чем в почвах, что также указывает о наличии физиологического барьера накопления избытка данного элемента. Высокие концентрации меди приводят к замедлению развития растения, появлению бурых пятен на нижних листьях и их отмиранию, могут провоцировать дефицит железа в растениях.

Также в условиях эксперимента отмечена концентрирующая активность крапивы двудомной в отношении цинка. Содержание элемента в листьях растения варьирует от 17,83 мг/кг до 57,98 мг/кг, при его концентрации в почвах анализируемых территорий от 9,58 мг/кг до 154,45 мг/кг. Полученные результаты показывают, что при низких значениях содержания цинка в окружающей среде, листья крапивы двудомной с данных территорий накапливают металл в превосходящих его содержание в почве концентрациях (что отмечено для контрольных зон заготовки). Это объясняется важным значением цинка в обменных процессах растения. Однако, при загрязнении окружающей среды цинком, срабатывают защитные механизмы, предотвращающие накопление избытка данного металла в растении, что можно связать с токсическим действием больших его концентраций. Данный факт отмечается для большого числа образцов листьев крапивы двудомной, отобранных на территории городов (г. Калач, г. Борисоглебск, г. Воронеж), вблизи предприятий ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», ТЭЦ «ВОГРЭС», ОАО «Воронежсинтезкаучук», а также вдоль и на ближайшем удалении от крупных автомобильных дорог и железнодорожного полотна.

#### **2.2.7. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в цветках липы сердцевидной**

Содержание наиболее токсичных элементов в цветках липы сердцевидной – ртути, кадмия, свинца и мышьяка – не превышает установленных норм и варьирует в диапазонах, значительно отличающихся от ПДК (табл. 8). Концентрация свинца в отобранных образцах сухого сырья составила 0,07-0,24 мг/кг, что в несколько десятков раз меньше ПДК свинца в растительном сырье, а также значительно меньше содержания данного



элемента в ВСП изучаемых территорий. Полученные данные свидетельствуют о наличии физиологического барьера в растении, препятствующего накоплению мутагенного металла в его генеративных органах. Накопление ртути в цветках липы сердцевидной, собранной в урбо- и агробиоценозах Воронежской области также оценивается как незначительное: концентрация элемента в сырье не превышала 0,003 мг/кг, что в более чем в 30 раз ниже допустимой нормы. Для ртути описаны фитотоксические свойства, в частности влияние на мейоз, в связи с чем, по-видимому, у растения эволюционно выработались биохимические механизмы препятствия накопления металла в тканях цветка. Концентрация кадмия в сухом растительном сырье липы сердцевидной варьировала от значений ниже пределов обнаружения до 0,05 мг/кг, что в 20 раз меньше ПДК. Для кадмия описано блокирующее воздействие на работу ферментных и антиоксидантных систем, с чем, вероятно, связано отсутствие данного элемента в тканях и органах цветка. В десятки раз меньше ПДК и содержание мышьяка в отобранных образцах цветков липы сердцевидной, концентрация которого не превышала 0,03 мг/кг. Таким образом, отмечено отсутствие концентрирующей способности данного токсичного элемента цветками липы сердцевидной.

Концентрация никеля в цветках липы сердцевидной варьировала от 0,54 мг/кг до 1,56 мг/кг. Ранее изученное содержание никеля в ВСП этих территорий показало, что данный металл накапливается в цветках липы сердцевидной незначительно. Вероятно, металл накапливается в минимальном физиологически важном количестве для стабилизации работы трансляционного аппарата, активации трансаминазы и аргиназы, но при значительном содержании никеля в окружающей среде, его накопление физиологически блокируется, так как в избытке данный металл может активизировать конкурентное замещение в активных центрах некоторых ферментов-фосфатаз, вызывать редукцию цветка.

Среднее содержание хрома в образцах цветков липы сердцевидной составило 0,39 мг/кг, концентрация его варьировала от 0,04 мг/кг до 1,18 мг/кг. Известно, что малые концентрации хрома стимулируют активность каталаз и протеаз, повышают содержание хлорофилла и продуктивность фотосинтеза. При этом, значительному накоплению хрома, очевидно, препятствует некоторый физиологический барьер, так как данный элемент, как любой другой ТМ, при высоком содержании способен конкурентно замещать другие металлы в активных центрах ферментов. Результаты анализов позволяют отметить более высокое содержание хрома вдоль транспортных магистралей и на улице г. Воронежа, в связи с чем можно предположить значительную роль аэрозольного загрязнения ЛРС.

Таблица 8

Содержание ТМиМ в образцах цветков липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Концентрация элемента, мг/ кг								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	0,12	отс.	отс.	0,01	0,87	0,16	0,21	2,10	12,53
2.	Территория Хоперского государственного природного заповедника	0,07	отс.	отс.	0,01	0,72	0,05	0,12	3,28	21,63
3.	Территория Теллермановского леса (Борисоглебский район)	0,13	отс.	отс.	0,01	0,56	0,19	0,08	1,53	17,43
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	0,11	отс.	отс.	0,01	0,91	0,11	0,28	4,27	23,69
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	0,09	0,002	0,02	0,02	1,12	0,26	0,30	0,86	28,52
6.	Улица города Острогожск	0,16	отс.	отс.	0,01	1,16	0,38	0,41	1,73	17,53
7.	Улица города Семилуки	0,10	0,002	отс.	0,02	0,98	0,41	0,34	2,18	24,73
8.	Улица города Нововоронеж	0,13	отс.	0,01	0,02	0,47	0,20	0,17	3,51	10,53
9.	ВЛЭ (Каширский район)	0,16	0,002	0,03	0,01	0,83	0,06	0,06	5,53	32,64
10.	Агробиоценоз Лискинского района	0,09	0,002	отс.	0,02	1,14	0,43	0,18	2,64	18,64
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	0,14	отс.	0,01	0,01	1,24	0,39	0,32	0,69	26,62
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	0,14	отс.	отс.	0,02	0,79	0,28	0,20	1,58	17,27
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	0,17	0,002	0,01	0,02	0,93	0,04	0,12	2,99	25,64
14.	Агробиоценоз Грибановского района	0,11	отс.	отс.	0,01	1,07	0,23	0,07	1,64	16,53
15.	Агробиоценоз Хохольского района	0,13	0,002	отс.	0,01	0,98	0,32	0,25	3,09	19,53
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	0,17	отс.	отс.	0,01	0,79	0,08	0,32	1,72	13,62
17.	Агробиоценоз Репьевского района	0,14	отс.	0,01	0,01	0,91	0,28	0,10	2,05	24,61
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	0,15	0,002	0,01	0,02	1,19	0,19	0,21	1,10	23,00
19.	Агробиоценоз Панинского района	0,12	отс.	отс.	0,01	0,68	0,32	0,25	3,52	21,74
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	0,18	отс.	0,02	0,01	0,89	0,50	0,38	3,74	15,64
21.	Агробиоценоз Эртильского района	0,13	0,002	0,01	0,02	1,03	0,18	0,05	4,00	26,93
22.	Агробиоценоз Россошанского района	0,12	отс.	0,01	0,02	1,11	0,07	0,16	2,85	12,18
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	0,10	0,003	0,04	0,03	1,56	0,28	0,27	6,73	46,95
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	0,22	0,003	0,05	0,03	1,21	0,39	0,42	4,26	47,91
25.	Улица города Борисоглебск	0,12	0,002	0,02	0,02	0,93	0,58	0,67	5,84	52,48

26.	Улица города Калач	0,15	0,002	отс.	0,02	1,19	0,53	0,53	4,29	42,70
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	0,16	отс.	0,04	0,03	1,08	0,64	0,78	5,42	57,37
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	0,18	0,003	0,03	0,03	0,95	0,48	0,88	4,87	78,33
29.	На удалении 0-100 м от низовья Воронежского водохранилища	0,09	отс.	отс.	0,02	0,70	0,17	0,22	2,58	26,95
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж имени Петра I	0,21	0,002	0,02	0,02	1,17	0,22	0,16	3,02	31,07
31.	Улица города Воронеж	0,18	0,002	отс.	0,03	0,89	0,99	1,04	8,44	72,10
32.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,24	0,003	0,05	0,02	1,13	1,08	1,21	9,89	81,36
33.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,13	0,002	0,05	0,03	0,95	0,60	0,74	4,50	65,74
34.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,09	0,002	0,03	0,02	0,84	0,23	0,21	3,75	32,70
35.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,09	0,002	0,01	0,01	0,81	0,21	0,23	3,90	28,58
36.	0 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,23	0,002	0,04	0,01	1,28	0,96	1,10	8,73	71,95
37.	100 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,12	0,002	0,03	0,01	1,17	0,75	0,87	6,62	63,26
38.	200 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,08	0,002	0,03	0,02	0,98	0,68	0,55	4,44	48,55
39.	300 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,12	0,002	0,02	0,01	0,95	0,32	0,30	4,26	27,30
40.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,20	0,002	0,04	0,02	0,94	0,89	1,05	7,58	74,44
41.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,15	0,002	0,04	0,02	0,87	0,67	0,85	6,33	60,27
42.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,17	0,002	0,03	0,01	0,85	0,45	0,63	6,47	37,42
43.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,10	0,002	0,03	0,01	0,81	0,54	0,47	4,29	40,43
44.	0 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,17	отс.	0,03	0,01	0,76	0,25	0,32	2,63	27,75
45.	100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,12	отс.	0,03	0,01	0,56	0,15	0,34	2,72	21,04
46.	200 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,11	отс.	0,01	0,01	0,56	0,23	0,23	2,53	22,72
47.	300 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,09	отс.	0,01	0,01	0,54	0,32	0,20	1,82	20,05
48.	0 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,24	отс.	0,05	0,02	1,02	1,18	1,32	8,37	75,85
49.	100 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,14	отс.	0,04	0,02	0,85	0,58	0,75	5,74	54,77
50.	200 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,09	отс.	0,01	0,01	0,76	0,32	0,42	3,55	32,00
51.	300 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,07	отс.	0,01	0,01	0,57	0,12	0,22	3,17	23,53
<b>Среднее для Воронежской области</b>		0,14	0,001	0,02	0,02	0,93	0,39	0,42	3,99	35,62
<b>ПДК</b>		6,0	0,1	1,0	0,5	-				

Кобальт является важным микроэлементом, влияет на образование азотистых веществ и углеводов, участвует в транспорте их из вегетативных органов в генеративные, усиливает интенсивность дыхания и фотосинтеза, способствуя образованию хлорофилла. Концентрация кобальта в изучаемых образцах находилась в диапазоне от 0,05 мг/кг до 1,32 мг/кг, среднее значение – 0,42 мг/кг, что позволяет также отметить низкий уровень накопления кобальта данным видом сырья, вероятно, в силу наличия некоторых биохимических механизмов, препятствующих избыточному накоплению в генеративных органах ТМ, способных оказать влияние на процесс размножения. При этом значения содержания кобальта в образцах из заповедных зон и образцах территорий со значительной антропогенной нагрузкой мало отличалось, несколько повышенное содержание данного металла отмечалось в образцах, собранных вдоль автомобильных и железной дорог.

Медь также является важным микроэлементом в растениях, она входит в состав оксидаз, пластоцианинов, церулоплазмينا и регулирует большинство окислительно–восстановительных процессов. Концентрация меди в образцах цветков липы сердцевидной находилась в диапазоне от 0,69 мг/кг до 9,89 мг/кг, а среднее значение ее концентрации составило 3,99 мг/кг. Таким образом, медь также накапливается в цветках липы сердцевидной на определенном невысоком, необходимом для обеспечения жизненно важных процессов уровне, после чего его поступление в ткани цветка блокируется растением. Однако, загрязнение ЛРС в данном случае также возможно аэрозольным путем, так как для образцов, собранных вдоль крупных транспортных магистралей отмечено значительно более высокое содержание данного металла, чем для других образцов, собранных в зонах со значительным содержанием меди в почве.

Концентрация цинка в отобранных образцах липы сердцевидной варьировала от 12,18 до 81,36 мг/кг, а среднее его содержание составило 35,62 мг/кг. Таким образом видно, что цинк в данном ЛРС до определенного уровня накапливается из почв достаточно активно, в некоторых образцах даже в концентрации, превышающей концентрацию элемента в почве. Это связано с важным физиологическим значением цинка. Он активирует до 30 ферментных систем в растительной клетке, входит в состав активных центров ферментов ангидраз, дегидрогеназ, протеиназ и пептидаз.

#### **2.2.8. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в цветках пижмы обыкновенной**

Концентрация свинца, кадмия, ртути и мышьяка в цветках пижмы обыкновенной не превысила ПДК и оценивается крайне незначительное (табл. 9). Так, свинец в изучаемых образцах содержался в концентрации от

0,10 до 0,30 мг/кг, при этом его среднее содержание в почвах региона превышает указанные концентрации более, чем в 30 раз. Аналогичная картина наблюдается и для мышьяка: его содержание в отобранных цветках пижмы обыкновенной варьировало от 0,02 до 0,12 мг/кг. Концентрация ртути в цветках пижмы обыкновенной в отобранных образцах находилась в диапазоне от 0 (ниже предела определения) до 0,003 мг/кг, что более, чем в 20 раз меньше содержания элемента в почве. Кадмий содержался в изучаемых образцах сырья в концентрации от 0,01 до 0,07 мг/кг, что также значительно меньше концентраций кадмия в ВСП региона, которые отмечаются на уровне 0,02-0,71 мг/кг.

Аналогичная картина отмечается по накоплению хрома и кобальта в цветках пижмы обыкновенной. Содержание хрома в образцах данного ЛРС варьирует в диапазоне от 0,06 до 0,94 мг/кг, а кобальта – от 0,11 до 0,58 мг/кг, при этом отличия в концентрации данных элементов в образцах с территорий со значительной антропогенной нагрузкой и в контрольных (заповедных) образцах не значительны. Концентрация кобальта в ВСП исследуемых территорий варьирует в диапазоне от 1,84 до 21,78 мг/кг, а концентрация хрома – от 2,53 до 45,16 мг/кг, что в десятки раз превышает содержание данных элементов в изучаемом сырье.

Концентрация никеля в цветках пижмы обыкновенной имеет достаточно высокие значения в сравнении с другими элементами. Его содержание в среднем составляет 2,31 и варьирует от 1,69 до 4,07 мг/кг. То есть, данный элемент также не активно накапливается в цветках пижмы обыкновенной, вероятно, в результате наличия биохимического барьера, препятствующего избыточному концентрированию металла, однако, в сравнении с другими элементами, уровень содержания никеля в цветках пижмы гораздо выше.

Содержание меди в цветках пижмы обыкновенной варьирует в диапазоне от 3,40 до 12,84 мг. Сравнивая эти данные с содержанием меди в ВСП соответствующих территорий, видно, что при низком содержании элемента в почве, медь накапливается в цветках пижмы, даже в концентрациях, превышающих содержание ее в почве, что указывает на важную биохимическую роль элемента в тканях цветка (медь входит в состав многих оксидаз, регулирует большинство окислительно–восстановительных процессов). При значительном содержании меди в ВСП и даже превышающем ПКД, сырье с соответствующих территорий не накапливает данный металл, его уровень колеблется в районе 8-12 мг/кг, что, по-видимому, является физиологической нормой для цветков пижмы обыкновенной.

Таблица 9

Содержание ТМиМ в образцах цветков пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Концентрация элемента, мг/ кг								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	0,12	отс.	0,02	0,02	2,02	0,14	0,16	3,74	18,50
2.	Территория Хоперского государственного природного заповедника	0,10	отс.	0,03	0,03	1,78	0,25	0,16	5,36	19,60
3.	Территория Теллермановского леса (Борисоглебский район)	0,11	отс.	0,01	0,03	1,49	0,06	0,24	4,65	24,10
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	0,13	0,002	0,04	0,07	2,75	0,15	0,29	7,48	20,25
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	0,17	отс.	0,02	0,03	2,19	0,19	0,17	8,58	25,26
6.	Улица города Острогожск	0,14	0,003	0,02	0,07	2,71	0,11	0,26	9,60	27,59
7.	Улица города Семилуки	0,17	0,002	0,04	0,06	1,93	0,43	0,20	9,85	25,75
8.	Улица города Нововоронеж	0,12	0,003	0,01	0,09	1,69	0,37	0,11	3,40	19,50
9.	ВЛЭ (Каширский район)	0,18	0,002	0,03	0,05	2,25	0,25	0,17	4,32	26,31
10.	Агробиоценоз Лискинского района	0,19	0,003	0,03	0,08	1,82	0,33	0,29	8,52	18,40
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	0,12	отс.	0,02	0,09	1,79	0,29	0,19	6,53	20,11
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	0,20	отс.	0,03	0,05	2,37	0,18	0,30	8,50	19,53
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	0,18	0,003	0,04	0,04	2,12	0,27	0,15	9,13	22,50
14.	Агробиоценоз Грибановского района	0,22	0,003	0,04	0,10	2,02	0,41	0,31	7,60	25,15
15.	Агробиоценоз Хохольского района	0,18	отс.	0,03	0,02	1,84	0,19	0,21	8,31	25,91
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	0,20	0,003	0,04	0,06	2,12	0,20	0,24	5,89	19,36
17.	Агробиоценоз Репьевского района	0,20	отс.	0,03	0,05	2,04	0,37	0,19	6,68	22,63
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	0,16	отс.	0,02	0,06	2,13	0,19	0,15	9,58	20,18
19.	Агробиоценоз Панинского района	0,10	0,002	0,03	0,11	1,94	0,29	0,12	4,65	25,80
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	0,18	0,003	0,04	0,09	1,85	0,32	0,19	8,42	19,37
21.	Агробиоценоз Эртильского района	0,17	0,002	0,02	0,07	1,78	0,41	0,20	6,79	24,91
22.	Агробиоценоз Россошанского района	0,13	отс.	0,02	0,05	2,57	0,24	0,32	8,20	20,03
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	0,14	0,003	0,07	0,04	3,48	0,64	0,43	10,64	55,72
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	0,33	0,003	0,08	0,04	4,07	0,48	0,46	9,42	42,60
25.	Улица города Борисоглебск	0,17	0,003	0,06	0,03	2,22	0,52	0,32	8,49	33,08

26.	Улица города Калач	0,20	0,003	0,05	0,09	3,60	0,63	0,39	8,70	40,90
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	0,19	0,003	0,06	0,04	1,76	0,87	0,53	9,52	41,72
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	0,18	0,002	0,03	0,04	1,68	0,59	0,50	10,15	48,94
29.	На удалении 0-100 м от низовья Воронежского водохранилища	0,22	отс.	0,04	0,03	2,49	0,35	0,19	5,19	24,81
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж имени Петра I	0,30	0,003	0,05	0,09	2,94	0,60	0,38	10,63	21,95
31.	Улица города Воронеж	0,25	0,002	0,06	0,07	3,07	0,92	0,58	11,54	53,20
32.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,27	0,002	0,07	0,10	3,72	0,85	0,53	13,92	45,83
33.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,25	0,003	0,07	0,06	3,34	0,78	0,48	10,64	31,70
34.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,19	0,003	0,04	0,03	2,52	0,51	0,22	8,27	21,96
35.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	0,19	0,003	0,04	0,03	2,05	0,43	0,22	8,05	25,80
36.	0 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,25	0,002	0,05	0,09	3,85	0,94	0,53	12,84	40,40
37.	100 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,22	0,003	0,05	0,06	3,03	0,74	0,42	10,99	31,75
38.	200 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,20	0,003	0,03	0,04	2,73	0,63	0,38	9,42	29,60
39.	300 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	0,17	0,003	0,03	0,02	2,01	0,59	0,30	7,49	28,00
40.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,27	0,003	0,06	0,06	2,85	0,83	0,48	10,97	42,07
41.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,24	0,003	0,05	0,06	2,71	0,63	0,44	11,37	40,06
42.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,21	0,003	0,04	0,03	2,23	0,62	0,46	8,50	36,62
43.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	0,20	0,003	0,04	0,02	1,72	0,62	0,39	8,36	25,74
44.	0 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,17	0,003	0,03	0,04	2,14	0,35	0,34	8,99	32,08
45.	100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,16	отс.	0,03	0,04	1,93	0,29	0,32	7,98	30,96
46.	200 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,16	отс.	0,02	0,02	1,72	0,25	0,33	8,26	27,63
47.	300 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	0,16	отс.	0,02	0,02	1,75	0,24	0,32	7,33	23,71
48.	0 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,25	0,002	0,03	0,12	2,85	0,84	0,58	12,80	49,04
49.	100 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,19	0,003	0,03	0,10	2,73	0,64	0,38	9,52	32,10
50.	200 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,14	0,003	0,02	0,07	2,01	0,38	0,32	8,10	26,09
51.	300 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	0,14	0,002	0,02	0,04	2,00	0,27	0,34	8,35	23,57
<b>Среднее для Воронежской области</b>		0,19	0,002	0,04	0,06	2,36	0,44	0,32	8,47	29,38
<b>ПДК</b>		6,0	0,1	1,0	0,5	-	-	-	-	-

Цинк содержался в изучаемых образцах цветков пижмы обыкновенной в концентрации от 18,50 до 49,04 мг/кг. Сравнивая полученные значения с данными по почвам, можно также отметить накопление элемента в концентрациях, превышающих содержание в ВСП, для районов, обедненных цинком (отмечено для контрольных территорий), что можно связать с важной биохимической ролью цинка (входит в состав ряда ферментов – карбоангидразы, дегидрогеназы, супероксиддисмутаза, щелочной фосфатазы, фосфолипазы, РНК-полимераза и др.) При этом сырье, произрастающее на почвах, загрязненных данным металлом, накапливало цинк в значительно меньшей степени (в 2-3 раза меньше, чем его содержалось в почве), что, вероятно, также связано с наличием физиологического барьера.

### **2.2.9. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в корнях одуванчика лекарственного**

Содержание свинца в изучаемых образцах корней одуванчика лекарственного варьировало от 0,95 мг/кг до 4,83 мг/кг (табл. 10). Для всех изучаемых образцов отмечено соответствие требованиям ФС по количественному содержанию данного металла. Для образцов контрольных территорий характерна концентрация свинца в корнях одуванчика лекарственного от 1,49 мг/кг до 1,87 мг/кг. В сырье, произрастающем вблизи сельскохозяйственных угодий, отмечено более широкое варьирование содержания элемента – от 0,95 мг/кг до 3,02 мг/кг. Так же сильно варьирующие результаты получены для образцов, заготовленных в урбанизированных условиях – от 1,04 мг/кг до 4,83 мг/кг. При этом самые значительные уровни накопления свинца можно отметить для корней одуванчика лекарственного, произрастающего вблизи предприятий ОАО «Минудобрения» в Россошанском районе, ООО «Бормаш» в Поворинском районе, ОАО «Воронежсинтезкаучук» в г. Воронеже, вблизи аэропорта, на улице г. Калач, вдоль автотрасс и железной дороги.

Содержание ртути в изучаемых образцах корней одуванчика лекарственного варьирует от 0,003 мг/кг до 0,006 мг/кг, что значительно меньше ПДК, установленной ГФ в 0,1 мг/кг. Низкое накопление ртути и свинца в изучаемом сырье можно связать с тем, что в почвах они могут связываться с гуминовыми кислотами, образуя прочные комплексы, что снижает их доступность для растений. Кроме того, возможно также наличие физиологического барьера всасывания и накопления данных ТМ, вызывающих в растительном организме блокировку сульфгидрильных групп аминокислот, в следствии чего происходит снижение ферментативной активности, подавление процессов дыхания, фотосинтеза.



Таблица 10

Содержание ТМиМ в образцах корней одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Концентрация элемента, мг/ кг								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	1,87	0,003	0,03	0,12	0,93	3,45	4,28	4,89	28,61
2.	Территория Хоперского государственного природного заповедника	1,76	0,004	0,04	0,09	0,87	4,50	5,26	4,62	23,66
3.	Территория Теллермановского леса (Борисоглебский район)	1,49	0,003	0,02	0,10	0,67	3,92	4,90	6,43	35,19
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	1,10	0,004	0,04	0,12	1,03	3,56	7,38	5,28	27,78
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	1,94	0,004	0,06	0,11	1,74	4,81	8,17	7,02	20,17
6.	Улица города Острогожск	2,53	0,003	0,09	0,17	1,95	5,08	7,86	8,49	45,90
7.	Улица города Семилуки	2,82	0,005	0,11	0,20	1,72	6,11	5,56	6,39	56,25
8.	Улица города Нововоронеж	1,12	0,004	0,12	0,14	1,99	4,30	6,33	4,17	29,04
9.	ВЛЭ (Каширский район)	2,35	0,003	0,16	0,20	2,13	6,09	5,12	7,30	38,27
10.	Агробиоценоз Лискинского района	2,63	0,003	0,07	0,13	1,20	5,14	7,26	8,48	20,80
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	0,95	0,004	0,09	0,20	1,58	7,05	4,97	6,90	37,10
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	1,71	0,005	0,05	0,19	1,83	4,10	6,16	6,09	36,16
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	2,74	0,003	0,07	0,12	1,82	4,97	7,81	7,85	28,40
14.	Агробиоценоз Грибановского района	2,72	0,004	0,12	0,15	0,91	6,25	4,90	8,16	33,86
15.	Агробиоценоз Хохольского района	1,49	0,003	0,08	0,21	1,96	6,99	7,13	9,05	48,28
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	1,34	0,003	0,10	0,23	1,28	3,13	8,25	6,72	28,18
17.	Агробиоценоз Репьевского района	1,51	0,003	0,13	0,20	1,83	4,33	5,88	5,80	43,29
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	1,08	0,004	0,15	0,15	2,03	3,98	8,55	6,81	31,22
19.	Агробиоценоз Панинского района	3,02	0,004	0,17	0,22	1,29	4,87	6,30	4,95	54,61
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	2,63	0,003	0,11	0,25	1,92	4,03	4,85	6,31	39,35
21.	Агробиоценоз Эртильского района	2,73	0,005	0,10	0,12	1,70	5,77	6,97	7,80	44,23
22.	Агробиоценоз Россошанского района	2,84	0,004	0,09	0,21	1,98	6,00	7,34	8,45	37,15
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	3,83	0,006	0,15	0,43	2,85	12,57	13,58	10,57	97,45
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	4,83	0,006	0,18	<b>0,56</b>	4,14	11,41	9,67	12,64	79,97
25.	Улица города Борисоглебск	2,85	0,005	0,15	0,21	2,36	10,95	7,45	8,54	72,84

26.	Улица города Калач	3,04	0,005	0,12	0,21	2,80	12,34	6,08	9,48	62,86
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	2,10	0,005	0,14	<b>0,68</b>	2,91	9,01	11,02	9,58	78,59
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	3,09	0,005	0,09	0,24	2,68	8,52	8,37	8,36	92,75
29.	На удалении 0-100 м от низовья Воронежского водохранилища	2,04	0,004	0,13	0,21	2,07	5,66	7,14	7,02	42,75
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж имени Петра I	4,36	0,006	0,14	0,23	2,57	6,84	6,06	8,60	38,61
31.	Улица города Воронеж	2,39	0,005	0,12	0,25	2,85	14,04	14,81	11,64	79,48
32.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	3,27	0,006	0,17	0,27	3,83	12,29	10,09	13,07	77,41
33.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	2,53	0,006	0,17	0,25	3,06	7,65	7,58	9,53	57,82
34.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	1,95	0,004	0,11	0,18	2,98	6,21	5,94	6,74	45,96
35.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	1,37	0,004	0,10	0,19	2,02	5,03	4,59	6,40	44,98
36.	0 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	2,80	0,005	0,12	0,24	3,35	9,88	8,75	10,78	62,09
37.	100 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	2,46	0,006	0,04	0,18	2,94	7,64	9,00	9,75	57,27
38.	200 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	2,02	0,006	0,03	0,14	2,78	6,23	6,54	8,30	54,00
39.	300 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,49	0,005	0,03	0,12	2,34	5,54	5,85	8,59	52,89
40.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	2,50	0,006	0,13	0,16	2,73	9,74	9,75	11,86	84,37
41.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	2,15	0,006	0,09	0,15	2,32	7,49	10,28	10,75	78,20
42.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,74	0,005	0,10	0,12	1,73	6,53	9,20	10,05	71,46
43.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,86	0,005	0,08	0,11	1,47	4,75	8,77	9,54	49,66
44.	0 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	1,47	0,004	0,09	0,20	2,17	4,93	6,58	7,53	48,63
45.	100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	1,13	0,003	0,08	0,20	2,04	4,95	5,14	6,44	43,85
46.	200 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	1,04	0,003	0,08	0,15	1,73	4,68	5,70	6,72	41,90
47.	300 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	1,17	0,003	0,08	0,15	1,28	4,19	6,10	5,60	42,07
48.	0 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	2,64	0,004	0,13	0,37	2,84	6,43	11,80	14,63	64,28
49.	100 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	1,94	0,005	0,09	0,32	2,52	5,90	6,37	10,53	53,08
50.	200 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	1,73	0,004	0,05	0,25	2,24	4,17	5,12	5,84	45,97
51.	300 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	1,52	0,004	0,05	0,20	2,36	4,11	5,70	5,79	50,64
<b>Среднее для Воронежской области</b>		2,19	0,004	0,10	0,21	2,12	6,43	7,34	8,09	50,18
<b>ПДК</b>		6,0	0,1	1,0	0,5	-				

Уровень накопления кадмия во всех изучаемых образцах корней одуванчика лекарственного также оценивается как незначительный – от 0,03 мг/кг до 0,18 мг/кг, что значительно ниже ПДК элемента, установленной ГФ в 1,0 мг/кг. Концентрация кадмия в почвах изучаемых территорий от 0,02 мг/кг до 0,71 мг/кг. При низкой концентрации элемента в ВСП уровень его накопления в корнях растения весьма высок и достигает в некоторых образцах 150% (например, в корнях одуванчика лекарственного, заготовленного в Воронежском природном биосферном заповеднике). Известно, что кадмий поступает в растение через системы поглощения ионов кальция, цинка и железа, а распределение кадмия идет преимущественно по апопластному пути, при этом некоторое количество данного металла может транспортироваться и по симпластному пути. Кадмий обладает высокой подвижностью, он способен поступать в корень через ткани первичной коры и достигать ксилемы, образуя комплексы с органическими солями и металлсвязывающими пептидами-фитохелатинами, затем может проникать и паренхиму. Однако при увеличении содержания кадмия в почве уровень его накопления в корнях одуванчика лекарственного снижается, и при концентрации элемента, например, в ВСП вблизи ООО «Бормаш» на уровне 0,71 мг/кг, концентрация его в растительном сырье составляет порядка 0,18 мг/кг, что говорит о наличии физиологического барьера проникновения больших количеств кадмия в растение. Известно, что клетки ризодермы и чехлика корней способны выделять слизь, содержащую уроновые кислоты, за счет которых происходит защелачивание окружающей ризодерму среды, что снижает растворимость кадмия и других токсичных металлов.

Мышьяк относится к элементам слабого накопления, преимущественно поступающий через корневую систему. Концентрация мышьяка в анализируемых образцах корней одуванчика варьировала от 0,09 мг/кг до 0,68 мг/кг. Содержание элемента в почвах изучаемых территорий отмечена на уровне от 0,55 мг/кг до 3,81 мг/кг, что говорит о невысоком уровне накопления растительным сырьем данного токсиканта. Для образцов, заготовленных в условиях контрольных территорий, на которых ограничена хозяйственная деятельность человека, отмечено наименьшее содержание мышьяка – от 0,09 мг/кг до 0,12 мг/кг. В образцах, произрастающих в условиях агробиоценозов, концентрация элемента варьировала на уровне от 0,11 мг/кг до 0,25 мг/кг. Наибольший уровень содержания мышьяка отмечен в корнях одуванчика лекарственного, произрастающего в условиях урбобиоценозов. Так в двух образцах – заготовленных вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» в Левобережном районе г. Воронежа и вблизи ООО «Бормаш» в Поворинском районе области, - превышена ПДК данного токсиканта, установленная ГФ в 0,5 мг/кг. Также высокие концентрации мышьяка выявлены для корней одуванчика лекарственного, произрастающего вблизи ОАО «Минудобрения» в Россошанском районе, вдоль и на удалении 100 м от

железной дороги, вдоль трассы А144 в Аннинском районе, вдоль и на удалении 100 м от автомагистрали М4 в Рамонском районе, на улице г. Воронежа. Содержание данного элемента в почвах изучаемых территорий отмечена на уровне от 0,55 мг/кг до 3,81 мг/кг, что говорит о невысоком уровне накопления растительным сырьем мышьяка из почв.

Концентрация никеля в исследуемых корнях одуванчика лекарственного отмечена на уровне 0,67 – 4,14 мг/кг. Никель – жизненно необходимый для растения элемент, входящий в активный центр ферментов – уреазы, нитратредуктазы, гидрогеназы. Соли никеля хорошо всасываются растением из почв, если рН почвенного раствора не превышает 6,7. При этом накопление никеля из почв также нельзя считать значительным, так уровень его содержания в ВСП изучаемых территорий на порядки выше – от 2,23 мг/кг до 98,25 мг/кг. Наименьший уровень концентрации никеля отмечен в образцах, заготовленных на заповедных территориях (от 0,67 мг/кг до 0,93 мг/кг). В корнях одуванчика лекарственного, произрастающего вдоль сельскохозяйственных угодий, содержание данного металла варьировало от 1,03 мг/кг до 2,03 мг/кг. Для образцов, заготовленных в урбобиоценозах области, отмечено более высокое накопление никеля, варьирующее от 1,28 мг/кг до 4,14 мг/кг. При этом наиболее значительные концентрации никеля выявлены для корней одуванчика лекарственного, произрастающих вблизи предприятий ООО «Бормаш» (Поворинский район), ОАО «Минудобрения» (Россошанский район), ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж), ОАО «Воронежсинтезкаучук» (г. Воронеж), на улицах городов Калач, Борисоглебск, Воронеж, вблизи автомобильных трасс М4 и А 144, вблизи железной дороги. Для этих же территорий характерно и более высокое загрязнение ВСП солями никеля, при этом уровень накопления никеля из почв остается невысоким, что можно объяснить наличием физиологического барьера накопления больших количеств никеля в растении, так как данный металл в избытке способен проявлять токсические свойства (подавление процессов транспирации, роста и развития растения).

Уровень накопления солей хрома в корнях одуванчика лекарственного можно оценить как высокое. Так, его концентрация в сырье варьирует от 3,13 мг/кг до 14,04 мг/кг. Уровень содержания хрома в ВСП - от 2,53 мг/кг до 45,16 мг/кг. При невысокой концентрации металла в почвах, накопление его в сырье близится к единице (это характерно, например, для всех заповедных территорий отбора образцов и для большинства агробиоценозов). Но при увеличении содержания хрома в ВСП отмечается снижение уровня накопления его в корнях растения, что отмечено нами для образцов, заготовленных в условиях урбобиоценозов (вблизи промышленных предприятий (ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», ОАО «Воронежсинтезкаучук»), на улицах крупных городов (Воронеж, Калач, Борисоглебск)), вблизи автомобильных и железной дорог. Хром хорошо

всасывается корнями растений в виде анионных комплексов при pH не выше 6,1 и накапливается большей частью в корневой системе. При этом избыток хрома вызывает повреждение корней и подавление их роста, вызывает развитие хлорозов и некрозов, поэтому возможно предположить наличие физиологических механизмов блокирования избыточного накопления хрома.

Сходным хромом можно назвать характер накопления кобальта в корнях одуванчика лекарственного. Кобальт также является жизненно важным элементом в растительном организме. Он активизирует обмен углеводов и азотистых веществ, участвует в регуляции процессов фотосинтеза и дыхания. При недостатке данного элемента отмечается замедление роста и развития растения, сходное с проявлениями дефицита азота. Кобальт хорошо всасывается корневой системой растений в виде анионных комплексов из почвенных растворов, однако, при его избытке происходит торможение поглощения и транспортировки других жизненно важных элементов (железа, марганца), что способствует развитию у растений хлороза вторичного происхождения. В изучаемых образцах концентрация кобальта варьировала от 4,28 мг/кг до 14,81 мг/кг. Содержание его в ВСП характеризуется значениями от 1,84 мг/кг до 21,78 мг/кг. В ряде случаев для корней одуванчика лекарственного отмечено накопление хрома в концентрациях, превышающих его концентрации в почвах его произрастания, что особенно характерно для сырья, заготовленного в заповедных зонах и в агробиоценозах (например, в с. Елань-Колено, Нижнедевицком, Грибановском, Хохольском, Новохоперском, Эртильском районах). Однако при более высоком уровне содержания кобальта в почвах, что характерно для ряда урбанизированных территорий (например, вблизи промышленных предприятий, на улицах городов, вблизи автотрасс), уровень накопления элемента снижается.

Концентрация меди в изучаемых образцах корней одуванчика лекарственного варьировала от 4,17 мг/кг до 14,63 мг/кг. Изучаемое сырье показало себя аккумулятором меди. В ряде корней одуванчика лекарственного, заготовленных в условиях заповедных территорий и агробиоценозов, содержание данного элемента отмечается в количестве близком или даже превышающем концентрацию его в ВСП (например, в образцах, произраставших в Воронежском биосферном заповеднике, на территории Теллермановского леса, в Лискинском, Ольховатском районах). Медь – физиологически важный элемент, при недостатке которого происходит нарушение развития корневой системы, задержка роста и развития. Однако избыток данного элемента также токсичен для растения, так как провоцирует дефицит железа из-за подавления поглощения его корневой системой. Вероятно, поэтому в образцах корней одуванчика лекарственного, произраставших на почвах, содержащих высокое

количество меди (вблизи промышленных предприятий ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», вдоль автомобильных трасс М4 и А144, вдоль железнодорожного полотна), отмечается меньшая степень накопления элемента, что указывает на наличие физиологического барьера всасывания его избытка.

Сходный с медью характер накопления в корнях одуванчика лекарственного отмечен нами для цинка – так же физиологически важного элемента, уровень содержания которого в исследуемом сырье варьировал от 20,17 мг/кг до 97,45 мг/кг. Цинк легко подвижен в почвах, хорошо всасывается корнями растений из кислых почвенных растворов, устойчивость органических комплексов цинка невысока. Вероятно, поэтому, на территориях контрольных зон и агробиоценозов, в ВСП которых отмечено относительно невысокое содержание цинка, нами отобраны образцы корней одуванчика лекарственного с концентрацией данного элемента равной или в большинстве случаев превышающей концентрацию его в почве, что указывает на значительную аккумуляционную способность растения в отношении цинка. Также высокий уровень накопления металла выявлен для образцов ЛРС, заготовленного на урбанизированных территориях, где в ряде случаев отмечено превышение ПДК цинка в почвах. Более низкое накопление цинка (на уровне 50-60%) из ВСП показано лишь для образцов, произрастающих вблизи ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», вдоль автотрасс М4 и А144 и железной дороги, где отмечено очень высокое загрязнение почв металлом. Данный факт может указывать на то, что цинк в корнях одуванчика лекарственного может аккумулироваться до какого-то определенного (сравнительно высокого) уровня концентрации, после чего, вероятно, происходит активизация системы физиологического барьера накопления элемента, избыток которого также способен подавлять всасывание и проведение в корневой системе растения других жизненно важных элементов (железа и марганца), что ведет к замедлению роста организма и хлорозу листовых пластинок.

#### **2.2.10. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в корнях лопуха обыкновенного**

Концентрация свинца в изучаемых корнях лопуха обыкновенного варьировала от 0,59 мг/кг до 4,88 мг/кг (табл. 11). Все образцы соответствуют требованиям ФС по содержанию данного элемента. При этом корни лопуха обыкновенного, произраставшего в условиях заповедных зон, содержали свинец на уровне 0,59-0,88 мг/кг, образцы, собранные вдоль сельскохозяйственных полей – 1,12-2,59 мг/кг, а в сырье, заготовленном в условиях урбанизации – 1,15-4,88 мг/кг. Наиболее высокие концентрации свинца отмечены в изучаемых образцах с территорий, расположенных вблизи ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», ОАО

«Воронежсинтезкаучук», аэропорта, на улице г. Воронежа, вдоль трассы М4 и вдоль железнодорожного полотна. Сравнивая полученные значения с содержанием свинца в почвах районов, в которых производился сбор образцов (от 1,71 мг/кг до 34,57 мг/кг), можно сделать вывод о малом накоплении металла корнями лопуха обыкновенного.

Содержание солей ртути в изучаемых объектах невысоко и колебалось от 0,003 мг/кг до 0,006 мг/кг, что более, чем в десять раз меньше ПДК, установленной ГФ в 0,1 мг/кг. При этом содержание элемента мало варьировало в зависимости от места заготовки сырья. Концентрация ртути в почвах районов произрастания анализируемых корней лопуха обыкновенного значительно больше – от 0,01 до 0,24 мг/кг.

Концентрация кадмия в образцах лопуха обыкновенного, заготовленного на территории Воронежской области, варьировала от 0,02 мг/кг до 0,28 мг/кг в зависимости от места сбора сырья и не превышала ПДК, установленной ГФ в 1,0 мг/кг. Так, в образцах контрольных территорий содержание элемента составило 0,02-0,04 мг/кг, в агробиоценозах региона – от 0,07 мг/кг до 0,17 мг/кг, а в корнях лопуха обыкновенного, произраставшего на урбанизированных территориях – от 0,02 мг/кг до 0,28 мг/кг. Ионы кадмия подвижны в почвенном растворе, поступают в корень через ткани первичной коры и достигают ксилемы, образуя комплексы с органическими солями и металлсвязывающими пептидами-фитохелатинами. Но в больших количествах данный металл способен задерживать рост и развитие корневой системы растения, а также вызывать ее повреждение, подавляя активность ферментных систем белкового и нуклеинового обмена. Этим можно объяснить тот факт, что при низкой концентрации кадмия в ВСП, элемент накапливался примерно в такой же концентрации в корнях лопуха обыкновенного (это заметно на примере образцов контрольных зон), а при повышении содержания металла в почве степень его накопления в анализируемом сырье значительно снижалась (например в ЛРС, заготовленном вблизи автотрасс М4 и А144 и предприятий ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения»).

Концентрация мышьяка, который в небольших количествах является жизненно необходимым элементом, участвующим в обмене фосфора, варьировала в корнях лопуха обыкновенного от 0,14 мг/кг до 0,81 мг/кг. Для корней лопуха обыкновенного, произраставшего на контрольных территориях, лишенных антропогенного воздействия, характерна концентрация мышьяка 0,14-0,26 мг/кг. Сырье, заготовленное в агробиоценозах области, содержало 0,16-0,31 мг/кг, а в урбобиоценозах – 0,15-0,81 мг/кг мышьяка. При этом, в трех анализируемых образцах сырья (корни лопуха обыкновенного, заготовленные вблизи промышленных предприятий ОАО «Минудобрения», ООО «Бормаш» и вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС») содержание мышьяка превысило ПДК, установленную ГФ в 0,5

мг/кг. Содержание элемента в почвах изучаемых территорий отмечена на уровне от 0,55 мг/кг до 3,81 мг/кг, что говорит о невысоком уровне накопления растительным сырьем данного токсиканта, что, вероятно, связано с наличием физиологического барьера, препятствующего избыточному поступлению мышьяка, который в больших количествах вызывает замедление роста растения и клеточный плазмоз.

Концентрация никеля в корнях лопуха обыкновенного отмечена на уровне 1,37 мг/кг – 5,94 мг/кг, и при этом сильно варьирует в зависимости от места заготовки сырья. Содержание элемента в образцах, произраставших на контрольных территориях, составила 2,08-2,76 мг/кг, в агробиоценозах – 1,37-4,15 мг/кг, а на урбанизированных территориях – 2,14-5,94 мг/кг. Наибольшие концентрации металла отмечены вблизи промышленных предприятий ОАО «Минудобрения» и ООО «Бормаш». По-видимому, в данном случае также происходит блокировка накопления избытка токсиканта, вызывающего подавление процесса транспирации, остановку роста и развития растения.

Уровень накопления хрома в корнях лопуха обыкновенного Воронежской области составил 2,32 мг/кг – 13,36 мг/кг и является также невысоким при сопоставлении с содержанием хрома в ВСП. При низком содержании хрома в почве заповедных территорий, элемент накапливался в растительном сырье достаточно эффективно, его концентрации составили 2,32 мг/кг – 3,09 мг/кг, что близко к почвенным концентрациям (2,86 мг/кг – 3,90 мг/кг). В условиях агробиоценозов содержание хрома в сырье составило 2,88 мг/кг – 7,13 мг/кг при концентрации его в ВСП на уровне 2,53-12,88 мг/кг, что также указывает на значительный уровень накопления элемента. Однако на урбанизированных территориях, испытывающих значительное антропогенное воздействие (вблизи промышленных предприятий, на улицах городов, вблизи транспортных магистралей), заготовленные корни лопуха обыкновенного содержали хром в концентрациях, значительно более низких, чем содержание элемента в почве. Объяснить данные особенности накопления хрома можно тем, что он является жизненно необходимым для растительного организма элементом, активизирующим ряд биохимических процессов (фотосинтез, биосинтез белка и нуклеиновых кислот) и ферментов (протезы, каталазы). Хром хорошо всасывается корнями растений в виде анионных комплексов при pH не выше 6,1 и накапливается большей частью в корневой системе. Но избыток данного металла вызывает повреждение корней и подавление их роста, поэтому возможно предположить наличие механизмов блокирования избыточного накопления хрома.



Таблица 11

Содержание ТМиМ в образцах корней лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Концентрация элемента, мг/ кг								
		Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	0,59	0,004	0,04	0,26	2,16	2,32	3,53	7,84	29,08
2.	Территория Хоперского государственного природного заповедника	0,88	0,003	0,02	0,20	2,76	3,09	2,17	8,29	33,96
3.	Территория Теллермановского леса (Борисоглебский район)	0,63	0,003	0,03	0,14	2,08	2,67	3,21	9,52	35,74
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	0,87	0,004	0,07	0,18	2,14	5,72	3,51	10,63	37,95
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	1,14	0,004	0,12	0,17	1,05	4,96	4,60	8,84	25,63
6.	Улица города Острогожск	2,17	0,005	0,11	0,25	2,94	6,76	5,37	11,60	45,74
7.	Улица города Семилуки	1,86	0,004	0,14	0,27	3,15	5,23	6,17	9,34	44,17
8.	Улица города Нововоронеж	1,74	0,005	0,02	0,19	1,86	3,90	3,12	6,46	26,83
9.	ВЛЭ (Каширский район)	2,08	0,004	0,12	0,34	3,78	6,10	3,93	7,75	32,05
10.	Агробιοценоз Лискинского района	2,27	0,005	0,15	0,20	1,37	5,32	5,74	8,88	27,47
11.	Агробιοценоз Ольховатского района	1,54	0,004	0,17	0,30	3,14	6,14	3,84	9,16	34,91
12.	Агробιοценоз Подгоренского района	2,17	0,003	0,11	0,30	3,76	3,00	5,82	7,58	30,07
13.	Агробιοценоз Петропавловского района	2,72	0,003	0,10	0,17	1,57	3,24	6,54	8,59	29,58
14.	Агробιοценоз Грибановского района	2,56	0,004	0,15	0,31	4,20	3,52	7,40	10,64	36,90
15.	Агробιοценоз Хохольского района	2,21	0,005	0,09	0,21	4,04	5,86	2,48	8,40	41,90
16.	Агробιοценоз Новохоперского района	2,17	0,004	0,07	0,20	3,65	2,88	3,69	7,44	29,01
17.	Агробιοценоз Репьевского района	2,08	0,005	0,17	0,28	4,15	4,16	4,06	9,35	31,02
18.	Агробιοценоз Воробьевского района	1,12	0,005	0,10	0,16	3,78	3,09	5,26	8,49	21,04
19.	Агробιοценоз Панинского района	2,00	0,004	0,16	0,31	2,85	7,13	3,71	10,56	44,18
20.	Агробιοценоз Верхнехавского района	2,16	0,004	0,15	0,36	2,74	5,32	6,20	9,38	39,39
21.	Агробιοценоз Эртильского района	2,02	0,003	0,09	0,20	3,52	3,03	4,88	10,03	48,17
22.	Агробιοценоз Россошанского района	2,59	0,004	0,17	0,31	4,04	5,22	5,10	7,84	37,22
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	4,11	0,005	0,22	<b>0,60</b>	4,57	13,36	12,52	12,24	76,37
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	4,88	0,005	0,27	<b>0,81</b>	5,94	10,27	9,53	15,00	62,01
25.	Улица города Борисоглебск	2,32	0,005	0,15	0,29	4,14	8,50	8,80	8,96	59,04

26.	Улица города Калач	2,73	0,005	0,12	0,25	3,12	9,38	7,05	9,45	55,39
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	1,15	0,006	0,07	<b>0,67</b>	2,84	7,12	9,06	7,75	60,28
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	3,81	0,006	0,08	0,42	3,51	9,20	6,29	9,22	70,36
29.	На удалении 0-100 м от низовья Воронежского водохранилища	2,76	0,005	0,10	0,32	3,72	3,33	5,25	5,31	39,01
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж имени Петра I	4,44	0,004	0,15	0,40	3,91	4,87	4,36	9,63	28,69
31.	Улица города Воронеж	3,11	0,005	0,11	0,47	3,12	7,46	13,85	12,25	67,37
32.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	3,66	0,004	0,28	<b>0,53</b>	2,97	6,09	8,63	15,78	57,49
33.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	2,05	0,005	0,25	0,46	2,84	4,99	7,69	11,53	42,08
34.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	2,01	0,004	0,08	0,41	2,08	3,80	4,51	8,90	36,84
35.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	1,15	0,005	0,10	0,34	2,14	3,78	3,86	9,27	35,01
36.	0 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	3,18	0,003	0,17	0,29	3,74	9,23	6,63	13,04	63,72
37.	100 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	2,89	0,004	0,12	0,27	3,12	7,07	7,80	11,55	55,17
38.	200 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	2,01	0,004	0,12	0,23	2,98	6,31	6,31	9,75	41,05
39.	300 м от автомагистрали А144 в Аннинском районе	1,52	0,003	0,04	0,18	2,94	5,38	3,85	9,59	32,98
40.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	3,01	0,005	0,12	0,27	4,04	6,18	9,65	14,81	61,05
41.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	2,56	0,005	0,17	0,25	3,87	4,88	7,02	12,98	56,15
42.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	2,08	0,005	0,12	0,21	2,98	3,94	7,67	10,64	51,59
43.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	1,97	0,005	0,09	0,15	3,15	3,42	4,26	9,49	42,77
44.	0 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	2,01	0,003	0,07	0,31	2,70	4,79	3,52	9,75	45,84
45.	100 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	1,72	0,003	0,04	0,27	2,54	4,86	4,09	8,60	41,73
46.	200 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	1,41	0,003	0,04	0,25	2,42	3,38	3,86	8,25	37,16
47.	300 м от дороги обычного типа в Богучарском районе	1,38	0,003	0,04	0,20	2,16	3,60	4,78	8,09	37,39
48.	0 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	3,09	0,004	0,22	0,43	3,82	7,35	9,63	16,62	53,04
49.	100 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	2,14	0,004	0,24	0,41	3,51	5,07	5,72	14,23	49,63
50.	200 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	1,06	0,003	0,18	0,37	3,26	4,20	4,12	10,56	42,46
51.	300 м от железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги	1,01	0,003	0,17	0,31	3,17	3,75	4,22	8,79	39,95
<b>Среднее для Воронежской области</b>		2,17	0,004	0,12	0,31	3,14	5,38	5,78	9,97	43,21
<b>ПДК</b>		6,0	0,1	1,0	0,5	-				

В образцах корней лопуха обыкновенного контрольных территорий, лишенных антропогенного воздействия, кобальт определялся в концентрациях 2,17 мг/кг - 3,53 мг/кг, что указывает на эффективное накопление металла из почв. В корнях лопуха обыкновенного, произраставших вдоль сельскохозяйственных угодий, кобальт накапливался в концентрациях 2,48 мг/кг - 7,40 мг/кг, что несколько ниже его содержания в почвах районов сбора, которые составили 4,02 мг/кг - 10,04 мг/кг. В образцах урбанизированных точек сбора темпы накопления кобальта корнях лопуха обыкновенного из ВСП значительно ниже: при концентрации металла в почве 4,42 мг/кг – 21,78 мг/кг, его содержание в сырье составила 3,12 мг/кг – 13,85 мг/кг. Кобальт - жизненно необходимый растению элемент, участвующий в обмене углеводов и азотистых веществ, регуляции процессов фотосинтеза и дыхания. Однако при избытке кобальта в почвенном растворе происходит торможение поглощения и транспортировки других жизненно важных элементов (железа, марганца). Вероятно, с этим связано развитие механизмов физиологического барьера, препятствующего чрезмерному накоплению данного металла.

Для корней лопуха обыкновенного отмечена способность к накоплению меди. Так, при содержании металла в почвах изучаемых территорий на уровне от 3,30 мг/кг до 65,38 мг/кг, концентрация его в ЛРС составляла 5,31 мг/кг – 16,62 мг/кг. Для образцов, произраставших на контрольных территориях заметно концентрирование меди в количествах, превышающих ее содержание в почве (при концентрации в ВСП 3,30 мг/кг – 7,41 мг/кг, в сырье медь определялась в количестве 7,84 мг/кг – 9,52 мг/кг). Особенности накопления меди связаны с биологическими потребностями растения в ней. Медь – жизненно важный элемент, участвующий в гормональном обмене и входящий в состав активных центров ферментных систем, обеспечивающих процессы дыхания, образования хлорофилла, азотистого обмена. Для агробиоценозов отмечено более высокое содержание меди в почвах (9,34 мг/кг – 29,64 мг/кг) и некоторое снижение темпов накопления ее в корнях лопуха обыкновенного (7,58 мг/кг – 10,64 мг/кг). В условиях урбанизированных территорий при еще более высоких концентрациях элемента в ВСП (от 4,67 мг/кг до 65,38 мг/кг), содержание его в сырье увеличивалось мало (от 5,31 мг/кг до 16,62 мг/кг) и наибольшее количество меди выявлено в образцах, заготовленных вблизи промышленных предприятий ООО «Бормаш» в Поворинском районе, ОАО «Минудобрения» в Россошанском районе, вдоль автомобильных трасс М4 и А144, вдоль железнодорожного полотна. Избыток данного элемента также токсичен для растения, так как способен провоцировать дефицит жизненно важных металлов (железа и марганца) из-за подавления поглощения их корневой системой. Вероятно, поэтому в образцах корней лопуха обыкновенного, произраставших на почвах, содержащих высокое

количество меди, отмечается меньшая степень накопление элемента, что указывает на наличие физиологического барьера всасывания избытка тяжелого металла.

Корни лопуха обыкновенного проявили себя наиболее активными концентраторами цинка, содержание которого в образцах варьировало от 21,04 мг/кг до 76,37 мг/кг. Во всех образцах сырья, заготовленного на контрольных территориях, концентрация элемента (29,08 мг/кг – 35,74 мг/кг) значительно (в 1,4-2,5 раз) превышало его содержание в почве. Также высокий (более 100%) уровень накопления цинка корнями лопуха обыкновенного из ВСП отмечен для образцов, произраставших в условиях агробиоценозов. Для данного сырья концентрация элемента составила 21,04 мг/кг – 48,17 мг/кг. Цинк – важный для жизнеобеспечения растения элемент, он легко подвижен в почвах, хорошо всасывается корнями растений из кислых почвенных растворов. Он входит в состав более 300 ферментов, обеспечивающих метаболизм протеинов, нуклеиновых кислот, углеводов, фосфатов, растительных гормонов (ауксинов). Наибольшие концентрации цинка в корнях лопуха обыкновенного выявлены в образцах, заготовленных на урбанизированных территориях (от 26,83 мг/кг до 76,37 мг/кг). При этом наиболее количество металла накопило сырье, произраставшее вблизи промышленных предприятий (ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», ОАО «Воронежсинтезкаучук»), ТЭЦ «ВОГРЭС», вдоль автомобильных трасс М4 и А144 и железной дороги, где отмечено очень высокое загрязнение почв данным металлом (до 154,45 мг/кг). Однако для данных образцов эффективность накопления цинка в корнях лопуха обыкновенного значительно снижается (до 50%). Данный факт указывает на то, что элемент может аккумулироваться в анализируемом сырье до какого-то определенного уровня концентрации, после чего, вероятно, происходит активизация системы физиологического барьера накопления элемента, избыток которого также способен подавлять всасывание и проведение в корневой системе растения других жизненно важных элементов (железа и марганца), что ведет к подавлению важнейших биохимических процессов и замедлению роста растительного организма.

### **3. Оценка загрязнения почв и лекарственного растительного сырья пестицидами**

Содержание остаточных пестицидов, как правило, определяют в культивируемом лекарственном растительном сырье и получаемых из него лекарственных растительных препаратах. Поэтому для оценки экологического состояния ВСП и ЛРС Воронежской области в отношении загрязнения пестицидами были выбраны основные точки отбора образцов, лежащие в агроценозах области.

Результаты исследований образцов ВСП и ЛРС, отобранных в агроценозах Воронежской области (табл. 12), показали практическое отсутствие хлорорганических пестицидов: 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 соответствует порогу чувствительности газового хроматографа «Цвет 500М».

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о полном экологическом благополучии верхних слоев почв агроценозов Воронежской области, а также ЛРС в отношении загрязнения хлорорганическими пестицидами.

### Таблица 12

# Содержание остаточных пестицидов в ВСП агроценозов Воронежской области и изучаемых видах ЛРС

[illegible]

[illegible]

#### **4. Оценка загрязнения почв и лекарственного растительного сырья радионуклидами**

##### **4.1. Результаты исследований почв на предмет загрязнения радионуклидами**

Результаты измерений удельной активности РН в изучаемых образцах верхних слоев почв приведены в таблице 13.

Анализ существующей нормативной документации показал, что на настоящее время предельно допустимая удельная активность как искусственных, так и естественных РН в почве не установлена, в связи с чем судить о радионуклидном загрязнении исследуемых образцов не представляется возможным. Определяемая УА стронция-90 в верхних слоях почв варьировала от 4,2 Бк/кг до 9,1 Бк/кг при среднем значении для всех анализируемых образцов 6,4 Бк/кг. Удельная активность цезия-137 в изучаемых образцах верхних слоев почв принимала числовые значения от 20,7 Бк/кг до 74,7 Бк/кг, среднее значение составило 42,9 Бк/кг. Относительно более высокой УА цезия-137 (более 50 Бк/кг) и стронция-90 (более 7 Бк/кг) в верхних слоях почв выделяются районы Северо-западной части Воронежской области: Рамонский, Каширский, Верхнехавский, Нижнедевицкий, Семилукский, Репьевский, Хохольский районы, г. Острогожск, г. Нововоронеж, г. Семилуки и г. Воронеж. Связать полученные данные можно с попаданием вышеперечисленных территорий в зону фоновых районов Чернобыльских радиоактивных выпадений.

УА тория-232 варьировала от 28,9 Бк/кг до 63,8 Бк/кг при среднем значении для ВСП региона 38,5 Бк/кг. Диапазон удельной активности калия-40 в верхних слоях почв изучаемых территорий составил от 312 Бк/кг до 895 Бк/кг, средняя УА РН составила 509 Бк/кг. Определяемая УА радия-226 принимала значения от 5,2 Бк/кг до 13,6 Бк/кг и в среднем составила 8,9 Бк/кг. Несколько более высокими числовыми показателями удельной активности относительно среднемировых значений и средних значений по России отличались калий-40 и торий-232. Это объясняется особенностью почв Воронежской области, в большинстве своем представленных черноземами, для которых характерны более высокие средние значения активности природных РН. При этом содержание радия-226 в ВСП Воронежской области заметно ниже среднемировых значений, что, вероятно, можно объяснить тем, что данный РН в преобладающих в регионе черноземных почвах накапливается преимущественно на карбонатных и сульфатных испарительных барьерах, располагающихся значительно глубже исследуемых ВСП. Таким образом, почвы Воронежской области можно признать в целом радиологически благополучными.



Таблица 13

## Результаты определений удельной активности РН в образцах ВСП

№ п/ п	Территория заготовки образца	Тип почвы	УА РН, Бк/кг					ЭУА природных РН, Бк/кг
			Искусственные РН		Природные РН			
			Стронци й-90	Цезий-137	Торий-232	Калий-4 0	Радий-22 6	
1.	Территория Воронежского заповедника	дерновые лесные	6,8±3,2	51,7±14,7	32,1±10,6	312±42	5,4±2,4	86,3
2.	Территория Хоперского заповедника	пойменно-лесные серые глееватые	5,3±1,9	24,1±12,6	32,1±6,8	437±26	5,2±1,9	80,4
3.	Территория Теллермановского леса	темно-серые лесные	5,0±2,7	20,7±9,0	30,5±4,9	407±30	4,1±1,2	96,0
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	аллювиальные засоленные	4,7±1,6	25,9±12,9	36,8±8,4	461±41	6,7±3,0	91,7
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	черноземы обыкновенные	9,1±2,5	49,8±14,6	30,2±11,6	481±63	9,1±4,5	117,0
6.	Улица города Острогожск	черноземы солонцеватые	7,1±3,9	49,8±17,9	41,1±4,8	597±26	9,8±3,7	103,4
7.	Улица города Семилуки	черноземы солонцеватые	7,8±3,0	59,2±20,5	35,9±5,0	508±50	11,0±4,2	105,7
8.	Улица города Нововоронеж	черноземы выщелочные	4,2±2,0	58,1±22,4	40,6±6,8	487±19	9,1±2,5	95,0
9.	Высоковольтные линии электропередач	черноземы выщелочные	6,7±3,2	59,7±16,4	32,3±7,0	478±37	10,0±4,8	71,5
10.	Агробииоценоз Лискинского района	черноземы обыкновенные	4,3±2,7	43,7±13,9	25,1±9,3	342±41	8,1±3,6	111,9
11.	Агробииоценоз Ольховатского района	черноземы обыкновенные	6,0±3,6	41,4±15,2	45,2±6,1	494±30	8,7±3,2	115,9
12.	Агробииоценоз Подгоренского района	черноземы обыкновенные	6,8±2,2	40,7±10,7	42,5±11,7	583±26	8,2±4,4	108,6
13.	Агробииоценоз Петропавловского района	черноземы обыкновенные	5,4±1,7	26,4±11,0	37,1±10,0	567±33	9,3±3,8	102,9
14.	Агробииоценоз Грибановского района	черноземы солонцеватые	5,7±2,0	23,8±11,5	39,8±7,5	459±40	9,8±3,5	114,3
15.	Агробииоценоз Хохольского района	черноземы обыкновенные	7,9±3,7	51,9±16,9	40,9±4,6	569±37	9,9±4,6	104,4
16.	Агробииоценоз Новохоперского района	черноземы обыкновенные	6,2±2,8	24,7±10,9	39,1±10,2	478±51	10,5±3,3	99,9
17.	Агробииоценоз Репьевского района	черноземы обыкновенные	7,8±3,6	50,8±11,1	34,9±10,5	508±39	8,8±3,7	94,9
18.	Агробииоценоз Воробьевского района	черноземы обыкновенные	5,3±1,9	21,5±16,8	35,9±9,7	442±44	8,4±2,8	103,5
19.	Агробииоценоз Панинского района	черноземы обыкновенные	7,1±2,0	42,9±16,1	38,8±8,8	481±35	9,8±3,0	104,5
20.	Агробииоценоз Верхнехавского района	черноземы обыкновенные	8,3±4,5	53,1±16,9	39,9±7,4	489±26	8,6±2,6	103,1
21.	Агробииоценоз Эртильского района	черноземы обыкновенные	8,7±3,7	30,9±15,7	38,9±9,5	479±34	9,4±3,5	114,2
22.	Агробииоценоз Россошанского района	черноземы обыкновенные	6,7±2,7	43,4±12,9	41,1±10,7	583±29	8,3±3,9	114,9
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	черноземы обыкновенные	6,4±2,8	40,7±12,0	41,6±9,0	578±46	8,8±3,7	80,9
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	черноземы обыкновенные	5,2±1,8	23,8±10,1	28,9±8,2	381±55	9,0±4,6	87,4

25.	Улица города Борисоглебск	черноземы типичные	5,3±3,0	24,9±10,5	31,1±6,1	428±32	8,4±2,8	105,6
26.	Улица города Калач	черноземы обыкновенные	6,8±2,9	24,8±9,6	37,8±8,5	537±24	8,1±3,6	177,1
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	аллювиальные луговые оглеенные суглинистые	6,4±1,8	74,7±13,0	63,8±9,8	895±38	13,6±4,9	157,9
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	аллювиальные луговые оглеенные суглинистые	7,0±3,8	72,1±19,8	55,2±7,7	807±56	13,5±5,0	154,9
29.	На удалении 0-100 м от Воронежского водохранилища	серыми лесостепными средне- и тяжелосуглинистыми	7,4±3,9	70,5±23,7	52,9±8,0	809±61	13,3±4,7	89,6
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж имени Петра I	аллювиальные засоленные	5,9±2,7	45,9±12,6	35,8±7,4	390±23	8,0±3,6	153,9
31.	Улица города Воронеж	урбано-дерново-лесные песчаные и супесчаные	8,0±3,3	70,8±17,5	52,3±9,5	811±48	12,9±5,9	84,0
32.	Автомостраль М4 «Дон» в Рамонском районе	серые лесостепные среднесуглинистые	6,8±1,5	53,9±19,7	33,3±10,3	367±42	7,7±3,6	83,9
33.	Автомостраль А144 в Аннинском районе	черноземы обыкновенные	5,3±2,6	51,9±14,8	41,4±7,9	456±23	4,6±3,7	99,5
34.	Автомостраль М4 «Дон» в Павловском районе	черноземы обыкновенные	4,6±1,8	42,6±16,8	28,6±6,8	352±32	7,0±2,7	99,7
35.	Дорога обычного типа в Богучарском районе	черноземы обыкновенные	5,3±2,5	20,5±9,6	39,0±7,9	411±25	9,3±4,0	76,0
36.	Железнодорожные пути	серые лесные суглинистые	7,2±3,1	34,5±13,8	33,5±7,9	367±27	7,8±3,6	97,0
<b>Среднее для Воронежской области</b>		-	6,4	42,9	38,5	506	8,9	99,0
<b>Среднемировые значения (по Ф.А. Тихомирову, 1988 г.)</b>			-	-	32	450	38	
<b>Среднемировые значения (по М.И. Луневу и П.М. Орлову, 2009 г.)</b>			-	-	26	460	26	
<b>Среднее значение по России (по М.И. Луневу и П.М. Орлову, 2009 г.)</b>			-	-	22	460	28	

Относительно более высокими значениями удельных активностей (по сравнению со средними по области) калия-40, тория-232, радия-226 выделяются образцы верхних слоев почв, отобранные вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» и в находящихся рядом районах (вблизи химического предприятия ООО «Воронежсинтезкаучук», вдоль низовья Воронежского водохранилища, на улице города Воронежа). Полученные результаты объясняются тем, что более семи десятилетий ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» функционировала на каменном угле, сжигание которого является источником выбросов в окружающую среду ряда естественных РН, таких как калий-40, полоний-210, свинец-210, радий-226, радий-228, торий-232. Отечественные электростанции, работающие на угле с высокой зольностью даже при степени очистки выбросов 90-99 %, поставляют в атмосферу эти РН в количествах, формирующих порой значительно большую эффективную эквивалентную дозу, чем атомные станции аналогичной мощности.

ЭУА природных РН нормируется СанПин 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности», однако, исключительно для строительных материалов. Данный показатель не должен превышать для жилых и общественных зданий 370 Бк/кг (I класс), для дорог населённых пунктов и перспективной застройки - 740 Бк/кг (II класс), а для дорог вне населенных пунктов – 1500 Бк/кг (III класс). Если воспользоваться данной шкалой, то условно требованиям I класса радиационной безопасности соответствуют все исследуемые почвы. Наибольшие значения ЭУА природных радиоактивных РН (более 150 Бк/кг) отмечены для почв, заготовленных вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС», ОАО «Воронежсинтезкаучук», международного аэропорта Воронеж имени Петра I и на улице г. Калач. Однако нормируемая ЭАУ природных радиоактивных изотопов к почве не относится, и приведенное сравнение может носить исключительно аналитический характер.

## **4.2. Оценка загрязнения почв и лекарственного растительного сырья радионуклидами**

### **4.2.1. Содержание радионуклидов в траве горца птичьего**

Удельная активность стронция-90 в отобранных образцах травы горца птичьего варьировала от 2,0 Бк/кг до 5,0 Бк/кг. Среднее значение удельной активности данного радионуклида для все анализируемых образцов составило 3,5 Бк/кг, что более, чем в 50 раз меньше предельно допустимой удельной его активности (200 Бк/кг) (таблица 14).

Удельная активность цезия-137 в образцах изучаемого лекарственного растительного сырья принимала числовые значения от 20,6 Бк/кг до 83,2 Бк/кг при среднем значении для травы горца птичьего, заготовленной на территории Воронежской области 47,0 Бк/кг, что более, чем в 8 раз меньше предельно допустимой удельной его активности (400 Бк/кг).

Числовые значения сумм показателей соответствия и погрешностей их определения, рассчитанных на основе результатов определения удельных активностей цезия-137 и стронция-90, для проанализированной травы горца птичьего не превышали 1,0, варьируя от 0,07 до 0,23, что позволяет признать все изученные образцы соответствующими критерию радиационной безопасности (первая группа).

Содержание тория-232 в заготовленных образцах травы горца птичьего характеризуется значениями удельной активности от 1,3 Бк/кг до 14,0 Бк/кг. Среднее значение удельной активности данного радионуклида для всех анализируемых образцов составило 6,6 Бк/кг. При этом значения предельно допустимой удельной активности тория-232, а также, калия-40 и радия-226 для лекарственного растительного сырья, а также другой растительной продукции в настоящее время не нормируются. Удельная активность калия-40 в изучаемой траве горца птичьего варьировала от 423 Бк/кг до 1197 Бк/кг при среднем значении для всех анализируемых образцов 690 Бк/кг. Среднее значение удельной активности радия-226 составило 4,5 Бк/кг, а данный показатель принимал числовые значения от 2,0 Бк/кг до 7,2 Бк/кг. ЭУА природных РН варьировала от 48,27 Бк/кг до 127,57 Бк/кг.

Все значения удельных активностей определяемых в траве горца птичьего РН можно считать невысокими. Для каждого анализируемого радионуклида распределение числовых значений удельных активностей по местам заготовки лекарственного растительного сырья относительно равномерное. Несколько более высокими показателями удельных активностей цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226, а также суммы показателя соответствия и погрешности ее определения и ЭУА природных РН, выделяются образцы, заготовленные вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС», химического предприятия ОАО «Воронежсинтезкаучук», вдоль низовья Воронежского водохранилища, а также на улице Димитрова, относящейся к Левобережному району города Воронежа. Полученные результаты объясняются тем, что все перечисленные территории заготовки сырья располагаются в зоне выпадения осадка от выбросов ТЭЦ-1 «ВОГРЭС», которая более семи десятилетий функционировала на каменном угле. При сжигании каменного угля любых сортов в выхлопные газы теплоэлектростанции вместе с недожогом и сажей в окружающую среду поступает ряд естественных РН, таких как калий-40, полоний-210, свинец-210, радий-226, радий-228, торий-232 и др. На примере травы горца птичьего, заготовленной на указанных территориях, попадающих в зону влияния ТЭЦ-1 «ВОГРЭС», заметно увеличение удельных активностей тория-232, калия-40, цезия-137, радия-226 относительно среднерегиональных значений в 1,5-2 раза.

Таблица 14

Результаты определений удельной активности РН в образцах травы горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.)

№ п/ п	Территория заготовки образцов	УА РН, Бк/кг					Сумма показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения	ЭУА природ ных РН, Бк/кг
		Стронций -90	Цезий-137	Торий-232	Калий-40	Радий-226		
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	3,8±1,7	52,3±16,7	6,0±2,4	423±59	2,4±1,1	0,15	48,27
2.	Территория Хоперского государственного заповедника	2,4±2,0	20,6±14,8	6,2±2,1	526±78	2,9±1,4	0,06	58,3
3.	Территория Теллермановского леса	2,4±1,9	22,1±13,9	1,3±1,0	603±93	2,0±1,3	0,07	57,96
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	2,1±1,2	27,4±10,1	5,0±2,1	550±64	2,5±1,0	0,08	58,5
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	3,8±2,4	54,2±19,6	7,2±2,9	617±83	3,8±1,6	0,15	68,69
6.	Улица города Острогожск	3,6±2,6	57,1±16,8	10,4±3,8	702±98	4,2±1,9	0,16	80,9
7.	Улица города Семилуки	3,8±1,6	58,1±11,3	8,7±2,8	706±79	6,0±1,8	0,16	80,85
8.	Улица города Нововоронеж	2,1±1,9	63,2±20,8	7,8±2,6	627±70	4,5±2,0	0,17	71,07
9.	Высоковольтные линии электропередач	3,0±2,7	64,0±10,0	6,5±2,5	631±95	5,2±2,1	0,18	70,44
10.	Агробиоценоз Лискинского района	2,0±1,3	47,4±14,9	6,0±2,3	495±68	4,0±1,8	0,13	56,35
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	3,4±2,9	45,9±23,1	9,6±2,8	660±34	3,8±1,6	0,13	75,68
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	3,6±2,7	43,0±21,8	3,0±1,9	742±50	3,9±1,5	0,13	74,58
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	2,5±1,8	30,4±13,9	5,2±1,3	798±45	4,7±2,2	0,09	83,28
14.	Агробиоценоз Грибановского района	2,5±1,3	30,7±13,8	5,7±1,8	601±39	5,0±1,8	0,09	66,5
15.	Агробиоценоз Хохольского района	4,2±1,2	62,0±16,2	7,6±2,0	720±47	5,2±2,9	0,18	79,88
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	4,0±2,4	27,5±18,0	4,0±1,8	611±40	6,0±2,5	0,09	66,19
17.	Агробиоценоз Репьевского района	5,0±3,7	60,0±21,3	3,4±1,5	718±35	3,7±1,5	0,18	72,74
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	2,1±1,7	20,7±9,0	6,0±2,9	635±48	3,7±1,9	0,06	68,65
19.	Агробиоценоз Панинского района	4,0±1,9	46,3±14,8	7,2±1,8	680±67	4,5±2,3	0,14	75,06
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	4,2±1,8	62,1±23,9	6,5±2,9	637±54	5,1±2,8	0,18	70,88
21.	Агробиоценоз Эртильского района	4,6±1,9	31,0±13,9	8,4±3,2	686±51	5,2±2,3	0,10	77,86

22.	Агробιοценоз Россошанского района	3,3±2,8	48,5±17,3	8,9±1,8	730±48	3,8±1,5	0,14	81,07
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	3,6±2,9	49,9±14,9	8,1±2,5	790±83	4,2±1,7	0,14	85,83
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	2,9±1,9	25,1±10,4	4,7±1,9	517±49	5,1±2,3	0,08	57,74
25.	Улица города Борисоглебск	2,9±1,8	26,8±11,2	4,2±2,0	611±47	3,9±1,9	0,08	64,35
26.	Улица города Калач	3,7±2,0	27,5±10,5	5,3±1,3	781±53	4,2±1,8	0,09	81,38
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	3,8±2,0	83,2±29,4	14,0±3,9	1143±62	6,5±3,1	0,23	127,57
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	4,2±3,2	80,2±30,2	9,6±3,7	1197±60	7,2±2,8	0,22	127,41
29.	На удалении 0-100 м от Воронежского водохранилища	4,7±3,1	80,6±14,9	9,2±2,8	1117±72	6,9±3,0	0,23	119,39
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	4,0±3,0	48,2±15,3	8,0±3,2	502±46	3,9±1,7	0,14	59,48
31.	Улица города Воронеж	4,5±1,8	75,1±19,6	9,2±3,0	1142±63	7,2±2,8	0,21	121,94
32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском районе	3,2±1,7	59,4±21,8	4,5±2,1	488±63	3,0±1,3	0,16	52,77
33.	Автоматгистраль А144 в Аннинском районе	3,8±2,8	59,9±13,6	7,2±3,0	635±53	2,2±1,0	0,17	68,71
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском районе	3,2±1,9	45,7±26,1	3,6±1,7	508±46	3,4±1,6	0,13	53,8
35.	Дорога обычного типа в Богучарском районе	3,8±1,7	20,9±9,3	5,0±2,3	603±40	5,6±2,2	0,07	66,37
36.	Железнодорожные пути Юго-Восточной железной дороги	5,0±2,9	36,2±12,7	5,2±2,4	501±39	4,5±1,9	0,12	56,35
Среднее для Воронежской области		3,5	47,0	6,6	690	4,5	0,14	74,63
Допустимая УА радионуклида		200	400	-	-	-	<1	

#### **4.2.2 Содержание радионуклидов в траве полыни горькой**

Удельная активность стронция-90 в траве полыни горькой характеризуется средними значениями для всех проанализированных образцов региона 4,8 Бк/кг, при этом диапазон варьирования данного показателя составил от 3,7 Бк/кг до 7,2 Бк/кг, что в десятки раз меньше предела допустимого содержания РН в лекарственном растительном сырье, установленном фармакопейной статьей в 200 Бк/кг (таблица 15).

Удельная активность цезия-137 в траве полыни горькой, варьируя от 27,6 Бк/кг до 120,4 Бк/кг (среднее по региону значение 72,4 Бк/кг) также не превышает пределов допустимого содержания данного радионуклида в лекарственном растительном сырье, установленных фармакопейной статьей в 400 Бк/кг. Значения суммы показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения для всех изученных образцов, рассчитанные по основе значений УА искусственных РН, позволили считать заготовленные на территории Воронежской области траву полыни горькой соответствующей критерию радиационной безопасности (первая группа): данный показатель принимал числовые значения от 0,09 до 0,33.

УА природных РН, определенных в траве полыни горькой, в силу отсутствия в настоящее время предельно допустимых норм данных показателей сложно оценить. Содержание тория-232 характеризуется значениями УА от 4,5 Бк/кг до 16,1 Бк/кг (в среднем для всех изученных образцов 8,8 Бк/кг). Аккумуляция калия-40 находится на уровне 514 Бк/кг – 1488 Бк/кг при среднем значении 844 Бк/кг. УА радия-226 варьировала от 3,1 Бк/кг до 10,5 Бк/кг (среднее для всех изученных образцов – 6,6 Бк/кг). ЭУА природных РН варьировала от 56,02 Бк/кг до 165,05 Бк/кг.

В целом, вся проанализированная трава полыни горькой соответствует требованиям радиационной безопасности. Полученные результаты определения УА природных и естественных РН в данном ЛРС, заготовленной на территории Воронежской области, отличает равномерный характер распределения по изучаемым районам сбора. Несколько более высокими значениями УА и ЭАУ природных РН, а также суммы показателя соответствия и погрешности его определения, выделялись образцы, заготовленные вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», а также на побережье Воронежского водохранилища, на улице города Воронежа, относящейся к Левобережному району, вблизи химического предприятия ОАО «Воронежсинтезкаучук», расположенных в ближайшей окружности от ТЭЦ.

Таблица 15

Результаты определений удельной активности РН в образцах травы полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.)

№ п/ п	Территория заготовки образцов	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.	Территория Воронежского заповедника	5,0±1,2	80,6±5,9	6,5±3,5	518±64	4,0±2,3	0,23	59,07
2.	Территория Хоперского государственного заповедника	4,1±0,8	51,1±8,3	7,2±2,8	637±69	4,2±1,8	0,15	70,89
3.	Территория Теллермановского леса	3,8±1,6	30,2±9,2	5,4±4,9	510±48	3,1±0,9	0,09	56,02
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	3,9±1,5	27,6±1,7	7,8±5,3	640±52	4,1±1,3	0,09	71,84
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	5,2±2,0	91,0±4,9	6,2±1,9	711±58	7,0±2,0	0,25	79,05
6.	Улица города Острогожск	5,1±0,9	87,5±5,3	17,0±3,9	835±63	6,4±3,1	0,24	103,65
7.	Улица города Семилуки	4,6±2,1	79,6±8,4	13,4±6,0	896±74	7,5±3,2	0,22	105,56
8.	Улица города Нововоронеж	3,7±1,8	82,8±5,9	5,0±4,1	787±60	6,7±1,5	0,23	84,03
9.	Высоковольтные линии электропередач	5,5±1,2	110,2±8,2	5,2±2,8	936±73	7,7±2,0	0,30	98,7
10.	Агробиоценоз Лискинского района	2,4±0,6	82,8±5,0	4,5±1,6	676±58	6,0±0,5	0,22	72,69
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	5,2±2,1	75,6±6,3	13,0±5,9	835±75	6,1±2,9	0,22	98,15
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	5,5±1,6	70,1±9,4	11,0±3,0	968±69	6,1±3,6	0,20	107,52
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	4,2±1,2	43,1±3,0	8,7±5,1	918±78	6,7±4,1	0,13	100,63
14.	Агробиоценоз Грибановского района	4,7±2,1	38,5±2,8	9,6±4,8	857±73	7,2±2,4	0,12	96,81
15.	Агробиоценоз Хохольского района	6,0±1,5	69,7±4,9	6,2±2,7	936±77	7,4±1,4	0,20	99,7
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	4,8±1,6	28,1±5,8	7,5±1,7	888±64	7,5±1,1	0,09	97,17
17.	Агробиоценоз Репьевского района	6,4±2,1	85,9±5,5	7,8±5,3	914±61	5,0±2,4	0,25	97,4
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	3,7±1,2	40,0±6,0	9,8±6,2	835±66	7,2±1,5	0,12	95,09
19.	Агробиоценоз Панинского района	5,7±2,3	90,1±12,8	7,2±3,5	876±59	6,2±3,1	0,25	94,4
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	7,2±2,4	104,7±13,8	5,4±2,4	814±76	6,4±3,7	0,30	86,68
21.	Агробиоценоз Эртильского района	7,2±2,8	58,8±5,9	7,7±4,5	912±79	7,5±2,5	0,18	99,59
22.	Агробиоценоз Россошанского района	5,2±1,8	74,7±7,0	7,8±3,0	883±80	6,2±2,6	0,21	95,81



23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	4,9±2,0	68,5±4,4	7,9±3,9	876±90	6,7±1,4	0,20	95,81
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	3,7±1,7	40,4±2,9	4,6±1,4	514±59	6,0±1,7	0,12	58,24
25.	Улица города Борисоглебск	3,9±2,3	45,0±8,3	9,0±5,8	698±67	6,9±3,2	0,13	81,42
26.	Улица города Калач	5,5±1,8	47,2±6,2	10,1±7,3	885±60	7,2±4,6	0,15	99,98
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	4,8±1,3	114,4±3,8	16,1±8,0	1488±90	10,2±1,3	0,31	165,05
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	5,7±2,9	108,5±10,8	11,5±3,8	1315±85	10,5±4,9	0,30	143,8
29.	На удалении 0-100 м от Воронежского водохранилища	5,9±1,5	99,8±7,5	12,1±5,5	1276±100	10,1±3,2	0,28	140,67
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	4,9±1,9	69,2±8,4	10,7±6,8	720±87	7,0±4,4	0,20	85,71
31.	Улица города Воронеж	5,2±0,6	120,4±9,5	9,8±3,3	1256±109	9,5±1,7	0,33	135,28
32.	Автоматристраль М4 «Дон» в Рамонском районе	5,1±1,3	96,7±6,7	11,5±6,2	715±68	5,0±2,0	0,27	84,3
33.	Автоматристраль А144 в Аннинском районе	3,7±1,1	104,5±12,2	10,7±4,9	818±93	3,2±1,8	0,28	90,73
34.	Автоматристраль М4 «Дон» в Павловском районе	2,9±0,4	81,7±16,4	8,4±4,2	686±81	4,8±2,1	0,22	77,46
35.	Дорога обычного типа в Богучарском районе	3,9±0,9	38,7±5,9	7,2±3,9	697±73	7,0±3,0	0,12	79,09
36.	Железнодорожные пути Юго-Восточной железной дороги	4,9±1,7	68,8±3,7	5,6±4,1	665±65	5,9±2,1	0,20	73,03
<b>Среднее для Воронежской области</b>		4,8	72,4	8,8	844	6,6	0,21	93,92
<b>Допустимая УА РН</b>		200	400	-	-	-	<1	

#### **4.2.3 Содержание радионуклидов в траве тысячелистника обыкновенного**

Накопление стронция-90 в траве тысячелистника обыкновенного (таблица 16) характеризуется значениями удельной активности от 2,8 Бк/кг до 5,3 Бк/кг при среднем значении для всех анализируемых образцов данного ЛРС 3,7 Бк/кг, что более чем в 50 раз меньше предельно допустимых требований, установленных ГФ в 200 Бк/кг. Аккумуляция цезия-137 в траве тысячелистника обыкновенного характеризуется более высокими абсолютными значениями, варьирующими от 18,4 Бк/кг до 78,6 Бк/кг, а среднее значение удельной активности для всех проанализированных образцов составило 44,1 Бк/кг, что значительно меньше предельно допустимого значения 400 Бк/кг. Для всех изученных образцов травы тысячелистника обыкновенного числовые значения сумм показателей соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешностей их определения не превышали 1,0, варьируя от 0,07 до 0,21, что дает основание признать все данное ЛРС соответствующим критерию радиационной безопасности (первая группа).

Накопление в траве тысячелистника обыкновенного природных РН, содержание которых в настоящее время не нормируется, характеризуется невысокими числовыми значениями. УА тория-232 варьировала в изученных образцах от 2,6 Бк/кг до 8,2 Бк/кг, а в среднем составила 4,9 Бк/кг. УА калия-40 варьировала от 316 Бк/кг до 948 Бк/кг при среднем значении данного показателя для изученных образцов 525 Бк/кг. Аккумуляцию радия-226 травой тысячелистника обыкновенного характеризуют значения его УА от 2,7 Бк/кг до 7,7 Бк/кг, средняя удельная активность составила 5,2 Бк/кг. ЭУА природных РН варьировала от 36,30 Бк/кг до 103,18 Бк/кг.

Проведенные исследования позволяют считать все проанализированное сырье тысячелистника обыкновенного соответствующим требованиям радиационной безопасности. Полученные результаты определения удельной активности природных и естественных РН отличают невысокие числовые значения и равномерностью распределения по изучаемым районам заготовки сырья. Несколько более высокими значениями удельных активностей удельных активностей и ЭУА природных РН, цезия-137, а также сумм показателей соответствия и погрешностей их определения, как и траве горца птичьего отмечены в образцах, заготовленных вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», а также вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук», на побережье Воронежского водохранилища, на улице города Воронежа. Объяснить полученные результаты так же можно тем, что последние три района отбора образцов расположены на примерно равном и относительно небольшом расстоянии от ТЭЦ «ВОГРЭС».

Таблица 16

Результаты определений удельной активности РН в образцах травы тысячелистника обыкновенного  
(*Achillea millefolium* L.)

№ п/ п	Территория заготовки образцов	УА РН, Бк/кг					Сумма показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения	ЭУА приро дных РН, Бк/кг
		Стронций -90	Цезий-137	Торий-232	Калий- 40	Радий-226		
1.	Территория Воронежского заповедника	3,6±1,3	52,3±10,4	3,2±2,3	316±42	3,7±2,1	0,15	36,3
2.	Территория Хоперского государственного заповедника	3,2±1,6	22,1±7,7	3,4±1,9	408±53	3,2±1,9	0,07	44,34
3.	Территория Теллермановского леса	3,0±0,9	20,4±11,9	3,6±2,0	390±37	2,7±0,8	0,07	42,48
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	2,8±0,7	26,7±8,6	2,6±1,0	483±56	3,7±1,0	0,08	50,55
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	5,1±2,6	47,2±17,8	5,3±2,8	415±54	4,4±1,8	0,14	48,64
6.	Улица города Острогожск	4,0±2,3	50,4±15,0	4,8±0,8	518±74	4,7±2,3	0,15	57,56
7.	Улица города Семилуки	4,1±1,8	57,7±10,7	2,6±1,9	607±69	5,6±2,0	0,16	63,61
8.	Улица города Нововоронеж	3,0±1,3	59,1±20,6	3,0±0,7	491±55	6,2±3,5	0,16	54,29
9.	Высоковольтные линии электропередач	3,2±0,8	59,6±16,0	3,5±2,7	534±64	5,8±1,7	0,17	58,41
10.	Агробиоценоз Лискинского района	2,8±1,4	44,1±18,5	7,7±1,7	408±59	4,1±1,1	0,12	50,83
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	3,4±1,0	40,5±10,5	3,2±2,7	513±52	5,3±2,4	0,12	55,63
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	3,6±0,6	36,8±13,9	3,8±2,2	597±68	4,3±1,5	0,11	62,97
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	3,2±1,3	27,8±12,1	3,4±1,6	590±68	6,1±1,9	0,09	63,62
14.	Агробиоценоз Грибановского района	3,0±0,9	24,1±9,0	3,6±2,2	511±63	5,7±2,4	0,08	56,37
15.	Агробиоценоз Хохольского района	4,9±1,5	53,7±19,3	2,8±1,9	621±67	5,2±1,5	0,16	64,73
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	3,4±1,9	23,8±10,5	3,7±0,6	512±59	5,6±1,9	0,08	56,49
17.	Агробиоценоз Репьевского района	4,7±1,3	53,5±12,4	5,6±1,1	529±58	6,3±2,2	0,16	61,19
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	3,2±1,3	18,4±10,0	6,7±2,3	438±65	6,7±1,7	0,06	54,83
19.	Агробиоценоз Панинского района	4,0±1,9	46,3±9,6	6,2±1,9	497±72	5,8±2,0	0,14	58,59
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	4,9±2,3	57,4±12,9	3,5±0,8	524±64	7,0±3,2	0,17	58,71
21.	Агробиоценоз Эртильского района	4,9±1,9	32,3±7,8	5,8±1,3	505±57	6,2±3,0	0,11	59,19
22.	Агробиоценоз Россошанского района	3,6±1,9	40,7±15,6	4,2±2,3	567±64	4,4±1,8	0,12	60,89

23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	3,7±1,4	42,1±7,4	4,3±1,9	583±75	4,9±2,4	0,12	62,96
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	3,5±1,2	25,3±8,5	4,6±1,7	415±57	4,5±1,5	0,08	47,83
25.	Улица города Борисоглебск	3,2±0,9	22,1±11,9	4,5±2,7	455±68	5,7±2,0	0,07	52,5
26.	Улица города Калач	3,7±1,5	27,5±9,3	3,1±3,1	555±73	5,2±1,9	0,09	59,18
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	3,6±2,5	78,6±27,5	3,2±2,0	941±87	6,8±2,6	0,21	95,65
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	4,0±2,3	75,3±14,6	8,2±1,5	948±78	7,2±3,5	0,21	103,18
29.	На удалении 0-100 м от Воронежского водохранилища	4,0±1,6	76,1±26,9	8,8±3,2	882±80	7,7±2,9	0,21	98,52
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	3,0±2,0	52,7±25,0	4,2±3,0	418±56	4,2±2,6	0,15	47,28
31.	Улица города Воронеж	4,9±1,6	75,1±20,3	7,6±1,2	715±79	7,0±3,0	0,21	81,23
32.	Автоматристрадь М4 «Дон» в Рамонском районе	4,3±1,2	55,6±17,5	6,5±2,5	406±45	4,1±1,5	0,16	49,09
33.	Автоматристрадь А144 в Аннинском районе	3,1±0,8	56,6±12,8	7,7±2,5	442±64	3,0±2,0	0,16	52,79
34.	Автоматристрадь М4 «Дон» в Павловском районе	2,8±0,4	44,8±17,5	6,4±2,8	376±50	4,1±1,7	0,13	46,26
35.	Дорога обычного типа в Богучарском районе	3,4±1,5	23,4±12,6	7,6±1,2	407±59	5,2±2,7	0,08	51,71
36.	Железнодорожные пути Юго-Восточной железной дороги	5,3±0,9	35,9±14,2	6,8±3,0	380±45	4,9±1,8	0,12	47,94
<b>Среднее для Воронежской области</b>		3,7	44,1	4,9	525	5,2	0,13	58,79
<b>Допустимая УА РН</b>		200	400	-	-	-	<1	

#### 4.2.4 Содержание радионуклидов в траве пустырника пятилопастного

УА стронция-90 в траве пустырника пятилопастного (таблица 17) характеризуется значениями от 2,9 Бк/кг до 7,6 Бк/кг (при среднем значении 3,9 Бк/кг), что в десятки раз меньше предела допустимого содержания РН в ЛРС, установленных ГФ в 200 Бк/кг. УА цезия-137 в траве пустырника пятилопастного, варьируя от 37,8 Бк/кг до 134,1 Бк/кг (среднее по региону значение 78,8 Бк/кг) также не превышает пределов допустимого содержания данного РН в ЛРС, установленных ГФ в 400 Бк/кг. Значения суммы показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения для всех изученных образцов, рассчитанные по основе значений УА искусственных РН, позволили считать заготовленную на территории Воронежской области траву пустырника пятилопастного соответствующей критерию радиационной безопасности (первая группа): данный показатель принимал числовые значения от 0,11 до 0,37, что не превышает установленной фармакопейной статьей нормы 1,0.

УА радионуклида калия-40, определенная в траве пустырника пятилопастного, отличается чуть более высокими значениями, чем для других видов изучаемого ЛРС: она варьирует от 614 Бк/кг до 1341 Бк/кг. Однако в силу отсутствия в настоящее время предельно допустимых норм содержания в ЛРС природных РН вообще, и калия-40, в частности, судить о качестве заготовленных образцов не представляется возможным. Содержание тория-232 не выделяется высокими показателями и характеризуется значениями удельной активности от 5,5 Бк/кг до 12,9 Бк/кг. УА радия-226 варьировала от 2,8 Бк/кг до 7,6 Бк/кг, что также является относительно невысоким уровнем накопления РН. ЭУА природных РН варьировала от 69,21 Бк/кг до 141,61 Бк/кг.

Таким образом, вся изученная трава пустырника пятилопастного соответствует существующим требованиям радиационной безопасности. Полученные результаты определения удельной активности природных и естественных РН в данном ЛРС отвечают закону непрерывного равномерного распределения. Несколько более высокими значениями УА и ЭУА природных РН, а также суммы показателя соответствия и погрешности его определения, отмечены в образцах, заготовленных вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», а также на улице города Воронежа, вдоль Воронежского водохранилища, вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук», которые расположены в ближайшей окружности от ТЭЦ.

Таблица 17

Результаты определений удельной активности РН в образцах травы пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.)

№ п/ п	Территория заготовки образцов	УА РН, Бк/кг					Сумма показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения	ЭУА природ ных РН, Бк/кг
		Стронций-90	Цезий-137	Торий-232	Калий-40	Радий-226		
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	4,1±0,9	96,7±13,7	8,2±4,1	615±57	3,2±1,3	0,26	69,21
2.	Территория Хоперского государственного заповедника	3,2±1,8	43,3±21,8	8,4±3,2	813±89	3,1±0,7	0,12	87,19
3.	Территория Теллермановского леса	3,3±0,6	37,8±11,9	6,3±1,5	814±68	2,8±0,9	0,11	84,25
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	3,0±1,5	42,5±14,0	7,5±1,6	893±85	4,0±1,0	0,12	94,12
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	4,1±1,1	86,7±10,5	7,2±2,5	898±90	5,2±2,1	0,24	95,38
6.	Улица города Острогожск	3,6±1,0	78,3±7,0	8,3±4,3	893±97	5,9±2,6	0,21	97,06
7.	Улица города Семилуки	5,5±0,8	95,2±8,9	7,0±3,0	936±103	6,7±1,3	0,27	100,04
8.	Улица города Нововоронеж	3,0±1,4	98,9±16,8	8,7±2,8	908±105	6,2±1,9	0,26	99,23
9.	Высоковольтные линии электропередач	4,6±0,9	101,3±13,4	7,2±1,9	838±76	5,6±0,9	0,28	90,38
10.	Агробιοценоз Лискинского района	3,1±1,3	102,7±21,7	6,9±2,4	715±58	4,3±1,5	0,27	77,62
11.	Агробιοценоз Ольховатского района	3,5±1,0	81,1±14,9	9,3±3,5	918±92	4,4±1,0	0,22	99,11
12.	Агробιοценоз Подгоренского района	3,7±1,9	80,1±12,8	9,7±4,1	983±76	4,2±2,1	0,22	105,28
13.	Агробιοценоз Петропавловского района	4,0±2,3	57,4±7,9	7,5±2,8	1015±108	5,4±1,9	0,16	106,5
14.	Агробιοценоз Грибановского района	4,2±1,8	43,2±19,0	7,8±3,0	898±78	5,0±0,8	0,13	95,96
15.	Агробιοценоз Хохольского района	3,9±1,2	105,7±20,6	8,2±4,4	1112±114	5,2±1,6	0,28	115,94
16.	Агробιοценоз Новохоперского района	3,3±0,9	57,2±12,5	7,3±3,9	814±79	5,7±2,0	0,16	88,45
17.	Агробιοценоз Репьевского района	4,5±1,3	89,5±9,7	7,4±3,8	961±89	4,2±0,9	0,25	100,31
18.	Агробιοценоз Воробьевского района	2,9±1,4	43,8±17,5	6,7±4,0	905±92	4,4±1,8	0,12	94,56
19.	Агробιοценоз Панинского района	3,7±1,8	87,4±17,4	7,5±4,5	941±87	5,3±1,4	0,24	99,74

20.	Агробιοοеноз Верхнехавского района	3,9±0,9	97,3±12,8	6,7±3,2	950±86	5,0±2,0	0,26	99,21
21.	Агробιοοеноз Эртильского района	4,3±1,3	65,1±7,8	5,9±0,9	883±90	5,2±0,7	0,18	92,34
22.	Агробιοοеноз Россошанского района	4,0±1,0	83,5±12,9	6,8±1,3	1180±100	4,7±1,8	0,23	119,74
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	4,1±2,0	47,2±21,9	8,3±2,4	1115±109	4,9±1,7	0,14	116,04
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	3,2±1,7	45,3±20,1	6,7±3,0	715±85	4,7±2,3	0,13	77,76
25.	Улица города Борисоглебск	3,2±1,4	42,3±19,6	6,2±2,7	821±89	4,3±1,9	0,12	86,25
26.	Улица города Калач	4,1±1,7	50,1±8,8	7,9±3,7	979±99	3,7±0,7	0,15	102,08
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	4,2±1,4	116,8±13,0	10,4±3,8	1341±106	7,4±1,8	0,31	141,61
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	3,7±1,9	126,5±16,3	12,1±4,7	1258±115	7,6±1,5	0,33	136,55
29.	На удалении 0-100 м от Воронежского водохранилища	3,8±2,0	120,1±21,4	9,3±3,7	1197±108	7,0±0,9	0,32	126,82
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	3,5±0,9	87,3±14,2	5,4±2,2	706±87	5,3±1,2	0,24	75,86
31.	Улица города Воронеж	7,6±1,2	134,1±22,9	12,9±3,0	1214±107	7,2±1,9	0,37	133,23
32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском районе	4,3±0,7	87,9±8,0	6,1±4,1	696±78	3,8±2,3	0,24	74,37
33.	Автоматгистраль А144 в Аннинском районе	3,0±1,3	106,7±12,2	7,8±5,2	893±95	2,9±0,8	0,28	93,41
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском районе	3,0±0,8	80,9±12,9	5,5±0,8	718±89	4,3±1,6	0,22	76,07
35.	Дорога обычного типа в Богучарском районе	3,4±1,5	50,3±16,3	6,3±1,8	810±84	4,9±1,3	0,14	85,99
36.	Железнодорожные пути Юго-Восточной железной дороги	4,1±1,3	65,9±15,4	6,7±2,2	732±93	4,7±1,8	0,19	79,29
<b>Среднее для Воронежской области</b>		3,9	78,8	7,7	919	5,0	0,22	97,69
<b>Допустимая УА РН</b>		200	400	-	-	-	<1	

#### 4.2.5 Содержание радионуклидов в листьях подорожника большого

Все отобранные образцы листьев подорожника большого соответствуют требованиям ГФ по содержанию искусственных РН в лекарственном растительном сырье (таблица 18). Удельная активность в анализируемом сырье стронция-90 в среднем составила 7,1 Бк/кг, варьировала от 5,3 Бк/кг до 10,4 Бк/кг, что в десятки раз меньше предельно допустимых норм. Аккумуляция цезия-137 отмечена на более высоком уровне и составила от 54,1 Бк/кг до 167,3 Бк/кг (среднее значение 106,6 Бк/кг), что также не превышает установленного фармакопеей максимального содержания 400 Бк/кг. Рассчитанные на основе результатов определения УА искусственных РН значения суммы показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения для всех изученных листьев подорожника большого, позволили признать все образцы данного ЛРС соответствующими критерию радиационной безопасности (первая группа): их числовые значения составили от 0,17 до 0,45, что не превышает установленной ГФ нормы 1,0.

Удельную активность природных РН в листьях подорожника большого сложно оценить в связи с отсутствием в нормативной документации предельно допустимых норм данных показателей для ЛРС и другой растительной продукции. При этом полученные результаты нельзя назвать высокими относительно ранее проведенных исследований и результатов определения природных РН в других видах изучаемого сырья. Так, УА тория-232 варьировала от 9,3 Бк/кг до 20,6 Бк/кг. Содержание калия-40 лежало в диапазоне от 416 Бк/кг до 1197 Бк/кг. Удельная активность радия-226 характеризовалось числовыми значениями от 3,9 Бк/кг до 10,6 Бк/кг. ЭУА природных РН варьировала от 58,36 Бк/кг до 138,28 Бк/кг.

Таким образом, все проанализированные листья подорожника большого соответствуют существующим требованиям радиационной безопасности. Полученные результаты определения УА природных и естественных РН в данном лекарственном растительном сырье, заготовленном на территории Воронежской области, отвечают непрерывному равномерному распределению. Несколько более высокими значениями УА природных РН, а также суммы показателя соответствия и погрешности его определения, отмечены в образцах, заготовленных вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», а также на улице Левобережного района города Воронежа, вдоль Воронежского водохранилища, вблизи химического предприятия ОАО «Воронежсинтезкаучук», которые расположены в ближайшей окружности от ТЭЦ.



Таблица 18

Результаты определений удельной активности РН в образцах листьев подорожника большого (*Plantago major* L.)

№ п/ п	Территория заготовки образцов	УА РН, Бк/кг					Сумма показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения	ЭУА природ ных РН, Бк/кг
		Стронций -90	Цезий-137	Торий- 232	Калий-40	Радий- 226		
1.	Территория Воронежского заповедника	6,4±1,8	115,9±15,9	12,4±3,7	416±57	4,8±2,1	0,32	58,36
2.	Территория Хоперского государственного заповедника	6,0±2,4	77,3±23,8	11,7±4,2	539±89	4,2±1,7	0,22	67,92
3.	Территория Теллермановского леса	6,1±1,5	63,9±9,7	14,3±5,7	606±64	3,9±0,6	0,19	77,03
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	5,8±0,8	69,9±12,9	10,8±4,8	682±82	7,3±1,9	0,20	82,72
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	10,4±1,6	123,3±17,9	9,8±3,9	689±85	8,6±2,1	0,36	83,35
6.	Улица города Острогожск	7,8±2,8	128,1±13,0	11,7±2,0	853±90	8,9±1,3	0,36	100,88
7.	Улица города Семилуки	8,9±1,4	163,1±21,9	9,3±4,1	716±102	10,1±0,9	0,45	86,63
8.	Улица города Нововоронеж	5,4±1,3	136,8±14,8	14,7±5,5	635±54	9,2±1,8	0,37	85,46
9.	Высоковольтные линии электропередач	7,6±0,8	153,7±15,0	15,4±6,0	614±72	9,6±0,7	0,42	84,88
10.	Агробιοценоз Лискинского района	4,8±1,6	129,6±8,9	12,3±4,7	556±80	8,3±1,6	0,35	74,33
11.	Агробιοценоз Ольховатского района	5,9±1,7	136,1±11,0	13,0±3,9	718±54	8,4±1,6	0,37	89,92
12.	Агробιοценоз Подгоренского района	7,2±2,3	118,9±9,2	14,2±2,9	831±51	8,3±0,5	0,33	101,55
13.	Агробιοценоз Петропавловского района	6,3±1,3	79,5±8,0	14,5±4,8	854±78	8,7±2,6	0,23	104,41
14.	Агробιοценоз Грибановского района	6,4±2,7	61,3±8,4	17,4±5,9	704±60	10,2±1,7	0,19	96,18
15.	Агробιοценоз Хохольского района	7,8±1,9	142,9±22,1	16,5±5,0	918±54	10,1±1,8	0,40	114,17
16.	Агробιοценоз Новохоперского района	6,8±3,7	63,1±7,4	17,1±3,0	679±75	10,6±1,2	0,19	93,94
17.	Агробιοценоз Репьевского района	8,2±0,8	138,6±22,5	18,4±4,3	751±62	8,7±2,2	0,39	100,21
18.	Агробιοценоз Воробьевского района	5,3±1,5	64,3±16,0	19,5±6,1	653±97	8,2±0,9	0,19	92,32
19.	Агробιοценоз Панинского района	8,4±1,8	89,5±13,7	12,6±3,4	689±65	8,7±2,1	0,27	87,09
20.	Агробιοценоз Верхнехавского района	8,7±1,9	115,4±16,3	18,4±2,5	911±100	8,2±0,8	0,33	114,11
21.	Агробιοценоз Эртильского района	8,9±0,6	81,2±11,8	13,3±4,9	937±85	9,3±1,7	0,25	110,92

22.	Агробιοценоз Россошанского района	7,2±1,1	105,7±21,8	16,5±3,7	983±94	8,0±2,6	0,30	117,92
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	7,1±1,9	117,4±14,6	13,9±4,2	861±59	8,1±1,4	0,33	103,66
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	6,5±1,5	65,3±7,5	14,2±3,6	499±67	9,0±2,9	0,20	72,37
25.	Улица города Борисоглебск	6,7±1,1	54,1±10,5	12,1±3,0	673±73	7,6±1,1	0,17	83,9
26.	Улица города Калач	7,5±0,9	59,8±16,9	11,7±2,9	835±97	7,3±2,6	0,19	97,66
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	7,2±2,0	167,3±13,6	20,6±4,7	1072±108	10,2±0,8	0,45	133,46
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	7,4±1,5	157,6±11,4	18,5±2,9	1157±110	10,1±2,1	0,43	138,28
29.	На удалении 0-100 м от Воронежского водохранилища	8,3±1,7	140,6±20,8	17,3±2,8	1116±98	9,8±1,7	0,39	132,73
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	6,2±1,0	89,1±9,1	16,4±4,9	531±52	7,4±2,5	0,25	76,51
31.	Улица города Воронеж	9,3±2,3	146,3±24,7	11,5±4,0	1197±99	9,3±1,3	0,41	131,98
32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском районе	7,2±1,7	97,6±11,5	10,6±5,2	534±68	7,0±0,9	0,28	68,84
33.	Автоматгистраль А144 в Аннинском районе	5,4±2,5	116,8±20,7	13,7±3,8	678±72	4,5±1,7	0,32	83,33
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском районе	6,7±1,8	103,4±21,9	9,7±4,9	511±81	6,5±1,6	0,29	65,1
35.	Дорога обычного типа в Богучарском районе	5,9±1,0	57,1±15,7	9,6±2,8	609±73	8,4±2,6	0,17	75,69
36.	Железнодорожные пути Юго-Восточной железной дороги	7,7±2,0	98,4±9,5	11,1±3,0	497±56	7,2±2,1	0,28	66,36
<b>Среднее для Воронежской области</b>		7,1	106,6	14,0	742	8,2	0,30	93,17
<b>Допустимая УА РН</b>		200	400	-	-	-	<1	

#### 4.2.6 Содержание радионуклидов в листьях крапивы двудомной

Удельная активность стронция-90 в листьях крапивы двудомной (таблица 19) характеризуется средними значениями для всех проанализированных образцов региона 6,8 Бк/кг, при этом диапазон варьирования данного показателя составил от 4,0 Бк/кг до 10,2 Бк/кг, что в десятки раз меньше предела допустимого содержания РН в ЛРС, установленном ГФ в 200 Бк/кг. Удельная активность цезия-137 в листьях крапивы двудомной, варьируя от 29,7 Бк/кг до 99,5 Бк/кг (среднее по региону значение 59,6 Бк/кг) также не превышает пределов допустимого содержания данного радионуклида в ЛРС, установленных ГФ в 400 Бк/кг.

Значения суммы показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения для всех изученных образцов, рассчитанные по основе значений удельной активности искусственных РН, позволили считать заготовленные на территории Воронежской области листья крапивы двудомной соответствующим критерию радиационной безопасности (первая группа): данный показатель принимал числовые значения от 0,10 до 0,29, что не превышает установленной фармакопейной статьей нормы 1,0.

УА тория-232, определенная в листьях крапивы двудомной, отличается чуть более высокими значениями, чем для других видов изучаемого ЛРС, однако, в силу отсутствия в настоящее время предельно допустимых норм данного показателя (как и всех природных РН), судить о качестве заготовленных образцов не представляется возможным. Содержание тория-232 характеризуется значениями УА от 10,8 Бк/кг до 19,9 Бк/кг (в среднем для всех изученных образцов 15,9 Бк/кг). Аккумуляция в листьях крапивы двудомной калия-40 находится на уровне 514 Бк/кг – 1211 Бк/кг при среднем значении 791 Бк/кг. УА радия-226 варьировала от 4,8 Бк/кг до 11,9 Бк/кг (среднее для всех изученных образцов – 9,3 Бк/кг). ЭУА природных РН в целом варьировала от 66,78 Бк/кг до 146,76 Бк/кг.

В целом, все проанализированные листья крапивы двудомной соответствуют требованиям радиационной безопасности. Полученные результаты определения УА природных и естественных РН в данном ЛРС отличает равномерный характер распределения по изучаемым районам сбора. Несколько более высокими значениями УА и ЭУА природных РН, а также суммы показателя соответствия и погрешности его определения, отмечены в образцах, заготовленных вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», а также на побережье Воронежского водохранилища, на улице города Воронежа, относящейся к Левобережному району, вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук», расположенных в ближайшей окрестности от ТЭЦ.

Таблица 19

Результаты определений удельной активности РН в образцах листьев крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.)

№ п/ п	Территория заготовки образцов	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.	Территория Воронежского заповедника	7,2±1,8	57,9±27,3	11,4±3,5	514±54	5,7±2,4	0,18	66,78
2.	Территория Хоперского заповедника	6,4±2,6	30,4±10,9	10,8±2,9	617±76	5,5±1,9	0,11	75,07
3.	Территория Теллермановского леса	5,5±1,9	29,7±15,2	12,3±4,1	634±80	4,8±2,8	0,10	77,85
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	5,2±2,0	34,3±14,0	17,4±5,0	732±48	7,4±1,5	0,11	95,9
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	10,2±0,8	60,1±23,9	14,5±2,8	767±86	10,3±2,6	0,20	98,18
6.	Улица города Острогожск	7,6±1,3	72,3±21,0	17,9±3,5	869±76	10,2±2,0	0,22	111,68
7.	Улица города Семилуки	8,3±1,8	74,5±18,6	14,1±4,8	877±77	10,9±3,5	0,23	108,16
8.	Улица города Нововоронеж	4,5±2,4	77,9±24,7	18,6±3,0	793±90	9,7±3,7	0,22	105,25
9.	Высоковольтные линии электропередач	6,9±1,5	74,1±17,9	16,5±2,5	787±86	10,4±2,6	0,22	102,68
10.	Агробиоценоз Лискинского района	4,0±1,2	69,5±21,5	14,1±4,2	591±64	9,3±2,1	0,19	80,82
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	6,1±3,2	67,4±13,2	19,6±5,7	786±87	9,8±3,7	0,20	106,02
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	7,2±1,8	64,3±18,6	17,4±3,8	853±64	9,4±2,5	0,20	108,79
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	5,6±2,7	41,9±10,5	15,9±4,9	876±95	9,8±3,6	0,13	109,31
14.	Агробиоценоз Грибановского района	5,9±1,8	36,2±21,8	16,3±2,7	839±92	10,3±3,5	0,12	107
15.	Агробиоценоз Хохольского района	7,8±2,6	74,3±17,4	17,3±5,9	891±74	10,1±2,0	0,22	112,78
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	6,9±1,7	38,1±10,6	19,0±6,1	832±90	10,7±2,8	0,13	110,28
17.	Агробиоценоз Репьевского района	8,4±2,0	65,3±24,7	14,5±5,9	905±102	9,5±3,0	0,21	109,8
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	6,2±1,4	29,4±13,8	17,6±6,8	814±97	9,7±4,0	0,10	105,84
19.	Агробиоценоз Панинского района	7,9±2,8	57,5±17,0	18,3±2,7	839±93	10,3±1,8	0,18	109,6
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	9,6±1,7	72,3±19,1	17,2±5,3	876±100	9,2±2,7	0,23	110,4
21.	Агробиоценоз Эртильского района	10,1±3,3	51,6±12,4	19,1±1,9	816±54	9,8±3,9	0,18	108,07

22.	Агробιοценоз Россошанского района	6,9±3,0	60,4±16,0	18,5±5,2	903±69	9,1±2,7	0,19	114,42
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	6,7±1,8	58,1±21,1	18,9±3,0	917±74	9,7±1,6	0,18	116,8
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	5,4±1,0	37,2±17,3	12,6±4,9	679±85	9,5±3,5	0,12	86,99
25.	Улица города Борисоглебск	5,7±3,0	34,5±18,1	15,7±2,8	705±93	9,3±2,3	0,11	93,16
26.	Улица города Калач	7,0±2,7	32,7±14,9	14,2±3,5	891±91	9,2±2,9	0,12	107,85
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	6,8±2,7	96,1±29,0	19,9±6,2	1211±63	11,9±3,4	0,27	146,76
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	7,4±1,9	99,3±21,8	18,3±2,9	1176±52	11,3±4,2	0,29	140,93
29.	На удалении 0-100 м от Воронежского водохранилища	7,9±3,0	97,1±18,1	18,7±4,0	939±68	10,9±2,8	0,28	119,72
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	5,9±2,5	66,8±19,7	14,2±5,0	618±79	9,4±4,0	0,20	83,48
31.	Улица города Воронеж	8,3±1,9	99,5±25,6	18,9±2,6	1014±103	10,7±1,8	0,29	126,53
32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском районе	6,9±3,7	74,1±15,5	10,7±3,7	539±48	7,9±3,5	0,22	70,32
33.	Автоматгистраль А144 в Аннинском районе	5,6±2,7	65,7±14,9	12,9±3,9	714±90	5,6±2,9	0,19	86,63
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском районе	5,2±1,6	63,1±19,0	11,3±4,7	553±52	7,8±2,2	0,18	72,26
35.	Дорога обычного типа в Богучарском районе	5,9±2,3	33,5±16,1	14,4±2,9	609±47	9,6±4,1	0,11	83,13
36.	Железнодорожные пути Юго-Восточной железной дороги	7,4±1,9	48,5±12,1	14,8±5,9	512±83	8,8±3,8	0,18	74,12
<b>Среднее для Воронежской области</b>		6,8	59,6	15,9	791	9,3	0,18	101,2
<b>Допустимая УА РН</b>		200	400	-	-	-	<1	

#### **4.2.7 Содержание радионуклидов в цветках липы сердцевидной**

Накопление стронция-90 в цветках липы сердцевидной (таблица 20) характеризуется значениями УА от 2,0 Бк/кг до 3,1 Бк/кг при среднем значении для всех анализируемых образцов данного ЛРС сырья 2,4 Бк/кг, что на два порядка меньше предельно допустимых требований ГФ по этому показателю. Аккумуляция цезия-137 в цветках липы сердцевидной характеризуется более высокими абсолютными значениями, варьирующими от 8,3 Бк/кг до 22,1 Бк/кг, а среднее значение УА для всех проанализированных образцов составило 15,9 Бк/кг, что в 25 раз меньше предельно допустимых значений.

Числовые значения сумм показателей соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешностей их определения, рассчитанных на основе результатов определения удельных активностей цезия-137 и стронция-90, для всех проанализированных цветков липы сердцевидной не превышали 1,0, варьируя от 0,03 до 0,08, что позволяет признать все изученные образцы соответствующими критерию радиационной безопасности (первая группа).

Накопление в цветках липы сердцевидной природных РН, содержание которых в лекарственном растительном сырье не нормируется, также отличается невысокими числовыми значениями. Так, УА тория-232 варьировала в изученных образцах от 3,8 Бк/кг до 7,6 Бк/кг, а в среднем составила 5,6 Бк/кг. УА радиоактивного изотопа калия варьировала от 325 Бк/кг до 610 Бк/кг при среднем значении данного показателя для изученных образцов 478 Бк/кг. Аккумуляцию радия-226 цветками липы сердцевидной характеризуют значения его УА от 2,3 Бк/кг до 6,6 Бк/кг, средняя удельная активность составила 4,1 Бк/кг. ЭУА природных РН в целом варьировала от 37,27 Бк/кг до 71,62 Бк/кг.

Таким образом, проведенные исследования позволяют считать все проанализированное сырье соответствующим требованиям радиационной безопасности. Полученные результаты определения удельной активности природных и естественных РН в цветках липы сердцевидной, заготовленной на территории Воронежской области, отличаются невысокими числовыми значениями и равномерностью распределения по изучаемым районам заготовки сырья.

Таблица 20

Результаты определений удельной активности РН в образцах цветков липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.)

№ п/ п	Территория заготовки образцов	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-2 26		
1.	Территория Воронежского заповедника	2,6±0,8	26,3±1,8	4,6±1,6	325±54	2,8±0,9	0,08	38,03
2.	Территория Хоперского заповедника	2,1±0,6	10,1±2,6	4,2±2,8	416±32	2,4±0,6	0,04	45,3
3.	Территория Теллермановского леса	2,5±1,0	8,5±1,0	5,3±2,0	419±67	2,3±1,1	0,03	46,9
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	2,7±1,3	9,6±0,6	5,7±2,7	451±41	3,7±0,6	0,04	51,7
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	3,0±0,6	17,2±17	6,3±1,9	493±38	5,4±0,9	0,06	57,96
6.	Улица города Острогожск	3,1±0,8	17,4±1,4	5,9±2,7	610±50	4,7±0,4	0,06	67,27
7.	Улица города Семилуки	2,8±0,6	19,2±2,0	6,2±3,5	445±67	5,2±1,2	0,06	53,31
8.	Улица города Нововоронеж	2,5±0,7	19,5±2,1	5,2±1,8	459±52	4,9±0,7	0,06	52,97
9.	Высоковольтные линии электропередач	2,1±0,5	20,7±1,7	4,7±0,6	442±42	4,7±0,5	0,06	50,59
10.	Агробιοценоз Лискинского района	2,1±0,9	14,3±2,4	5,2±1,9	369±59	4,0±0,9	0,05	43,97
11.	Агробιοценоз Ольховатского района	2,2±1,2	13,5±1,6	6,7±2,8	483±67	3,9±0,8	0,04	56,08
12.	Агробιοценоз Подгоренского района	2,7±1,1	12,7±1,2	6,9±3,6	493±66	4,5±0,5	0,05	57,84
13.	Агробιοценоз Петропавловского района	2,0±0,6	13,4±1,9	7,3±2,8	515±84	4,6±1,0	0,04	60,44
14.	Агробιοценоз Грибановского района	2,1±1,0	14,2±1,1	5,7±0,9	483±54	4,9±0,4	0,05	55,78
15.	Агробιοценоз Хохольского района	2,6±0,7	21,5±2,0	6,0±3,9	517±76	4,7±0,8	0,07	59,03
16.	Агробιοценоз Новохоперского района	2,3±0,9	10,3±0,9	6,3±2,7	497±48	5,2±0,3	0,04	58,12
17.	Агробιοценоз Репьевского района	2,5±0,5	19,7±1,8	5,7±3,5	462±60	3,9±0,7	0,06	52,89
18.	Агробιοценоз Воробьевского района	2,1±0,8	13,9±1,4	5,9±4,0	485±44	3,7±0,9	0,05	55,02
19.	Агробιοценоз Панинского района	2,4±1,1	20,4±2,7	4,9±1,7	499±77	4,0±0,6	0,06	55,28
20.	Агробιοценоз Верхнехавского района	2,9±1,0	22,1±1,6	4,7±2,0	523±48	4,1±0,8	0,07	57,28
21.	Агробιοценоз Эртильского района	3,1±1,3	12,3±2,3	6,2±3,6	505±63	4,3±1,0	0,05	57,81

22.	Агробιοοеноз Россошанского района	2,3±0,9	18,2±1,5	6,1±4,2	529±68	3,7±0,4	0,06	59,24
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения	2,1±0,5	15,6±1,8	7,3±3,6	461±105	3,9±0,5	0,05	54,88
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	2,0±0,8	9,9±0,7	4,1±2,7	409±76	4,0±0,4	0,03	46,14
25.	Улица города Борисоглебск	2,0±0,4	8,3±2,1	3,8±1,9	483±72	4,0±0,9	0,03	52,41
26.	Улица города Калач	2,1±0,9	9,1±1,9	3,9±2,4	501±59	3,2±0,6	0,03	53,36
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	2,7±0,3	21,3±2,9	6,9±3,0	596±65	6,1±0,5	0,07	68,71
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	2,9±0,8	20,9±1,5	7,2±3,6	573±84	6,6±0,9	0,07	67,53
29.	На удалении 0-100 м от Воронежского водохранилища	2,8±1,0	19,6±0,7	7,6±3,9	511±37	5,9±1,0	0,06	61,77
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	2,7±1,8	18,1±1,7	4,6±2,7	432±92	3,2±0,3	0,06	48,06
31.	Улица города Воронеж	2,6±1,2	20,5±2,6	6,7±2,5	578±85	5,0±0,5	0,06	65,73
32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском районе	2,1±1,0	17,2±1,3	5,5±2,1	476±71	3,8±0,9	0,05	53,79
33.	Автоматгистраль А144 в Аннинском районе	2,0±0,4	16,7±1,9	5,2±2,9	489±63	2,0±0,7	0,05	52,77
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском районе	2,1±1,0	15,3±2,0	4,3±1,5	413±59	3,2±0,8	0,05	45,96
35.	Дорога обычного типа в Богучарском районе	2,3±0,7	9,5±1,7	4,7±1,2	429±86	3,6±0,5	0,04	48,32
36.	Железнодорожные пути Юго-Восточной железной дороги	2,4±1,1	14,7±2,4	4,1±1,0	434±83	3,1±0,9	0,05	47,49
<b>Среднее для Воронежской области</b>		2,4	15,9	5,6	478	4,1	0,05	54,44
<b>Допустимая УА РН</b>		200	400	-	-	-	<1	



#### 4.2.8 Содержание радионуклидов в цветках пижмы обыкновенной

Накопление стронция-90 в цветках пижмы обыкновенной (таблица 21) характеризуется средним значением удельной активности радионуклида 13,8 Бк/кг при варьировании его от 2,8 Бк/кг до 5,6 Бк/кг. Данные значения примерно в 50 раз меньше предельно допустимой УА стронция-90, установленного ГФ.

УА цезия-137 в изучаемых образцах цветков пижмы обыкновенной варьировала от 15,4 Бк/кг до 52,1 Бк/кг при среднем значении 29,2 Бк/кг, что также значительно меньше предельно допустимых норм по данному показателю.

Для всех проанализированных цветков пижмы обыкновенной числовые значения сумм показателей соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешностей их определения не превышали 1,0 (от 0,06 до 0,15 при среднем 0,09), что позволяет признать все изученные образцы соответствующими критерию радиационной безопасности (первая группа).

УА тория-232 в цветках пижмы обыкновенной принимала числовые значения от 3,8 Бк/кг до 8,1 Бк/кг при среднем арифметическом для всех изученных образцов данного лекарственного растительного сырья 6,3 Бк/кг. Значения УА калия-40 варьировали от 284 Бк/кг до 627 Бк/кг при среднем по региону 447 Бк/кг. Для радия-226 получены данные от 2,8 Бк/кг до 5,7 Бк/кг со средним значением 3,9 Бк/кг. ЭУА природных РН в целом варьировала от 38,03 Бк/кг до 68,71 Бк/кг. Предельно допустимые значения природных РН в лекарственном растительном сырье не нормируется, но полученные данные можно считать невысокими относительно ранее проведенных исследований.

Таким образом, все заготовленные на территории Воронежской области образцы цветков пижмы обыкновенной соответствуют фармакопейным требованиям радиационной безопасности. Значения удельной активности определяемых РН в цветках пижмы обыкновенной отличаются небольшим диапазоном варьирования и относительной равномерностью распределения. Несколько более высокими значениями удельных активностей цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226, сумм показателей соответствия и погрешностей их определения, ЭУА природных РН выделяются образцы, собранные вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС», а также вблизи химического предприятия ОАО «Воронежсинтезкаучук», на побережье Воронежского водохранилища, на улице Димитрова города Воронежа.

Таблица 21

Результаты определений УА РН в образцах цветков пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.)

№ п/ п	Территория заготовки образцов	УА РН, Бк/кг					Сумма показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения	ЭУА природных РН, Бк/кг
		Стронций -90	Цезий-1 37	Торий-2 32	Калий-4 0	Радий- 226		
1.	Территория Воронежского государственного заповедника	3,2±0,8	38,3±4,2	6,7±1,9	284±45	3,0±0,9	0,11	37,27
2.	Территория Хоперского государственного заповедника	3,1±0,5	18,7±3,9	6,2±1,5	315±32	3,1±0,5	0,06	39,51
3.	Территория Теллермановского леса	3,0±0,4	19,4±1,9	6,3±2,4	376±63	2,8±0,4	0,06	44,83
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	2,8±0,7	21,2±4,8	6,4±3,0	384±28	3,0±0,6	0,07	45,88
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	5,6±0,4	27,6±3,8	6,0±2,4	415±72	3,8±0,8	0,10	48,95
6.	Улица города Острогожск	4,1±0,6	29,5±4,2	7,8±3,9	511±73	3,9±1,0	0,09	60,03
7.	Улица города Семилуки	4,3±0,7	36,4±6,3	7,6±2,7	486±80	4,1±0,5	0,11	57,72
8.	Улица города Нововоронеж	2,6±0,5	41,2±4,2	8,3±3,6	415±53	3,7±0,7	0,12	51,84
9.	Высоковольтные линии электропередач	4,2±0,6	37,5±5,2	6,0±1,7	408±43	4,0±0,6	0,11	48,52
10.	Агробиоценоз Лискинского района	2,4±0,4	29,6±3,0	5,7±3,0	297±62	3,6±0,7	0,09	37,74
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	4,1±0,8	30,0±4,2	5,2±2,2	473±52	3,7±0,4	0,10	53,03
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	4,4±0,6	31,2±4,0	5,0±1,9	549±48	3,6±0,6	0,10	59,51
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	3,8±0,8	21,8±3,8	7,4±2,9	532±63	3,9±0,8	0,07	61,4
14.	Агробиоценоз Грибановского района	3,9±0,9	16,3±2,8	7,2±3,3	422±61	4,3±0,5	0,06	51,64
15.	Агробиоценоз Хохольского района	5,1±1,0	34,5±4,5	7,9±1,6	521±72	4,2±1,0	0,11	61,36
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	3,7±0,6	20,2±1,9	7,6±3,7	434±70	4,5±1,2	0,07	53,44
17.	Агробиоценоз Репьевского района	3,9±0,8	34,1±4,0	8,1±2,5	502±61	4,0±0,7	0,10	59,71
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	3,2±0,5	16,3±2,7	6,8±3,1	427±34	3,7±0,8	0,06	50,97
19.	Агробиоценоз Панинского района	3,8±0,7	29,1±2,8	6,2±4,4	444±65	3,6±0,6	0,09	51,62
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	4,5±0,6	30,4±5,2	6,0±2,0	423±73	3,9±0,7	0,10	49,77
21.	Агробиоценоз Эртильского района	4,7±0,6	22,1±4,8	5,9±3,8	425±70	4,2±0,5	0,08	50,12

22.	Агробιοценоз Россошанского района	4,0±0,8	27,9±3,4	5,4±2,2	487±64	3,7±0,6	0,09	54,55
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения» (Россошанский район)	4,0±0,4	26,1±3,3	5,6±1,7	509±65	3,8±0,6	0,09	56,89
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	3,0±0,7	15,4±1,8	4,2±1,2	367±48	4,0±0,7	0,05	42,49
25.	Улица города Борисоглебск	3,2±0,4	16,2±1,5	5,7±2,0	395±83	4,5±0,5	0,06	47,46
26.	Улица города Калач	4,2±0,9	17,5±3,9	5,9±3,3	518±45	4,1±0,8	0,06	58,39
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	4,0±1,0	52,1±5,9	7,3±1,8	627±90	5,7±0,9	0,15	71,62
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук» (город Воронеж)	4,5±1,2	48,4±3,0	6,9±2,6	601±83	5,2±1,2	0,14	68,26
29.	На удалении 0-100 м от низовья Воронежского водохранилища	4,4±0,5	42,6±5,7	7,2±1,7	594±67	5,1±1,0	0,13	67,92
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	3,2±0,4	28,4±4,1	5,4±2,8	387±75	4,1±0,3	0,09	45,95
31.	Улица города Воронеж	5,0±0,7	46,2±2,8	7,6±3,8	611±49	5,7±0,6	0,14	70,57
32.	Автоматрираль М4 «Дон» в Рамонском районе	4,0±0,7	37,2±6,2	3,8±2,2	374±60	3,8±0,8	0,11	42,4
33.	Автоматрираль А144 в Аннинском районе	2,8±0,5	35,4±6,3	5,7±3,6	418±73	2,9±0,3	0,10	47,93
34.	Автоматрираль М4 «Дон» в Павловском районе	2,1±0,6	29,7±3,5	5,3±2,8	333±58	3,4±0,4	0,08	40,26
35.	Дорога обычного типа в Богучарском районе	3,1±0,8	17,6±4,6	6,1±1,6	472±45	3,8±0,5	0,06	54,21
36.	Железнодорожные пути Юго-Восточной железной дороги	4,3±0,6	25,5±2,7	6,0±3,1	364±56	3,4±0,7	0,09	43,96
<b>Среднее для Воронежской области</b>		3,8	29,2	6,3	447	3,9	0,09	52,44
<b>Допустимая УА РН</b>		200	400	-	-	-	<1	

#### 4.2.9 Содержание радионуклидов в корнях одуванчика лекарственного

Удельная активность стронция-90 в отобранных образцах корней одуванчика лекарственного (таблица 22) варьировала от 8,0 Бк/кг до 16,8 Бк/кг. Среднее значение удельной активности данного радионуклида для все анализируемых образцов 12,0 Бк/кг, что в 16 раз меньше предельно допустимой УА (200 Бк/кг). Удельная активность цезия-137 в образцах изучаемого ЛРС принимала числовые значения от 20,1 Бк/кг до 78,1 Бк/кг при среднем значении для корней одуванчика лекарственного, заготовленных на территории Воронежской области 43,6 Бк/кг, что почти в 10 раз меньше предельно допустимой УА (400 Бк/кг). Числовые значения сумм показателей соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешностей их определения, рассчитанных на основе удельных активностей цезия-137 и стронция-90, не превышали 1,0 (от 0,10 до 0,26 при среднем 0,17), что позволяет признать все изученные образцы данного ЛРС соответствующими критерию радиационной безопасности (первая группа).

Содержание тория-232 в заготовленных корнях одуванчика лекарственного характеризуется значениями удельной активности от 9,8 Бк/кг до 26,4 Бк/кг. Среднее значение УА данного РН для всех анализируемых образцов составило 14,1 Бк/кг. УА калия-40 в изучаемых корнях одуванчика лекарственного варьировала от 329 Бк/кг до 876 Бк/кг при среднем значении для всех анализируемых образцов 528 Бк/кг. Среднее значение УА радия-226 составило 10,9 Бк/кг, а данный показатель принимал числовые значения от 5,3 Бк/кг до 14,9 Бк/кг. ЭУА природных РН в целом варьировала от 48,77 Бк/кг до 128,06 Бк/кг.

Для каждого анализируемого РН распределение числовых значений удельных активностей по местам заготовки ЛРС относительно равномерное. Несколько более высокими показателями УА цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226, а также сумм показателей соответствия и погрешностей их определения, ЭУА природных РН выделяются образцы, заготовленные вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС», ОАО «Воронежсинтезкаучук», вдоль низовья Воронежского водохранилища, а также на улице Димитрова города Воронежа. Полученные результаты можно объяснить тем, что данные территории сбора сырья располагаются в зоне выпадения осадка от выбросов ТЭЦ-1 «ВОГРЭС», которая более семи десятилетий функционировала на каменном угле, при сжигании которого в выхлопные газы ТЭЦ вместе с недожогом в окружающую среду поступает ряд природных РН. На примере корней одуванчика лекарственного, заготовленных на указанных территориях, попадающих в зону влияния ТЭЦ-1 «ВОГРЭС», заметно увеличение УА тория-232, калия-40, цезия-137, радия-226 относительно среднерегиональных значений в 1,5-2 раза.

Таблица 22

Результаты определений удельной активности РН в образцах корней одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg)

№ п/ п	Территория заготовки образцов	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.	Территория Воронежского заповедника	10,6±2,1	50,4±6,9	10,2±1,9	329±36	5,9±1,3	0,18	48,77
2.	Территория Хоперского заповедника	9,8±1,9	20,1±2,9	10,4±2,8	460±51	6,7±1,9	0,10	61,62
3.	Территория Теллермановского леса	9,3±1,6	20,2±7,1	10,7±3,1	412±48	5,3±0,8	0,10	56,29
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	8,2±1,8	26,1±5,5	11,2±2,6	472±31	7,8±2,1	0,11	64,84
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	16,4±2,3	46,5±7,9	9,9±3,8	476±58	10,4±2,0	0,20	66,11
6.	Улица города Острогожск	14,0±1,9	49,9±2,5	12,8±4,0	611±44	11,2±0,9	0,19	82,83
7.	Улица города Семилуки	14,7±2,5	57,6±8,0	11,3±1,9	493±24	13,6±1,5	0,22	72,66
8.	Улица города Нововоронеж	8,0±1,5	58,4±6,5	12,4±4,5	489±41	12,3±2,4	0,19	72,43
9.	Высоковольтные линии электропередач	11,6±2,3	57,4±5,1	10,6±2,6	493±38	12,7±3,2	0,20	70,85
10.	Агробιοценоз Лискинского района	8,2±2,0	44,6±4,8	9,8±3,1	361±51	9,3±3,7	0,15	54,53
11.	Агробιοценоз Ольховатского района	11,0±2,3	40,2±3,6	13,3±2,2	513±19	9,6±2,5	0,16	73,06
12.	Агробιοценоз Подгоренского района	11,4±1,9	43,1±6,1	13,2±4,2	611±59	9,9±1,8	0,16	82,05
13.	Агробιοценоз Петропавловского района	11,0±2,6	29,3±3,8	12,4±3,7	527±61	10,7±2,6	0,13	74,25
14.	Агробιοценоз Грибановского района	11,4±3,1	22,1±5,3	14,7±2,9	503±47	10,9±2,1	0,11	75,28
15.	Агробιοценоз Хохольского района	13,7±2,9	54,3±2,9	15,2±4,1	684±31	10,7±3,4	0,20	92,02
16.	Агробιοценоз Новохоперского района	11,7±1,6	22,7±3,8	14,1±3,0	522±39	12,4±3,0	0,12	77,71
17.	Агробιοценоз Репьевского района	14,6±3,0	57,4±6,8	12,4±2,8	516±45	10,8±1,8	0,22	73,36
18.	Агробιοценоз Воробьевского района	10,1±2,1	23,1±4,0	13,3±4,4	491±31	12,9±3,2	0,11	74,38
19.	Агробιοценоз Панинского района	13,9±1,9	40,2±4,3	13,4±4,2	462±39	13,1±3,7	0,17	72,1
20.	Агробιοценоз Верхнехавского района	15,8±1,5	55,7±5,8	14,7±3,7	439±52	11,3±1,9	0,22	69,92
21.	Агробιοценоз Эртильского района	16,8±3,3	30,4±6,1	15,6±2,5	497±40	12,4±2,5	0,16	77,41

22.	Агробιοοеноз Россошанского района	11,9±2,0	48,8±2,7	16,1±3,1	563±25	12,6±2,9	0,18	84,2
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	12,4±2,8	41,3±6,6	17,6±4,0	590±39	12,1±1,8	0,17	88,08
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (Поворинский район)	10,0±2,4	24,3±3,0	11,1±2,9	427±43	9,9±0,9	0,11	62,76
25.	Улица города Борисоглебск	10,2±1,9	25,1±5,1	12,8±4,6	435±50	10,6±1,5	0,11	66,39
26.	Улица города Калач	12,3±3,2	23,8±5,8	12,6±3,1	528±37	11,2±2,8	0,12	75,1
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	11,9±1,6	76,3±4,4	26,4±1,7	876±67	14,9±2,0	0,25	128,06
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	13,4±2,5	78,1±5,5	25,7±3,3	853±51	14,2±2,9	0,26	124,38
29.	На удалении 0-100 м от Воронежского водохранилища	13,6±2,2	75,1±7,2	22,1±4,9	866±36	13,6±3,9	0,26	120,27
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	10,2±3,0	49,9±3,6	16,4±3,5	457±41	9,1±2,1	0,18	71,55
31.	Улица города Воронеж	15,4±1,8	69,8±4,5	21,1±5,0	767±59	13,8±1,9	0,25	110,26
32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском районе	12,1±2,6	54,3±6,2	12,3±3,8	497±44	10,1±3,3	0,20	70,82
33.	Автоматгистраль А144 в Аннинском районе	9,4±1,0	52,7±5,8	13,7±1,9	506±33	6,9±1,6	0,18	70,25
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском районе	9,8±1,7	44,3±6,1	10,8±3,9	418±37	10,2±2,2	0,16	61,86
35.	Дорога обычного типа в Богучарском районе	9,9±2,1	18,8±3,5	14,1±2,6	452±48	12,6±2,4	0,10	71,61
36.	Железнодорожные пути Юго-Восточной железной дороги	13,8±2,7	37,1±5,0	14,7±3,9	397±38	10,6±2,5	0,16	65,44
<b>Среднее для Воронежской области</b>		12,0	43,6	14,1	528	10,9	0,17	76,76
<b>Допустимая УА РН</b>		200	400	-	-	-	<1	

#### 4.2.10 Содержание радионуклидов в корнях лопуха обыкновенного

Накопление стронция-90 в корнях лопуха обыкновенного (таблица 23) характеризуется средним значением УА радионуклида 12,6 Бк/кг при варьировании его от 8,2 Бк/кг до 16,3 Бк/кг. Данные значения на порядок меньше предельно допустимой удельной активности стронция-90, установленного фармакопейной статьей.

УА цезия-137 в изучаемых образцах корней лопуха обыкновенного варьировала от 26,1 Бк/кг до 75,8 Бк/кг при среднем значении 46,4 Бк/кг, что также значительно меньше предельно допустимых норм по данному показателю.

Для всех проанализированных корней лопуха обыкновенного числовые значения сумм показателей соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешностей их определения не превышали 1,0 (составили от 0,12 до 0,25, среднее значение – 0,18), что позволяет признать все изученные образцы данного вида ЛРС соответствующими критерию радиационной безопасности (первая группа).

Удельная активность природных РН в корнях лопуха обыкновенного принимала числовые значения от 11,3 Бк/кг до 32,3 Бк/кг при среднем арифметическом для всех изученных образцов данного лекарственного растительного сырья 19,0 Бк/кг для тория-232; от 308 Бк/кг до 943 Бк/кг при среднем по региону 526 Бк/кг для калия-40; от 7,2 Бк/кг до 21,8 Бк/кг со средним значением 17,0 Бк/кг для радия-232. Предельно допустимые значения природных РН в ЛРС не нормируются, но полученные данные можно считать невысокими относительно ранее проведенных исследований. ЭУА природных РН в целом варьировала от 52,85 Бк/кг до 146,41 Бк/кг.

Таким образом, все заготовленные на территории Воронежской области образцы корней лопуха обыкновенного соответствуют фармакопейным требованиям радиационной безопасности. Значения удельной активности определяемых РН в корнях лопуха обыкновенного отличаются небольшим диапазоном варьирования и относительной равномерностью распределения для изучаемых территорий заготовки сырья. При этом наибольшие значения сумм показателей соответствия и погрешностей их определения, ЭУА природных РН, а также удельных активностей цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226 отмечены в образцах, заготовленных вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», а также вблизи химического предприятия ОАО «Воронежсинтезкаучук», на побережье Воронежского водохранилища, на улице Димитрова города Воронежа. Объяснить полученные результаты можно тем, что последние три района отбора образцов расположены на примерно равном и относительно небольшом расстоянии от ТЭЦ «ВОГРЭС».

Таблица 23

Результаты определений удельной активности РН в образцах корней лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.)

№ п/ п	Территория заготовки образцов	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.	Территория Воронежского заповедника	10,4±3,7	57,1±7,4	12,1±4,9	308±67	9,4±5,3	0,19	52,85
2.	Территория Хоперского заповедника	11,2±4,1	28,1±3,9	11,3±3,8	461±53	9,6±5,0	0,13	65,78
3.	Территория Теллермановского леса	11,6±5,3	27,3±5,8	14,6±6,1	418±70	7,2±2,2	0,13	63,8
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	10,8±3,8	29,4±8,0	18,4±2,0	451±46	11,4±3,1	0,13	75,91
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	16,7±4,0	57,3±3,9	14,3±4,1	428±75	18,0±4,6	0,23	75,11
6.	Улица города Острогожск	13,9±5,3	53,2±8,5	20,1±3,8	590±89	19,4±5,8	0,20	98,63
7.	Улица города Семилуки	15,2±2,9	59,8±4,0	19,4±4,5	510±94	20,1±7,5	0,23	91,22
8.	Улица города Нововоронеж	9,0±4,1	60,1±9,5	20,3±2,7	483±56	18,7±4,9	0,20	88,56
9.	Высоковольтные линии электропередач	12,9±5,0	58,6±4,3	17,4±4,8	498±64	20,3±7,3	0,21	87,74
10.	Агробιοценоз Лискинского района	8,2±2,5	51,0±7,5	12,1±3,8	356±49	15,6±4,9	0,17	63,37
11.	Агробιοценоз Ольховатского района	13,1±4,9	42,9±5,8	24,3±2,9	474±67	18,9±6,2	0,17	93,15
12.	Агробιοценоз Подгоренского района	14,6±5,1	43,7±6,8	22,1±5,1	614±73	20,0±2,8	0,18	103,99
13.	Агробιοценоз Петропавловского района	10,0±3,9	29,6±3,0	19,6±4,0	553±81	16,1±1,8	0,12	91,35
14.	Агробιοценоз Грибановского района	11,2±5,8	27,8±4,1	16,4±3,8	493±62	19,8±6,3	0,13	85,49
15.	Агробιοценоз Хохольского района	15,7±2,9	57,3±5,6	23,1±5,9	550±70	19,6±7,9	0,22	99,13
16.	Агробιοценоз Новохоперского района	13,1±4,0	29,2±4,8	18,3±4,5	510±23	20,4±5,4	0,14	90,09
17.	Агробιοценоз Репьевского района	15,2±3,9	57,3±3,9	14,8±3,0	497±70	15,9±4,0	0,22	79,87
18.	Агробιοценоз Воробьевского района	11,0±5,1	27,1±2,9	19,3±6,2	450±93	17,3±7,4	0,12	82,89
19.	Агробιοценоз Панинского района	13,9±4,0	46,8±5,0	16,4±3,1	518±29	18,6±3,8	0,19	86,54
20.	Агробιοценоз Верхнехавского района	15,7±3,8	54,3±2,6	21,1±6,9	511±93	18,9±4,0	0,21	92,32
21.	Агробιοценоз Эртильского района	16,3±2,2	37,1±4,9	21,4±5,0	484±64	19,4±3,7	0,17	90,78



22.	Агробιοοеноз Россошанского района	13,1±4,9	46,2±6,1	19,1±3,8	563±80	17,2±6,3	0,18	92,7
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	13,9±5,5	41,7±3,9	21,6±4,2	541±36	17,0±5,0	0,17	93,77
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	10,1±6,0	28,3±6,2	15,3±5,1	434±45	19,4±6,2	0,12	78,35
25.	Улица города Борисоглебск	9,6±3,7	29,9±4,4	16,1±3,7	453±62	15,4±8,4	0,12	77,1
26.	Улица города Калач	12,1±5,1	30,7±5,1	18,8±5,3	571±48	17,6±2,8	0,14	93,43
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	12,8±4,7	75,8±3,0	32,3±4,3	918±90	21,8±1,8	0,25	146,41
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	14,3±5,3	70,1±5,9	29,4±2,9	943±53	20,6±2,0	0,25	143,69
29.	На удалении 0-100 м от Воронежского водохранилища	13,6±5,9	73,2±6,3	22,2±4,0	913±41	20,1±4,9	0,25	131,13
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	10,8±3,7	46,7±7,0	20,4±3,2	411±50	15,9±7,1	0,17	79,41
31.	Улица города Воронеж	15,6±5,1	68,8±3,5	27,4±5,0	891±24	20,5±1,8	0,25	136,31
32.	Автоматрираль М4 «Дон» в Рамонском районе	13,3±1,9	54,7±5,6	15,6±7,3	421±31	14,7±2,9	0,20	72,87
33.	Автоматрираль А144 в Аннинском районе	10,9±3,6	58,3±8,3	16,9±6,2	461±47	9,8±7,5	0,20	73,26
34.	Автоматрираль М4 «Дон» в Павловском районе	10,2±4,1	49,6±5,2	14,0±5,8	411±58	14,5±3,0	0,18	69,69
35.	Дорога обычного типа в Богучарском районе	10,3±3,5	26,1±2,1	19,3±6,0	472±63	18,6±4,1	0,12	86,17
36.	Железнодорожные пути Юго-Восточной железной дороги	13,8±4,2	36,6±3,0	17,2±3,2	389±52	15,7±6,9	0,16	73,07
<b>Среднее для Воронежской области</b>		12,6	46,4	19,0	526	17,0	0,18	89,05
<b>Допустимая УА РН</b>		200	400	-	-	-	<1	

## **5. Исследования по изучению общей суммы минеральных веществ в ЛРС Воронежской области**

В фармакопейном анализе судить об общем минеральном комплексе ЛРС позволяет показатель «зола общая» - остаток неорганических веществ, который получается в результате сжигания лекарственных веществ или ЛРС и последующего прокаливания до постоянной массы. Содержание общей золы позволяет судить о минеральном остатке, связанном с наличием неорганических веществ в растительном объекте, а также с содержанием в нем примесей, попавших в сырье извне. Отклонения в величине зольного остатка по сравнению с естественной зольностью указывают на загрязненность анализируемого объекта минерализующимися примесями, в частности пылевыми частицами.

Все образцы ЛРС, заготовленные на контрольных территориях и в условиях агробиоценозов соответствуют требованиям ГФ по показателю «зола общая» (табл. 24). В ряде образцов сырья, собранных в урбоценозах Воронежской области, отмечено превышение числовых показателей золы общей, приведенных в ФС. Так, общее содержание минеральных веществ оказалось превышено в траве полыни горькой, траве пустырника пятилопастного, листьях крапивы двудомной, цветках пижмы обыкновенной, заготовленных под высоковольтными линиями электропередач высокого напряжения, характеризующимися возникновением коронных разрядов, сопровождающихся ионизацией воздуха в электрическом поле с высокой напряженностью и движением частиц газа и содержащихся в нем примесей от коронирующего электрода к силовой нейтрали, то есть от высоковольтных линий электропередач к земле, что способствует осаждению пылевых частиц и других взвешенных в воздухе загрязнителей на растения. Превышение числового показателя по общей золе также отмечено в траве пустырника пятилопастного, листьях подорожника большого, цветках липы сердцевидной и цветках пижмы обыкновенной, заготовленных вблизи промышленного предприятия ООО «Бормаш», а также в траве пустырника пятилопастного, траве тысячелистника обыкновенного, листьях крапивы двудомной, листьях подорожника большого, цветках липы сердцевидной и цветках пижмы обыкновенной, собранных вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук». Общее содержание минеральных веществ не соответствует требованиям нормативной документации (НД) в траве горца птичьего, траве полыни горькой, листьях подорожника большого, листьях крапивы двудомной, цветках липы сердцевидной, произрастающих в г. Борисоглебск, а также в траве горца птичьего, траве полыни горькой, траве пустырника пятилопастного, листьях крапивы двудомной, листьях подорожника большого, заготовленных в г. Калач. В образцах, собранных вблизи ТЭЦ-1

«ВОГРЭС», выявлено превышение общей золы в траве горца птичьего, траве полыни горькой, траве пустырника пятилопастного, листьях подорожника большого, цветках липы сердцевидной и цветках пижмы обыкновенной. Во всех образцах ЛРС, кроме корней лопуха обыкновенного, заготовленных на улице города Воронеж, вдоль автомагистралей М4 «Дон» в Рамонском районе и А144 в Аннинском районе, выявлено превышение допустимых норм по показателю «Зола общая». Все изучаемые образцы трав, листьев и цветков, произрастающие вдоль железнодорожных путей, вдоль и на удалении 100 м от автотрассы М4 «Дон» в Павловском районе, на удалении 100 м от автомагистралей М4 «Дон» в Рамонском районе и А144 в Аннинском районе также оказались недоброкачественными по данному числовому показателю. На удалении 200 м от автомобильной трассы А144 были заготовлены несоответствующие требованиям ФС трава горца птичьего, трава полыни горькой, трава тысячелистника обыкновенного, листья подорожника большого, цветки пижмы обыкновенной; на удалении 200 м от трассы М4 «Дон» в Павловском районе - трава горца птичьего, трава полыни горькой, трава пустырника пятилопастного, листья подорожника большого, листья крапивы двудомной, цветки пижмы обыкновенной; на удалении 300 м от трассы М4 в Павловском районе – трава пустырника пятилопастного и цветки пижмы обыкновенной. При анализе сырья, собранного вдоль нескоростной автомобильной дороги, недоброкачественным по показателю «зола общая» признаны трава горца птичьего, трава пустырника пятилопастного, цветки пижмы обыкновенной, произрастающие непосредственно вдоль дороги. Наиболее благополучными по показателю «Зола общая» могут быть признаны корни лопуха обыкновенного и одуванчика лекарственного - все заготовленные образцы данного вида ЛРС соответствуют требованиям ФС, что можно объяснить отсутствием аэрозольного загрязнения корней растений взвешенными в воздухе частицами от выбросов автомобилей и промышленных предприятий.

Наиболее частое превышение норм по числовому показателю «Зола общая» отмечено для образцов травы пустырника пятилопастного и цветков пижмы обыкновенной (в 16 из 51 образцов), что можно объяснить опушенностью данных видов сырья, хорошо сорбирующих на себе взвешенные в воздухе загрязняющие вещества, а также достаточно высокими требованиями соответствующих ФС к данным видам ЛРС. В 15 образцах листьев подорожника большого из 51 исследованных также оказалось превышено общее содержание минеральных веществ, что обуславливается большой по площади, расположенной основной частью в горизонтальной плоскости листовой пластинкой растения, а также приземистым его произрастанием, что создает хорошие условия для осаждения пылевых частиц на поверхности ЛРС.

Таблица 24

## Содержание золы общей в изучаемых образцах ЛРС, %

№ п/ п	Район 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	Корни одуванчика лекарственного	Корни лопуха обыкновенного
1.	Территория Воронежского заповедника	7,72	8,42	9,34	8,01	11,23	12,73	5,92	6,27	4,74	6,86
2.	Территория Хоперского заповедника	6,19	6,90	8,67	7,34	13,85	14,09	6,05	5,07	4,90	7,22
3.	Территория Теллермановского леса	9,42	7,99	7,44	6,06	12,09	11,85	4,82	7,30	3,88	5,30
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	8,60	9,05	10,40	8,90	10,11	16,73	3,22	5,33	5,10	6,17
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	9,25	8,03	8,55	6,55	9,85	17,05	5,08	6,86	6,12	7,88
6.	Улица города Острогожск	7,32	8,44	9,42	10,08	14,88	19,00	6,93	7,45	4,90	7,15
7.	Улица города Семилуки	9,90	10,28	10,97	9,65	13,05	18,41	7,30	8,22	5,31	4,99
8.	Улица города Нововоронеж	10,74	11,09	8,08	8,07	16,72	15,38	6,59	8,00	4,89	6,12
9.	ВЛЭ (Каширский район)	12,61	<b>13,50</b>	8,12	<b>14,55</b>	17,21	<b>20,67</b>	9,03	<b>10,44</b>	5,09	5,52
10.	Агробиоценоз Лискинского района	7,94	6,59	6,55	7,54	9,55	12,09	8,35	6,19	5,12	6,78
11.	Агробиоценоз Ольховатского района	10,73	7,02	7,09	6,49	14,52	14,44	7,43	7,02	4,90	5,55
12.	Агробиоценоз Подгоренского района	11,68	7,88	6,02	8,05	17,43	17,02	6,08	8,21	5,33	6,19
13.	Агробиоценоз Петропавловского района	9,21	8,90	6,90	8,39	14,08	16,71	5,21	6,23	6,17	6,97
14.	Агробиоценоз Грибановского района	10,00	9,39	8,16	7,62	10,12	12,34	8,53	3,78	3,90	5,76
15.	Агробиоценоз Хохольского района	7,55	7,21	5,41	7,37	15,62	10,06	4,94	4,90	4,76	7,09
16.	Агробиоценоз Новохоперского района	11,07	10,05	7,08	9,05	16,02	8,32	3,86	7,29	5,95	8,09
17.	Агробиоценоз Репьевского района	6,82	7,03	5,32	8,88	9,00	9,07	7,34	6,55	6,41	7,22
18.	Агробиоценоз Воробьевского района	8,74	7,53	7,22	5,66	12,85	12,89	6,66	5,90	5,08	6,77

19.	Агробиоценоз Панинского района	9,05	8,90	6,07	7,79	10,64	13,06	5,39	6,29	5,37	7,39
20.	Агробиоценоз Верхнехавского района	6,86	8,05	9,07	8,40	13,99	15,28	4,28	5,89	5,62	6,84
21.	Агробиоценоз Эртильского района	10,43	9,32	10,21	10,42	17,32	13,75	4,23	7,77	6,82	7,03
22.	Агробиоценоз Россошанского района	7,60	7,96	8,09	7,56	12,48	9,45	5,28	7,95	4,08	8,67
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	12,33	11,67	14,19	11,05	19,81	17,82	8,94	8,32	6,02	7,09
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	11,02	12,05	13,05	<b>14,09</b>	<b>23,62</b>	18,90	<b>11,53</b>	<b>9,90</b>	5,76	7,22
25.	Улица города Борисоглебск	<b>15,74</b>	<b>14,17</b>	14,11	10,98	<b>28,26</b>	<b>23,94</b>	<b>12,40</b>	7,40	3,87	8,95
26.	Улица города Калач	<b>17,40</b>	<b>15,90</b>	13,79	<b>12,66</b>	<b>22,91</b>	<b>20,65</b>	9,42	8,29	4,10	6,43
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	<b>15,97</b>	<b>14,86</b>	14,21	<b>13,09</b>	<b>25,05</b>	19,53	<b>13,72</b>	<b>9,55</b>	7,27	7,55
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	12,56	11,09	<b>15,76</b>	<b>13,36</b>	<b>28,04</b>	<b>25,97</b>	<b>12,07</b>	<b>10,55</b>	5,08	7,78
29.	На удалении 0-100 м Воронежского водохранилища	9,96	7,45	9,02	7,73	17,93	15,51	6,12	7,33	6,25	7,37
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	11,88	9,04	10,44	11,26	19,42	18,57	<b>8,03</b>	8,20	6,11	7,99
31.	Улица города Воронеж	<b>19,74</b>	<b>18,09</b>	<b>18,77</b>	<b>19,04</b>	<b>31,74</b>	<b>29,15</b>	<b>15,94</b>	<b>16,03</b>	7,53	9,88
32.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	<b>21,94</b>	<b>19,55</b>	<b>19,99</b>	<b>18,90</b>	<b>29,52</b>	<b>30,41</b>	<b>15,09</b>	<b>18,12</b>	7,41	10,04
33.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	<b>13,42</b>	<b>14,32</b>	<b>16,08</b>	<b>13,53</b>	<b>22,71</b>	<b>21,91</b>	<b>10,07</b>	<b>10,67</b>	5,55	8,27
34.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	11,80	10,07	13,11	11,08	18,64	15,06	7,90	8,43	4,89	6,12
35.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	10,78	10,29	11,98	9,06	17,93	16,38	6,08	6,22	3,98	6,08
36.	0 м от автомагистрали А144	<b>16,36</b>	<b>17,46</b>	<b>18,90</b>	<b>17,51</b>	<b>30,06</b>	<b>26,41</b>	<b>12,85</b>	<b>15,35</b>	7,31	9,51
37.	100 м от автомагистрали А144	<b>14,33</b>	<b>15,40</b>	<b>16,52</b>	<b>15,30</b>	<b>27,42</b>	<b>23,06</b>	<b>12,09</b>	<b>11,22</b>	5,78	7,22
38.	200 м от автомагистрали А144	<b>13,24</b>	<b>14,80</b>	<b>15,08</b>	11,22	<b>20,65</b>	17,41	9,69	<b>10,08</b>	6,17	7,08
39.	300 м от автомагистрали А144	9,55	11,06	10,12	9,60	17,32	13,09	7,53	7,45	4,21	6,41
40.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	<b>18,94</b>	<b>17,46</b>	<b>18,89</b>	<b>19,05</b>	<b>28,51</b>	<b>32,62</b>	<b>14,98</b>	<b>14,87</b>	7,77	7,90
41.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в	<b>16,45</b>	<b>15,21</b>	<b>16,33</b>	<b>17,43</b>	<b>26,12</b>	<b>28,06</b>	<b>11,08</b>	<b>13,88</b>	6,33	7,33

	Павловском районе										
42.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	<b>16,73</b>	<b>13,75</b>	13,16	<b>13,75</b>	<b>23,33</b>	<b>23,95</b>	9,34	<b>13,07</b>	6,04	7,97
43.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	12,60	11,87	12,87	<b>12,66</b>	19,38	18,04	6,38	<b>12,08</b>	5,28	7,90
44.	0 м от дороги обычного типа	<b>13,65</b>	12,33	14,21	<b>13,28</b>	19,08	19,05	9,04	<b>10,55</b>	4,39	8,89
45.	100 м от дороги обычного типа	10,53	10,89	12,04	10,62	19,57	15,98	8,34	8,90	5,99	6,80
46.	200 м от дороги обычного типа	9,05	9,06	12,14	8,09	17,31	16,62	7,09	6,00	4,65	7,31
47.	300 м от дороги обычного типа	7,41	8,21	11,08	8,50	14,02	10,09	7,66	6,27	3,90	6,91
48.	0 м от железнодорожных путей	<b>14,62</b>	<b>14,22</b>	<b>16,78</b>	<b>13,74</b>	<b>24,63</b>	<b>20,43</b>	<b>12,07</b>	<b>11,28</b>	6,59	7,90
49.	100 м от железнодорожных путей	12,04	11,75	12,09	10,89	15,98	13,84	7,20	8,35	4,29	7,23
50.	200 м от железнодорожных путей	10,49	9,56	11,20	8,44	13,80	11,08	6,94	5,08	5,22	6,47
51.	300 м от железнодорожных путей	10,07	8,11	8,23	8,68	14,66	9,05	4,12	5,66	4,90	6,17
	Среднее	11,77	11,00	11,36	10,80	18,29	17,35	8,23	8,64	5,50	7,20
	<b>Числовой показатель по ГФ, не более</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>11</b>

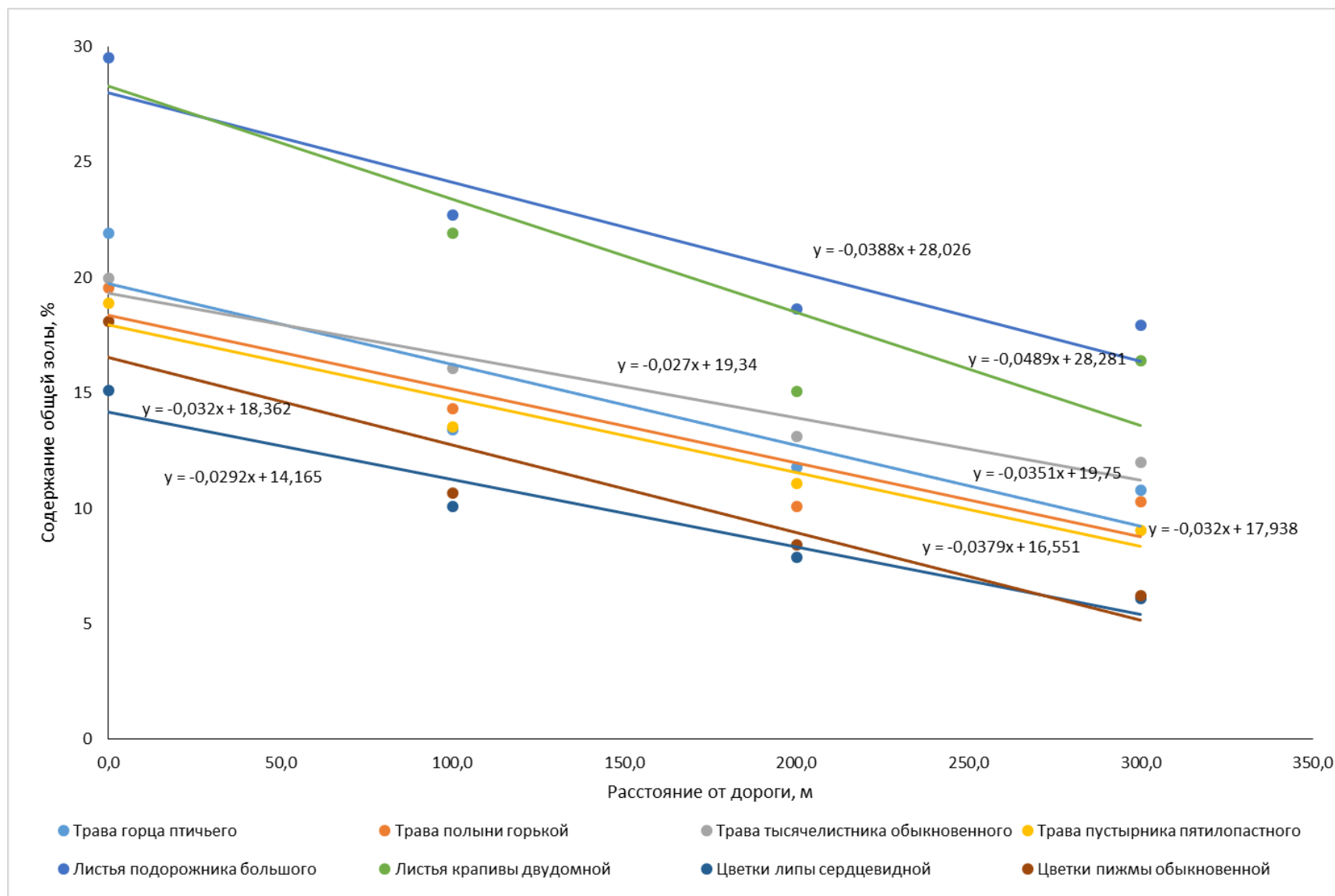


Рис. 2. Содержание общей золы в ЛРС, заготовленном вдоль трассы М4 в Рамонском районе

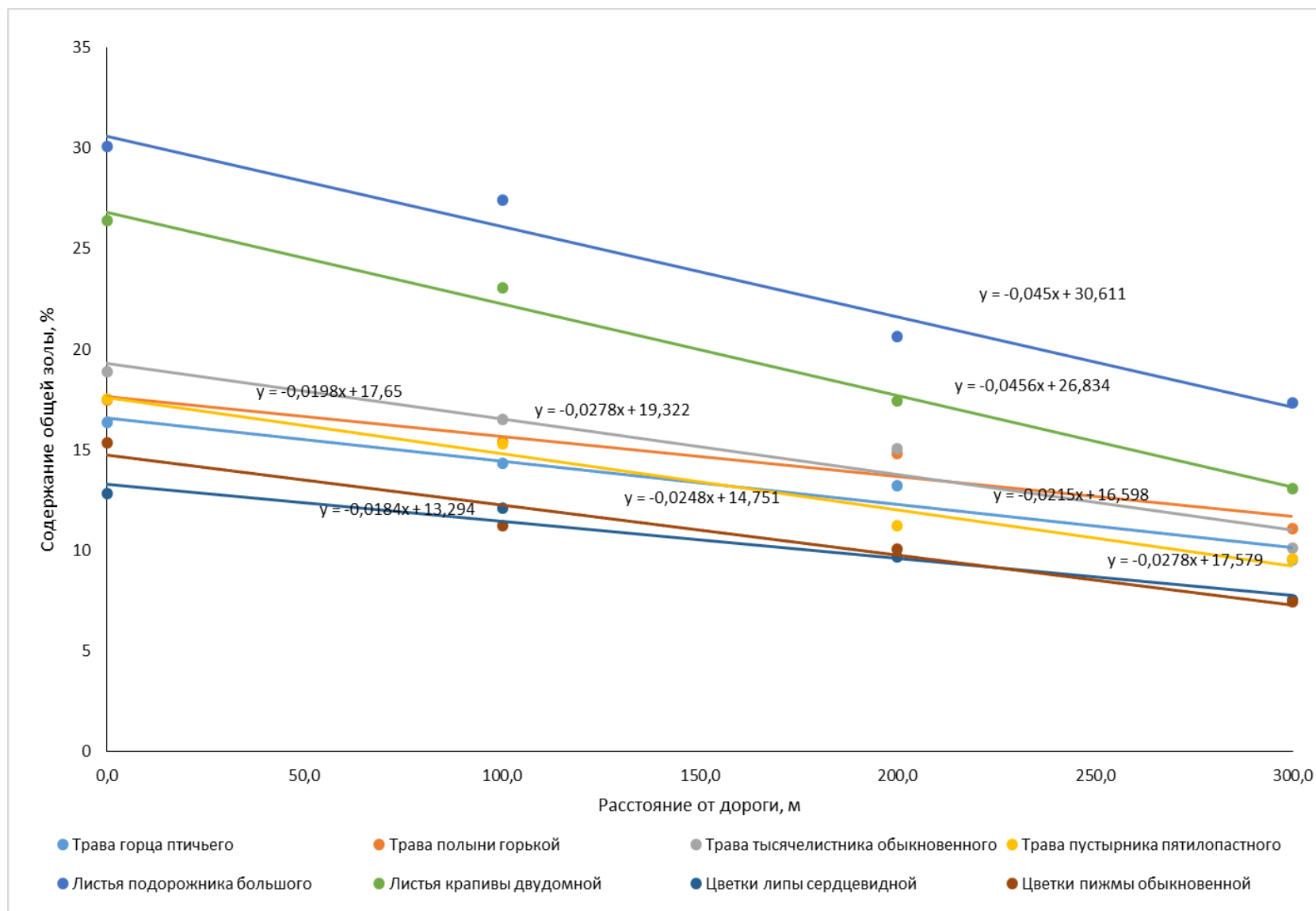


Рис. 3. Содержание общей золы в ЛРС, заготовленном вдоль трассы А144



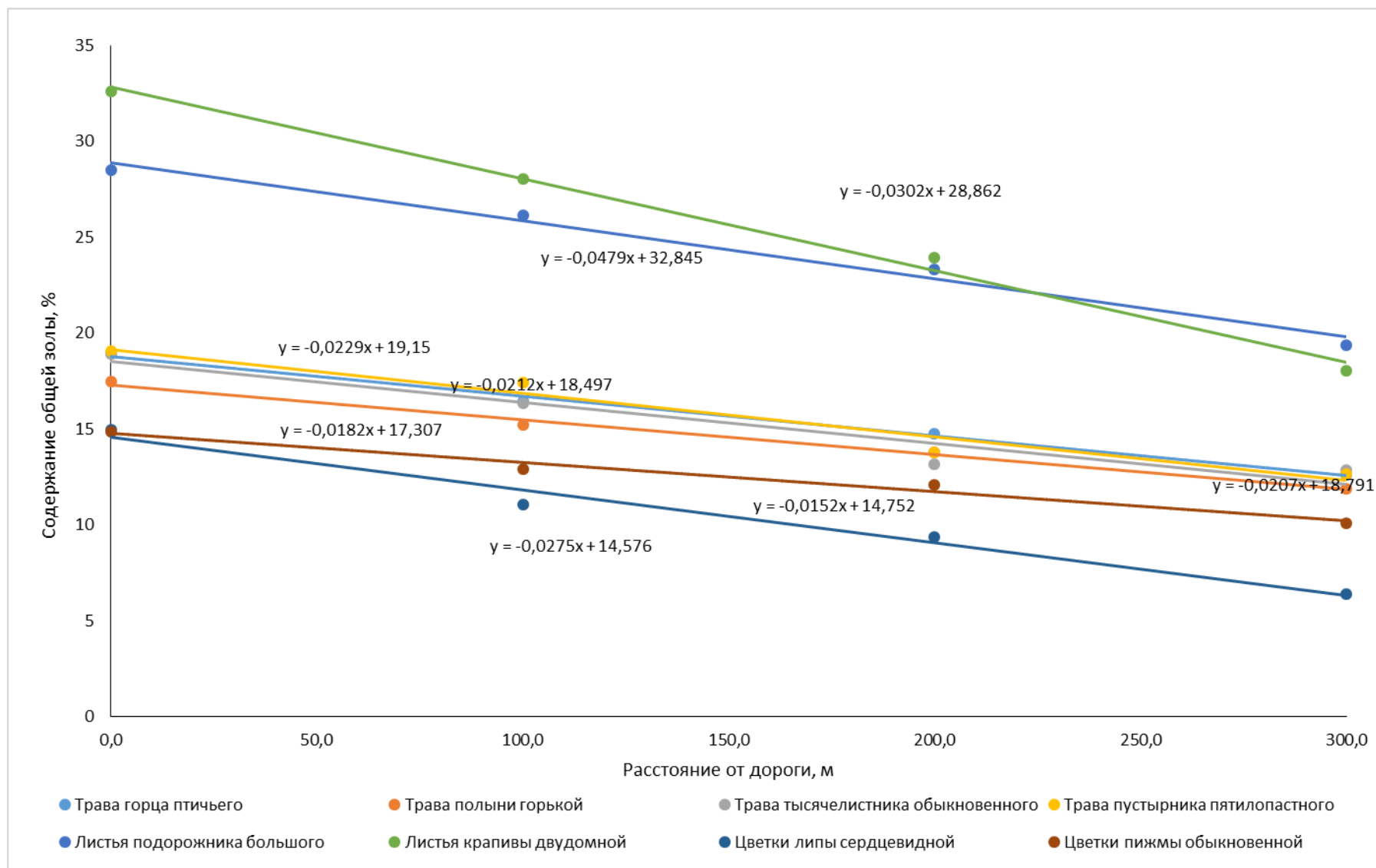


Рис. 4. Содержание общей золы в ЛРС, заготовленном вдоль трассы М4 в Павловском районе

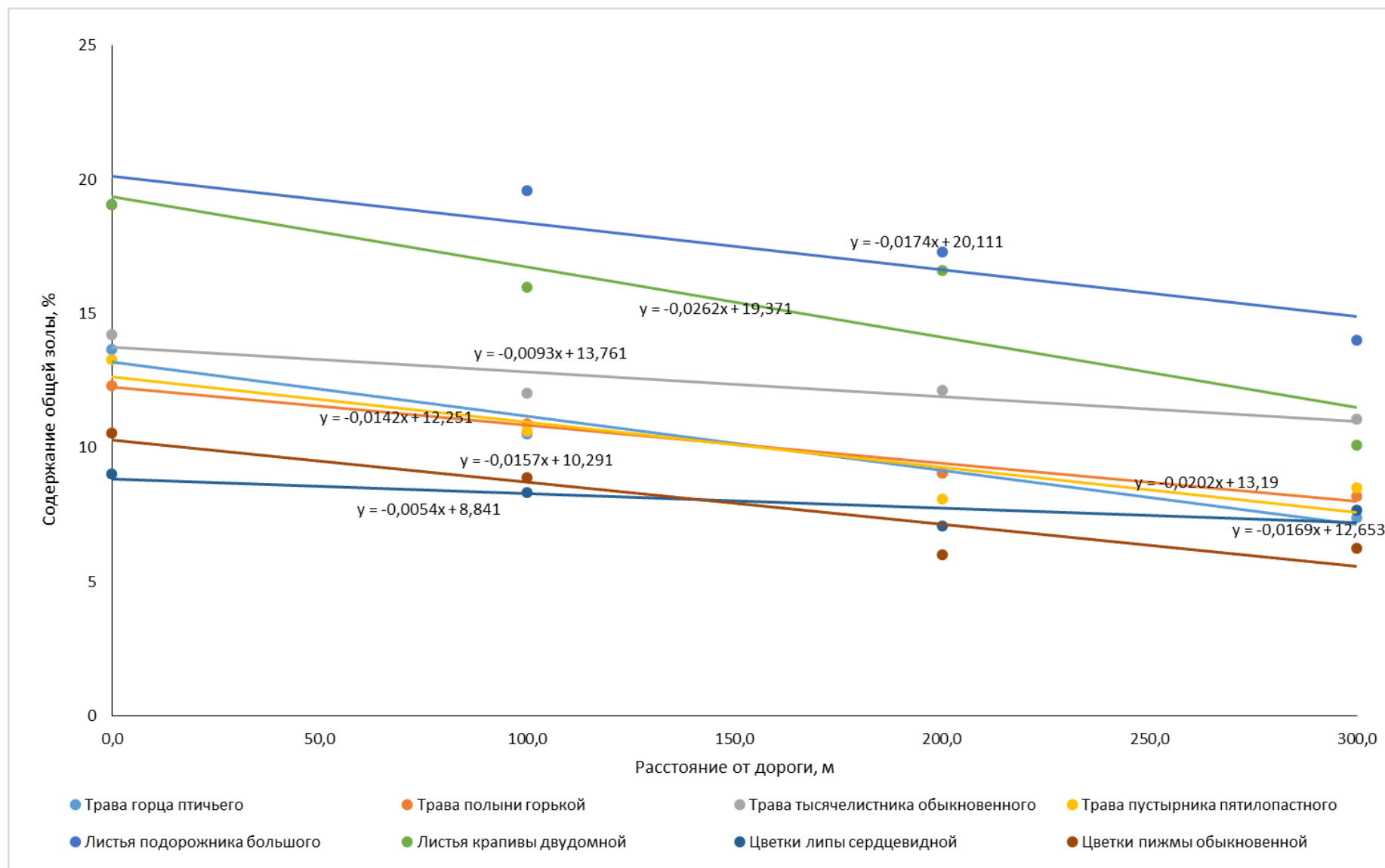


Рис. 5. Содержание общей золы в ЛРС, заготовленном вдоль дороги обычного типа

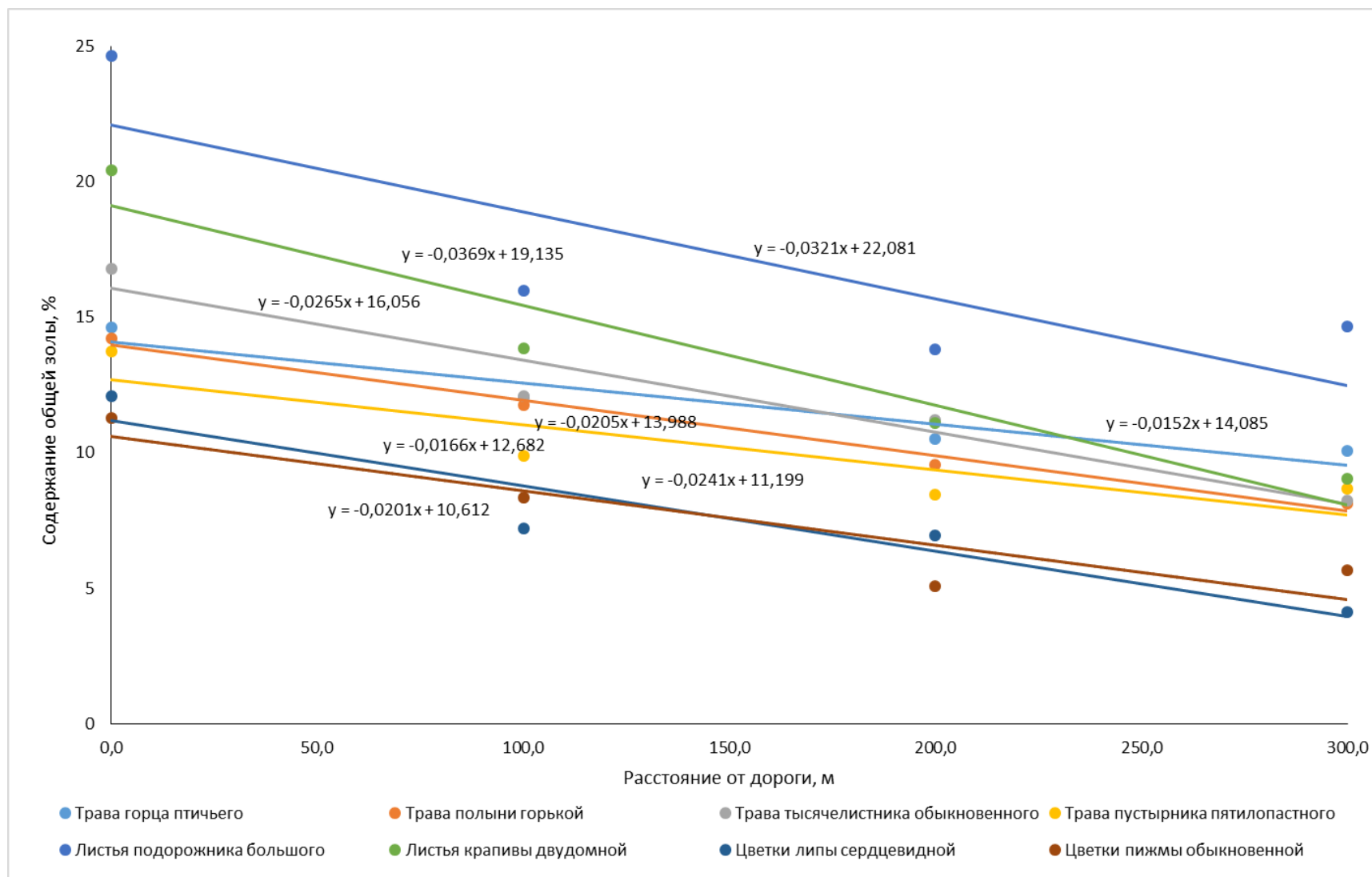


Рис. 6. Содержание общей золы в ЛРС, заготовленном вдоль железнодорожных путей Юго-Восточной железной дороги

Особенно сильно превышено допустимое значение общей золы для образцов, собранных вблизи автострад, что объясняется большим количеством пескосмесей, используемых в зимний период, формирующих впоследствии пыль. Кроме того, выхлопные газы автомобилей также несут значительное количество мелкодисперсных несгораемых частиц, которые приводятся быстро движущимся транспортом во взвешенное состояние и оседают в конечном итоге на надземных частях растений. Актуальность данного исследования подчеркнута разночтениями в научной, учебной и правовой литературе, касающейся сбора ЛРС вблизи дорог. Разрешенным расстоянием для сбора сырья вблизи дорог одни издания называют 100 м от проселочной дороги, другие – 100 м от дороги с очень интенсивным движением. Для проведения исследования по выбору оптимальной безопасной зоны заготовки ЛРС Воронежская область подходит практически идеально: благодаря значительной меридианной протяженности в области представлены три разные природные зоны – смешанная лесная, лесостепная и степная зоны.

Для уточнения разрешенных зон сбора ЛРС вблизи крупных дорог были проведены дополнительные исследования методом математического моделирования. По полученным экспериментальным данным были построены точечные графики (рис. 2-6) с прямыми линиями тренда. С использованием фармакопейных числовых показателей были рассчитаны значения расстояния от транспортной магистрали, на удалении которого ЛРС становится соответствующим требованиям ГФ XIV (табл. 25). Разрешенное расстояние сбора ЛРС в той или иной природной зоне определялось как максимальное расстояние от транспортной магистрали, на удалении которого сырье становится соответствующим требованиям ГФ.

Табл. 25

Расстояние от транспортной магистрали по показателю «содержание общей золы», (м)

Район сбора	ЛРС								Допустимое расстояние сбора сырья
	Трава горца птичьего	Трава полыни горькой	Трава тысячелистника обыкновенного	Трава пустырника пятилопастного	Листья подорожника большого	Листья крапивы двудомной	Цветки липы сердцевидной	Цветки пижмы обыкновенной	
Трасса М4 «Дон» в Рамонском районе	78,3	154,3	160,7	198,8	206,8	169,3	142,6	199,2	206,8
Трасса А144	167,3	234,8	155,5	200,7	235,8	149,8	179,0	191,6	235,8
Трасса М4 «Дон» в Павловском районе	279,8	236,6	291,4	312,2	293,4	268,2	166,4	378,4	378,4
Дорога обычного типа	9,4	0	0	38,6	0	0	0	82,2	82,2
Железнодорожные пути	71,4	48,2	39,8	41,4	64,8	11,0	49,8	80,2	80,2

Анализируя данные по общей золе, можно рекомендовать считать допустимым для сбора ЛРС расстояние от загруженных автомобильным транспортом крупных дорог и магистралей в условиях лесной природной зоны – не менее 210 м, в условиях лесостепной зоны – не менее 240 м, в условиях степной зоны, лишенной древесной и кустарниковой растительности, – не менее 380 м, вблизи нескоростных автомобильных дорог, – не менее 80 м, вблизи железнодорожных магистралей – не менее 80 м.

Анализ средних значений содержания общей золы позволяет выстроить из анализируемых видов ЛРС ряд уменьшения содержания общего минерального комплекса, который выглядит следующим образом: листья подорожника большого > листья крапивы двудомной > трава горца птичьего > трава тысячелистника обыкновенного > трава полыни горькой > трава пустырника пятилопастного > цветки пижмы обыкновенной > цветки липы сердцевидной > корни лопуха обыкновенного > корни одуванчика лекарственного.

Повышенное содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, указывает на значительное содержание в ЛРС минеральной примеси. Поэтому по данному числовому показателю представляется возможным оценить загрязненность ЛРС пылевыми частицами.

Анализ полученных результатов по содержанию золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте (табл. 26), в корнях лопуха обыкновенного и одуванчика лекарственного показал, что все образцы выдержали испытание. В корнях лопуха обыкновенного данный показатель не превышает допустимого значения в 4%, а в корнях лопуха обыкновенного – в 4,5%. При этом в образцах корней лопуха обыкновенного содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте значительно ниже порогового числового показателя, приводимого в ФС, и не превышает значения 2,68%. Изучаемый показатель для данных видов ЛРС на прямую зависит от качества очистки и мытья при заготовке корней, поэтому его нельзя считать объективным при оценке экологической обстановки региона.

Полученные данные по содержанию золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, в надземных образцах изучаемого растительного сырья характеризуются значительными превышениями допустимых норм для значительного количества отобранных образцов. В основном это коснулось образцов сырья, отобранных в г. Борисоглебск, г. Калач, на улице г. Воронежа, вблизи промышленных предприятий (ОАО «Минудобрения», ООО «Бормаш», ТЭЦ «ВОГРЭС», ООО «Сибур») и различного рода транспортных магистралей (вдоль трасс М4, А144, вдоль нескоростной автомобильной дороги, вдоль железной дороги, вблизи посадочной полосы Воронежского аэропорта). В меньшей степени запыленным оказалось сырье, собранное на заповедных территориях, в

агроценозах, а также вблизи Воронежского водохранилища, - здесь превышения числовых показателей нами не отмечено.

Выделяются высокими значениями золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте образцы ЛРС, собранные вблизи ВЛЭ, вдали от антропогенных источников пыли. Природных источников пыли вблизи места отбора образцов ЛРС также не отмечалось. Однако для четырех образцов изучаемого сырья (трава полыни горькой, трава пустырника пятилопастного, листья крапивы двудомной, цветки пижмы обыкновенной) данный числовой показатель значительно превышал норму, а для остальных образцов приближался к верхнему значению установленных для них показателей. Вероятным объяснением этого могут являться коронные разряды - высоковольтные самостоятельные электрические разряды в газе достаточной плотности (1 атм), возникающие в резко неоднородном электрическом поле вблизи электродов с малым радиусом кривизны (проволок). Коронный разряд сопровождается ионизацией воздуха в электрическом поле с высокой напряженностью и движением частиц газа и содержащихся в нем примесей от коронирующего электрода к силовой нейтрали, то есть от ВЛЭ к почве. При этом пылевые частицы, как правило, имеют некоторый электрический заряд, который они получают как в процессе образования, так и после образования, находясь во взвешенном состоянии, в результате взрыва, диспергирования, взаимного трения, трения о воздух, а также вследствие адсорбции ионов при ионизации среды.

Из полученных данных четко видно, что густая древесная и кустарниковая растительность выступает естественным щитом на пути распространения взвешенных частиц (рис. 7-11, табл. 27). Так, для образцов, собранных вдоль автомобильной трассы М4 в Рамонском районе области, где вдоль дороги имеет место лесная природная зона пылевые частицы, являющиеся и переносчиками различных осажденных на них токсичных веществ, хорошо распространяются на расстояние 100 м, а к 200 м от дороги 100% отобранных образцов уже не показывают превышения норм содержания общей золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте. Для образцов изучаемого ЛРС, собранного нами вдоль автомобильной трассы А144 в лесостепной природной зоне, отмечается соответствие фармакопейным требованиям на расстоянии произрастания производящих растений в 300 м. Сырье, собранное вдоль трассы М4 в степной зоне (Павловский район), не удовлетворяет требованиям ФС и на расстоянии 300 м от автотрассы. При этом образцы сырья, собранного в степной зоне вдоль нескоростной автомобильной дороги с малой интенсивностью движения, в 50% случаев удовлетворяют требованиям НД по изучаемому показателю уже на расстоянии от дороги в 100 м, а на расстоянии 200 м от дороги соответствует требованиям ГФ XIV для всех образцов ЛРС.

Таблица 26

## Содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, %

№ п/ п	Район 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	Корни одуванчика лекарственного	Корни лопуха обыкновенного
1.	Территория Воронежского заповедника	0,85	0,58	0,79	1,28	1,32	1,13	1,03	1,57	1,54	1,23
2.	Территория Хоперского заповедника	0,20	0,67	0,56	1,25	1,95	0,98	0,73	1,04	2,53	0,84
3.	Территория Теллермановского леса	0,49	0,94	0,37	1,64	2,04	0,79	1,14	1,83	2,04	1,45
4.	Село Елань-Колено Новохоперского района	1,02	0,85	1,08	1,57	1,72	0,68	0,47	1,07	1,75	0,67
5.	Село Нижнедевицк Нижнедевицкого района	0,53	1,06	1,92	2,03	2,15	1,42	1,14	1,59	0,85	0,89
6.	Улица города Острогожск	2,54	2,64	2,37	4,87	5,57	<b>2,75</b>	1,90	2,36	1,24	1,02
7.	Улица города Семилуки	2,77	1,96	2,57	4,06	4,85	<b>2,31</b>	2,68	2,02	0,63	0,57
8.	Улица города Нововоронеж	1,95	1,59	1,62	3,72	4,02	1,41	1,22	1,96	1,04	0,12
9.	ВЛЭ (Каширский район)	<b>4,47</b>	<b>3,58</b>	2,75	<b>7,78</b>	5,63	<b>3,74</b>	2,58	<b>4,83</b>	1,80	1,63
10.	Агробιοценоз Лискинского района	0,76	0,90	0,59	1,47	2,06	1,32	1,64	1,07	1,48	0,24
11.	Агробιοценоз Ольховатского района	1,85	0,57	0,74	1,55	1,73	1,84	0,55	2,09	2,04	0,74
12.	Агробιοценоз Подгоренского района	1,94	0,67	0,47	2,04	3,05	1,70	0,76	2,86	2,17	0,50
13.	Агробιοценоз Петропавловского района	0,57	1,56	0,42	2,17	2,88	0,64	1,04	1,85	1,24	1,46
14.	Агробιοценоз Грибановского района	1,04	1,48	1,17	1,36	1,68	0,74	1,59	0,96	0,96	0,57
15.	Агробιοценоз Хохольского района	0,62	0,95	0,37	1,05	1,75	1,07	1,06	1,86	0,85	1,31
16.	Агробιοценоз Новохоперского района	1,76	1,27	0,77	2,04	2,06	0,68	0,97	2,05	1,24	1,68
17.	Агробιοценоз Репьевского района	0,43	0,96	0,28	1,77	1,04	0,95	1,25	1,36	2,62	0,98
18.	Агробιοценоз Воробьевского района	0,51	1,04	0,81	0,99	2,83	1,04	0,85	1,85	2,06	0,34

19.	Агробιοοеноз Панинского района	0,47	0,86	0,64	1,37	1,06	1,15	0,66	2,87	1,94	1,28
20.	Агробιοοеноз Верхнехавского района	0,86	0,27	1,01	2,75	2,75	1,24	0,70	1,75	1,79	0,85
21.	Агробιοοеноз Эртильского района	1,28	1,56	1,88	3,75	4,03	1,96	1,62	3,05	1,30	1,17
22.	Агробιοοеноз Россошанского района	0,63	1,82	1,16	1,74	2,98	0,85	0,73	1,15	0,97	0,99
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	3,84	<b>3,67</b>	<b>3,46</b>	5,85	<b>7,16</b>	<b>2,15</b>	2,60	3,86	1,68	0,63
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	3,85	2,75	<b>4,65</b>	<b>6,78</b>	<b>7,93</b>	<b>3,37</b>	<b>3,54</b>	<b>4,67</b>	0,58	1,01
25.	Улица города Борисоглебск	<b>4,67</b>	<b>4,80</b>	1,68	5,85	<b>7,05</b>	<b>4,59</b>	<b>4,65</b>	3,76	1,47	0,86
26.	Улица города Калач	<b>4,78</b>	<b>3,65</b>	2,79	<b>6,48</b>	<b>7,33</b>	<b>5,87</b>	2,16	<b>5,43</b>	1,90	0,75
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС» (город Воронеж)	<b>4,65</b>	<b>4,53</b>	<b>4,63</b>	<b>7,27</b>	<b>8,13</b>	<b>4,75</b>	<b>4,24</b>	<b>5,10</b>	2,04	1,37
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	<b>4,76</b>	<b>5,14</b>	<b>3,75</b>	<b>7,92</b>	<b>8,29</b>	<b>5,63</b>	<b>3,96</b>	<b>5,95</b>	1,95	0,31
29.	На удалении 0-100 м от Воронежского водохранилища	1,59	2,05	1,41	3,50	4,71	1,54	1,96	3,26	0,97	1,37
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	3,85	2,73	2,15	5,59	<b>6,82</b>	<b>3,60</b>	<b>3,02</b>	3,52	1,55	0,64
31.	Улица города Воронеж	<b>5,70</b>	<b>6,61</b>	<b>4,15</b>	<b>9,70</b>	<b>10,50</b>	<b>7,38</b>	<b>5,98</b>	<b>6,85</b>	2,63	2,24
32.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	<b>6,36</b>	<b>6,82</b>	<b>5,70</b>	<b>10,50</b>	<b>11,24</b>	<b>7,93</b>	<b>4,28</b>	<b>7,27</b>	2,11	2,02
33.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	<b>5,16</b>	<b>5,03</b>	<b>4,64</b>	<b>8,52</b>	<b>9,43</b>	<b>4,73</b>	<b>3,63</b>	<b>6,44</b>	1,60	2,15
34.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	2,73	2,85	2,30	5,87	5,21	1,59	2,05	3,37	1,27	0,68
35.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Рамонском районе	2,58	2,22	1,95	4,09	4,26	1,27	1,96	3,10	1,06	0,78
36.	0 м от автомагистрали А144	<b>5,16</b>	<b>4,62</b>	<b>4,26</b>	<b>8,74</b>	<b>10,88</b>	<b>6,49</b>	<b>5,84</b>	6,37	1,80	1,95
37.	100 м от автомагистрали А144	<b>4,86</b>	<b>4,68</b>	<b>3,94</b>	<b>7,87</b>	<b>9,58</b>	<b>5,37</b>	<b>5,31</b>	<b>5,73</b>	1,56	1,81
38.	200 м от автомагистрали А144	<b>4,25</b>	<b>3,69</b>	<b>3,57</b>	<b>7,68</b>	<b>7,78</b>	<b>3,65</b>	<b>3,38</b>	<b>4,74</b>	1,14	1,14
39.	300 м от автомагистрали А144	2,46	2,86	1,17	4,26	5,47	1,26	1,96	2,57	1,62	0,84
40.	0 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	<b>5,72</b>	<b>6,69</b>	<b>6,58</b>	<b>10,54</b>	<b>11,53</b>	<b>7,73</b>	<b>5,57</b>	<b>5,90</b>	1,95	1,58
41.	100 м от автомагистрали М4 «Дон» в	<b>5,00</b>	<b>5,86</b>	<b>5,87</b>	<b>9,78</b>	<b>10,09</b>	<b>6,56</b>	<b>5,04</b>	<b>5,56</b>	1,56	2,36



	Павловском районе										
42.	200 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	<b>4,64</b>	<b>5,43</b>	<b>5,25</b>	<b>9,25</b>	<b>9,58</b>	<b>5,50</b>	<b>4,44</b>	<b>5,25</b>	1,51	1,03
43.	300 м от автомагистрали М4 «Дон» в Павловском районе	<b>4,53</b>	<b>4,64</b>	<b>3,97</b>	<b>8,43</b>	<b>8,36</b>	<b>3,19</b>	<b>3,65</b>	<b>4,86</b>	1,42	0,96
44.	0 м от дороги обычного типа	<b>4,65</b>	<b>4,61</b>	<b>3,15</b>	<b>6,47</b>	<b>7,83</b>	<b>3,97</b>	<b>3,54</b>	<b>5,37</b>	2,62	2,48
45.	100 м от дороги обычного типа	<b>4,14</b>	<b>3,55</b>	2,96	5,76	<b>6,54</b>	<b>2,58</b>	2,75	<b>4,75</b>	2,68	1,73
46.	200 м от дороги обычного типа	2,14	2,46	2,12	4,29	4,84	1,14	1,87	3,08	1,95	1,69
47.	300 м от дороги обычного типа	1,84	1,75	1,34	2,66	3,11	1,39	1,09	2,43	0,87	0,97
48.	0 м от железнодорожных путей	<b>4,83</b>	<b>3,78</b>	<b>3,60</b>	<b>6,37</b>	<b>7,64</b>	<b>3,74</b>	<b>3,87</b>	<b>5,72</b>	2,00	2,04
49.	100 м от железнодорожных путей	2,31	2,68	2,16	4,36	5,70	1,24	1,94	3,09	1,26	1,85
50.	200 м от железнодорожных путей	2,52	1,68	1,25	3,54	4,26	1,13	1,25	2,35	1,72	1,47
51.	300 м от железнодорожных путей	1,26	1,43	0,85	2,69	2,09	1,36	0,73	1,64	0,56	0,64
<b>Среднее для Воронежской области</b>		<b>2,79</b>	<b>2,76</b>	<b>2,38</b>	<b>4,76</b>	<b>5,34</b>	<b>2,77</b>	<b>2,37</b>	<b>3,43</b>	<b>1,59</b>	<b>1,17</b>
<b>Числовой показатель по ФС, не более</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4,5</b>

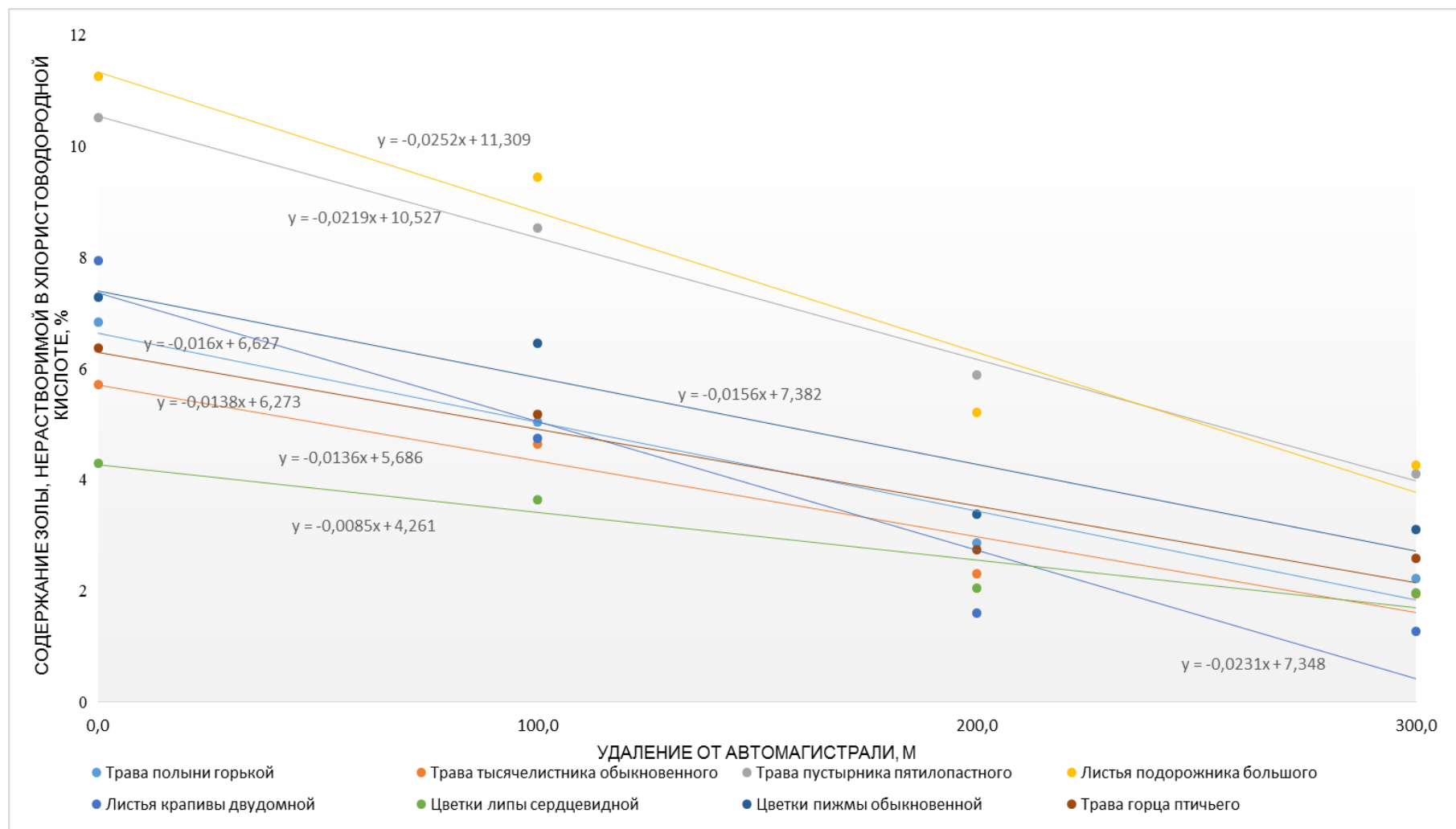


Рис. 7. Содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, в ЛРС, заготовленном вдоль трассы М4 в Рамонском районе

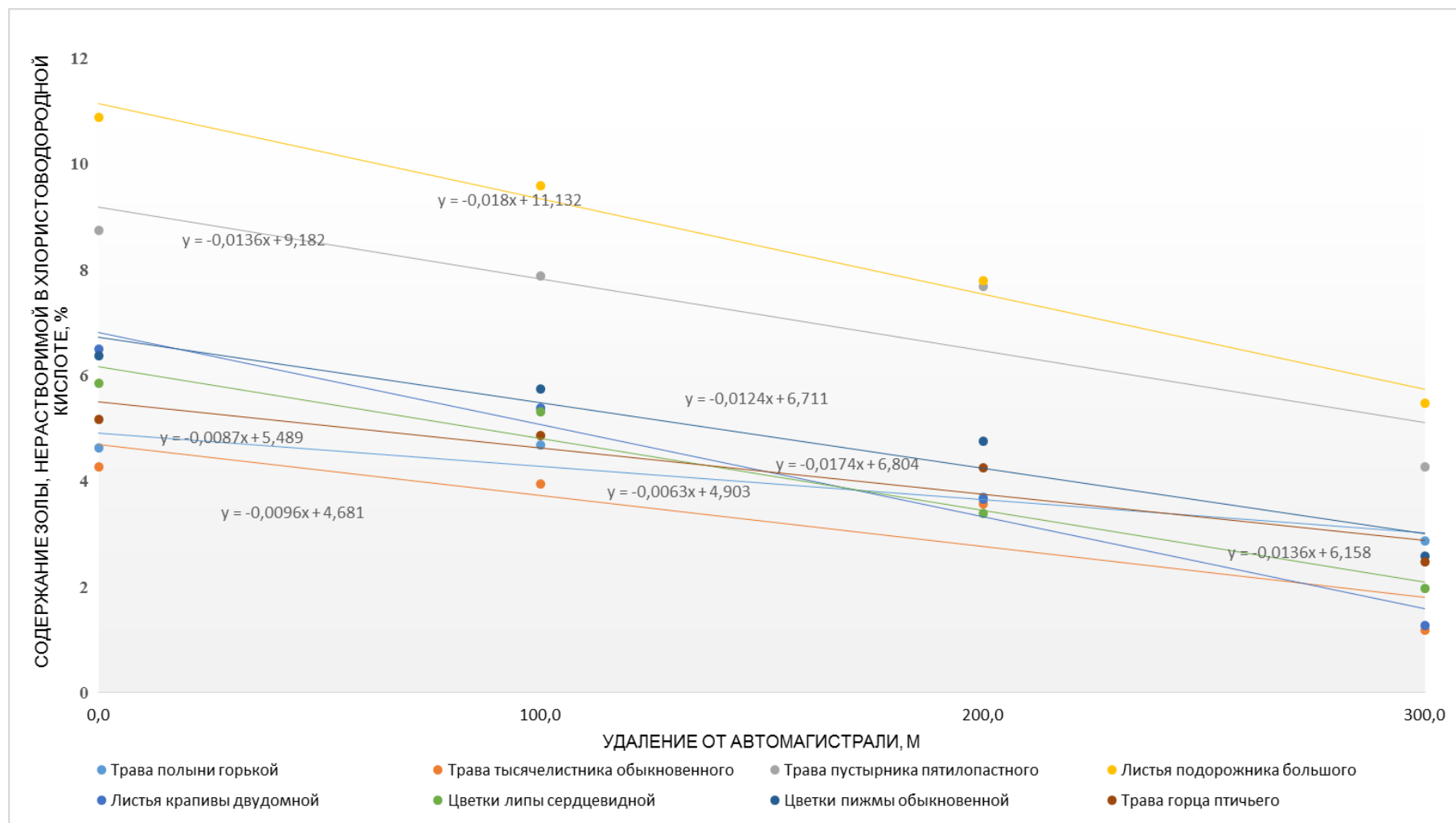


Рис. 8. Содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, в ЛРС, заготовленном вдоль трассы А144 в Аннинском районе

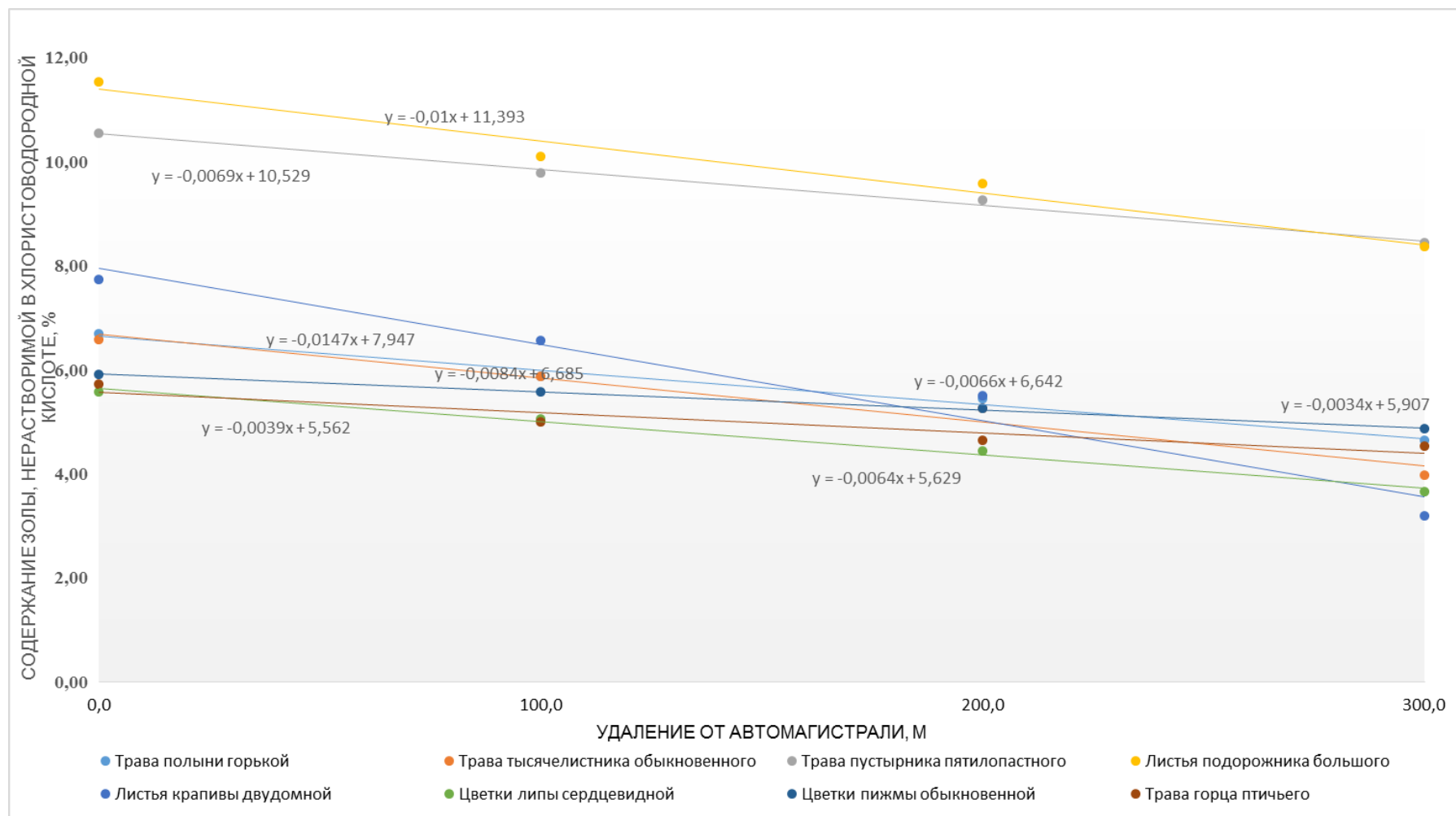


Рис. 9. Содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, в ЛРС, заготовленном вдоль трассы М4 в Рамонском районе

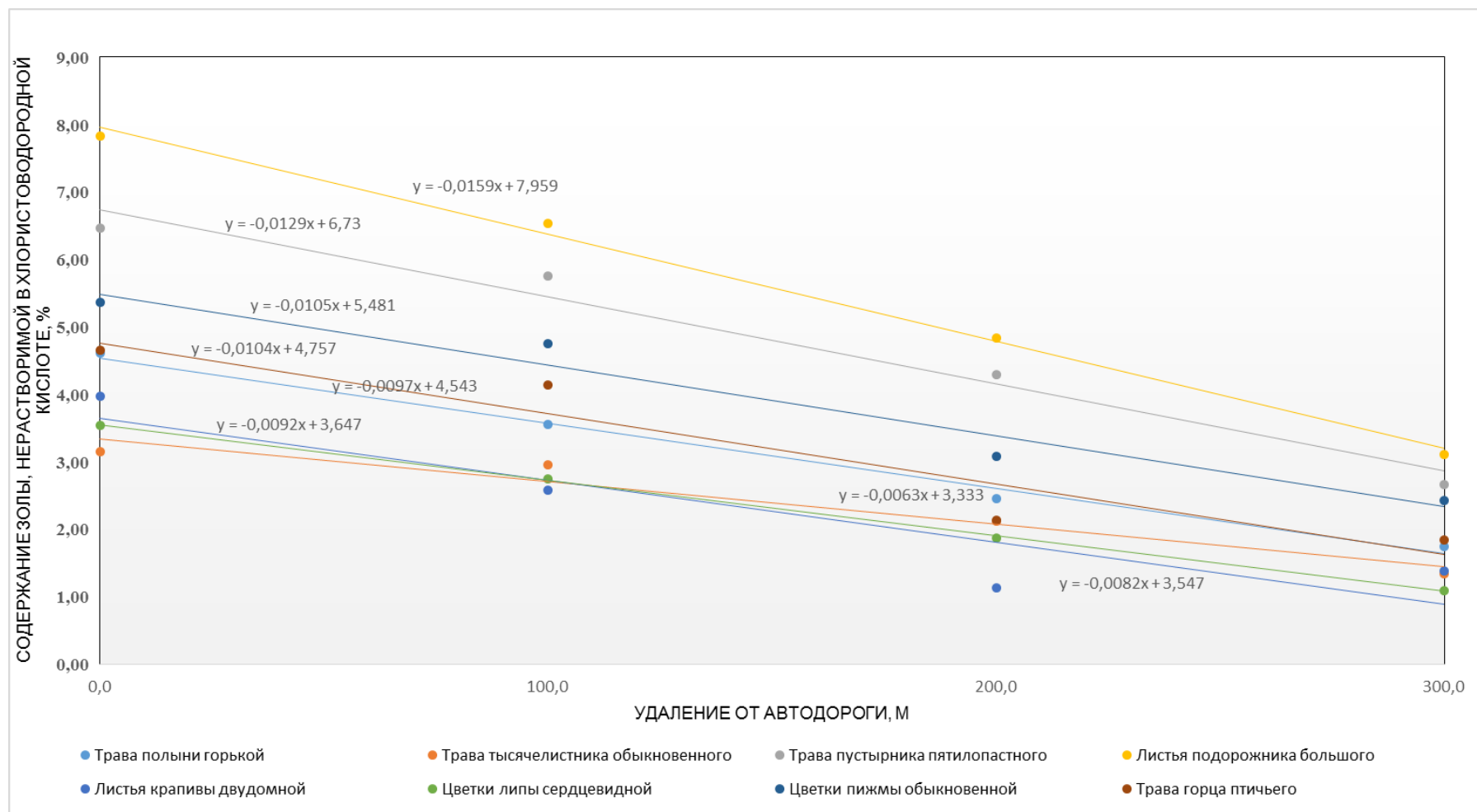


Рис. 10. Содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, в ЛРС, заготовленном вдоль дороги обычного типа в Богучарском районе

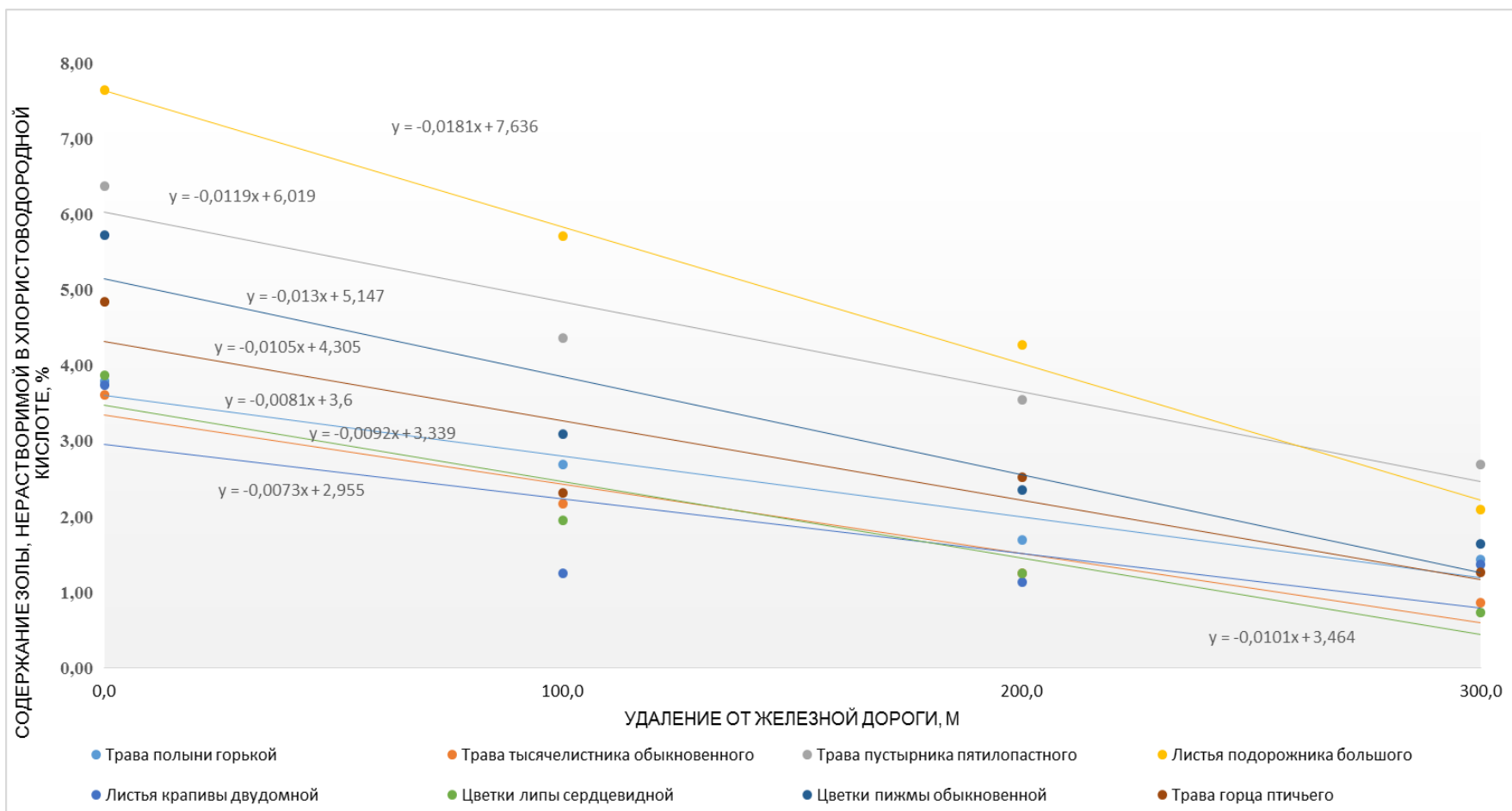


Рис. 11. Содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, в ЛРС, заготовленном вдоль железной дороги

Табл. 27

Расстояние от транспортной магистрали по показателю «содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте», (м)

Район сбора	ЛРС								Допустимое расстояние сбора сырья
	Трава горца птичьего	Трава полыни горькой	Трава тысячелистника обыкновенного	Трава пустырника пятилопастного	Листья подорожника большого	Листья крапивы двудомной	Цветки липы сердцевидной	Цветки пижмы обыкновенной	
Автоматрираль М4 «Дон» в Рамонском районе	164,7	226,7	197,5	206,7	210,7	231,5	148,4	216,8	231,5
Автоматрираль А144	171,1	302,1	175,1	233,97	285,1	276,1	232,2	218,63	302,1
Автоматрираль М4 «Дон» в Павловском районе	400,5	551,8	438,7	656,4	539,3	404,6	410,8	560,9	656,4
Дорога обычного типа	72,8	159,1	52,9	56,6	123,21	179,0	66,7	141,0	159,1
Железнодорожные пути	29,04	74,07	36,84	17,0	90,4	130,8	45,9	88,23	130,8

Анализируя полученные данные по загрязнению ЛРС Воронежской области пылевыми частицами, можно рекомендовать считать допустимым для сбора ЛРС расстояние от загруженных автомобильным транспортом крупных дорог и магистралей 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 – не менее 160 м, вблизи железнодорожных магистралей – не менее 130 м. Рассчитанные допустимые расстояния для сбора ЛРС по показателю «зола, нерастворимая в хлористоводородной кислоте» значительно превышают аналогичные расчеты по показателю «зола общая».

Анализ средних значений содержания золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, позволяет выстроить из анализируемых видов ЛРС ряд уменьшения сродства сырья к песчаным пылевым частицам, который выглядит следующим образом: листья подорожника большого > трава пустырника пятилопастного > цветки пижмы обыкновенной > трава горца птичьего > листья крапивы двудомной > трава полыни горькой > трава тысячелистника обыкновенного > цветки липы сердцевидной. Объяснить полученные результаты можно морфологическими и анатомическими особенностями органов растений: больше пыли осадил на себе растения с крупными листовыми пластинками (подорожник большой, крапива двудомная), опушенные волосками (пустырник пятилопастной, крапива двудомная, полынь горькая).

## Выводы

Ранние исследования качества ЛРС, заготовленного в различных экологических условиях, показали, что растения поглощают поллютанты избирательно и часть из них хорошо подходит на роль индикаторов состояния загрязненности среды. Увеличение антропогенной нагрузки подчеркивает необходимость эколого-гигиенического мониторинга запасов ЛРС. До настоящего времени имелись не систематизированные, единичные работы, касающиеся эколого-гигиенической оценки качества ЛРС Центрального Черноземья. При это результаты существующих исследований варьируют и не позволяют интерполировать их на другие регионы.

Не соответствуют требованиям НД по содержанию ТМиМ 17 исследованных образцов ВСП. При этом наибольшее негативное влияние на окружающую среду Воронежской области оказывают такие предприятия, как ООО «Бормаш» и ОАО «Минудобрения», ТЭЦ «ВОГРЭС», а также автомобильные трасса и железная дорога.

Анализ полученных данных показал полное соответствие требованиям действующей НД на содержание ТМиМ всех отобранных образцов травы горца птичьего, листьев крапивы двудомной, цветков липы сердцевидной, цветков пижмы обыкновенной. Данные виды ЛРС оказались наименее подвержены антропогенному загрязнению токсичными элементами. Для остальных видов сырья (травы полыни горькой, травы тысячелистника обыкновенного, травы пустырника пятилопастного, листьев подорожника большого, корней одуванчика лекарственного, корней лопуха обыкновенного) отмечено превышение ПДК для некоторых образцов, что свидетельствует об их большей концентрирующей способности в отношении рассматриваемых поллютантов.

Несмотря на превышение ПДК свинца в ВСП некоторых территорий (вблизи предприятия ООО «Бормаш», вблизи аэропорта) ни в одном из образцов ЛРС превышение допустимого уровня металла не выявлено. Более высокие концентрации свинца отмечаются в корнях одуванчика лекарственного (0,95-4,83 мг/кг при среднем значении для всех анализируемых образцов 2,19 мг/кг), корнях лопуха обыкновенного (0,59-4,88 мг/кг при среднем значении 2,17 мг/кг), траве горца птичьего (0,24-4,95 мг/кг при среднем значении концентрации 1,53 мг/кг), листьях подорожника большого (0,37-3,22 мг/кг при среднем содержании элемента 1,12 мг/кг). Меньшие концентрации свинца характерны для цветков липы сердцевидной (0,07-0,24 мг/кг, среднее значение концентрации 0,14 мг/кг), цветков пижмы обыкновенной (0,10-0,30 мг/кг, среднее для всех изученных образцов сырья – 0,19 мг/кг), травы полыни горькой (0,21-2,04 мг/кг, среднее значение – 0,73 мг/кг), листьев крапивы двудомной (0,29-2,76 мг/кг, среднее



значение – 0,75 мг/кг), травы тысячелистника обыкновенного (0,22-2,27 мг/кг, среднее значение содержания элемента – 0,78 мг/кг), травы пустырника пятилопастного (0,17-2,59 мг/кг, среднее значение концентрации – 0,78 мг/кг). Полученные данные позволяют предположить, что свинец преимущественно накапливается в корнях растений, а также в траве и листьях растений, имеющих большую площадь поверхности надземной части. Общий ряд убывания концентрирующей способности из почв анализируемых видов ЛРС в отношении свинца можно построить следующим образом: корни одуванчика лекарственного → корни лопуха обыкновенного → трава горца птичьего → листья подорожника большого → трава полыни горькой, трава тысячелистника обыкновенного, трава пустырника пятилопастного, листья крапивы двудомной → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной.

Содержание ртути во всех изучаемых образцах не превышает и 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, при этом средние значения концентраций элемента составили 0,001 мг/кг и 0,002 мг/кг соответственно. Относительно более высокий уровень накопления ртути выявлен в листьях крапивы двудомной (среднее значение концентрации элемента составило 0,008 мг/кг), листьях подорожника большого (среднее содержание элемента 0,007 мг/кг) и травы полыни горькой (средняя концентрация металла – 0,007 мг/кг). Ряд убывания аккумулярующей способности из почв анализируемых видов ЛРС в отношении ртути выглядит следующим образом: листья крапивы двудомной → трава полыни горькой → листья подорожника большого → трава пустырника пятилопастного, корни одуванчика лекарственного, корни лопуха обыкновенного → трава тысячелистника обыкновенного → трава горца птичьего → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной.

Превышения содержания кадмия в изучаемых образцах ЛРС также не отмечено, несмотря на превышение ПДК элемента в некоторых образцах ВСП. При этом более высокие концентрации кадмия выявлены в траве полыни горькой (0,02-0,56 мг/кг, средняя концентрация составила 0,17 мг/кг), корнях лопуха обыкновенного (0,02-0,28 мг/кг, средняя концентрация – 0,12 мг/кг), траве пустырника пятилопастного (0,02-0,48 мг/кг при среднем содержании элемента 0,11 мг/кг), листьях подорожника большого (0,02-0,27 мг/кг, средняя концентрация 0,11 мг/кг), корнях одуванчика (0,03-0,18 мг/кг при среднем содержании металла 0,10 мг/кг). Минимальные концентрации кадмия отмечены в листьях крапивы двудомной (содержание металла от концентраций, ниже предела обнаружения до 0,03 мг/кг, при среднем значении 0,01 мг/кг), цветках липы сердцевидной (содержание металла от

концентраций, ниже предела обнаружения до 0,05 мг/кг, при среднем значении 0,02 мг/кг), траве горца птичьего (содержание металла от концентраций, ниже предела обнаружения до 0,05 мг/кг, при среднем значении 0,03 мг/кг). Общий ряд убывания концентрирующей способности из почв анализируемых видов ЛРС в отношении кадмия можно построить следующим образом: трава полыни горькой → корни лопуха обыкновенного → листья подорожника большого → трава пустырника пятилопастного → корни одуванчика лекарственного → трава тысячелистника обыкновенного → цветки пижмы обыкновенной → трава горца птичьего → цветки липы сердцевидной → листья крапивы двудомной.

Полученные результаты исследований по содержанию мышьяка позволяют считать неудовлетворительным качество ряда образцов ЛРС. Так, не соответствуют требованиям НД трава полыни горькой, заготовленной вблизи химических предприятий ОАО «Минудобрения», ООО «Бормаш», ТЭЦ «ВОГРЭС», химического предприятия ОАО «Воронежсинтезкаучук», низовья Воронежского водохранилища, Воронежского аэропорта, на улице города Воронеж, вдоль трассы М4 и на расстоянии 100 м от нее (смешанный лес), вдоль трассы А144 (лесостепь), вдоль железной дороги и на расстоянии 100 м от нее (12 образцов из 51 исследованного). Кроме того, превышено содержание мышьяка в 3 образцах из 51 травы тысячелистника обыкновенного и листьев подорожника большого (собранных вблизи химических предприятий ОАО «Минудобрения», ООО «Бормаш», ТЭЦ «ВОГРЭС»), в 4 образцах из 51 корней лопуха обыкновенного (собранных вблизи химических предприятий ОАО «Минудобрения», ООО «Бормаш», ТЭЦ «ВОГРЭС» и вдоль трассы М4 в Рамонском районе), в 1 образце травы пустырника пятилопастного (собранной вблизи ТЭЦ). Таким образом, можно выявить следующие виды ЛРС, отличающегося высокой способностью к накоплению мышьяка: трава полыни горькой (концентрация элемента варьировала от 0,20 до 1,20 мг/кг при среднем значении 0,46 мг/кг), листья подорожника большого (концентрация варьировала от 0,21 до 0,87 мг/кг при среднем значении содержания элемента 0,37 мг/кг), трава тысячелистника обыкновенного (концентрация элемента варьировала от 0,17 до 0,78 мг/кг при среднем значении его содержания 0,31 мг/кг), а также корни лопуха обыкновенного (концентрация элемента варьировала от 0,14 до 0,81 мг/кг при среднем значении его содержания 0,31 мг/кг). Минимальная концентрирующая способность в отношении мышьяка выявлена у цветков липы сердцевидной (0,01-0,03 мг/кг при среднем значении содержания 0,02 мг/кг), цветков пижмы обыкновенной (0,02-0,12 мг/кг при среднем значении содержания 0,06 мг/кг), у которых максимальные концентрации элемента, даже в наиболее загрязненных районах, не превышает 20% от ПДК. Ряд убывания аккумулирующей способности из почв анализируемых видов ЛРС в отношении мышьяка

можно построить следующим образом: 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.

Полученные данные по содержанию никеля, хрома, кобальта, меди, цинка в отобранных образцах ЛРС, сложно интерпретировать, так как ПДК этих элементов не прописаны ни для ЛРС, ни для продуктов питания, несмотря на доказанную токсичность, в том числе канцерогенную активность элементов. Тем не менее, можно выявить виды растительного сырья, отличающиеся наиболее активным накоплением никеля – это листья подорожника большого (концентрация варьировала в диапазоне 1,10-8,90 мг/кг при среднем значении 4,11 мг/кг), листья крапивы двудомной (1,12-13,80 мг/кг при среднем значении 4,10 мг/кг), трава пустырника пятилопастного (1,04-8,46 мг/кг при среднем значении по региону 3,89 мг/кг), трава горца птичьего (1,23-7,47 мг/кг при среднем значении по региону 3,82 мг/кг). Минимальными концентрирующими способностями в отношении никеля отличаются цветки липы сердцевидной (0,56-1,56 мг/кг при среднем значении 0,93 мг/кг). Эффективно в растениях, согласно проведенным исследованиям, накапливается никель. Общий ряд убывания концентрирующей способности из почв анализируемых видов ЛРС в отношении никеля можно построить следующим образом: листья подорожника большого → листья крапивы двудомной → трава полыни горькой → трава горца птичьего, трава пустырника пятилопастного → корни лопуха обыкновенного → трава полыни горькой → трава тысячелистника обыкновенного, цветки пижмы обыкновенной → корни одуванчика лекарственного → цветки липы сердцевидной.

Из изученных видов ЛРС наиболее активными концентраторами хрома являются корни одуванчика лекарственного (концентрация варьировала в диапазоне 3,13-14,04 мг/кг при среднем значении содержания элемента 6,43 мг/кг), корни лопуха обыкновенного (2,32-13,36 мг/кг при среднем содержании элемента 5,38 мг/кг), листья подорожника большого (1,20-11,41 мг/кг при средней концентрации 4,84 мг/кг), листья крапивы двудомной (1,03-13,80 мг/кг, среднее содержание для всех анализируемых образцов – 4,03 мг/кг). В наименьшей степени данный металл аккумулируется в цветках липы сердцевидной (концентрация варьировала в диапазоне 0,04-1,18 мг/кг при среднем значении 0,39 мг/кг) и цветках пижмы обыкновенной (концентрация составила 0,06-0,94 мг/кг при среднем содержании 0,44 мг/кг). Ряд убывания аккумулирующей способности из почв анализируемых видов ЛРС в отношении хрома можно построить следующим образом: корни одуванчика лекарственного → корни лопуха обыкновенного → 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, согласно проведенным исследованиям, наиболее активно накапливается в подземных органах растений – корнях одуванчика лекарственного (концентрация варьировала в диапазоне 4,28-14,81 мг/кг при среднем значении содержания элемента 7,34 мг/кг) и корнях лопуха обыкновенного (2,17-13,85 мг/кг при средней концентрации 5,78 мг/кг). Наименее эффективно кобальт накапливается в генеративных органах изучаемых видов лекарственных растений – цветках пижмы обыкновенной (содержание элемента 0,11-0,58 мг/кг при среднем значении для всех образцов 0,32 мг/кг) и цветках липы сердцевидной (концентрация металла составляла 0,05-1,32 мг/кг при среднем содержании 0,42 мг/кг). Общий ряд убывания концентрирующей способности из почв анализируемых видов ЛРС в отношении никеля можно построить следующим образом: корни одуванчика лекарственного → корни лопуха обыкновенного → 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 среди анализируемых образцов ЛРС отличились надземные части производящих растений – травы полыни горькой (концентрация элемента варьировала от 12,69 мг/кг до 45,37 мг/кг при среднем содержании 22,45 мг/кг), тысячелистника обыкновенного (концентрация составляла от 6,69 мг/кг до 34,71 мг/кг при среднем содержании 16,60 мг/кг), пустырника пятилопастного (содержание металла варьировало от 6,23 мг/кг до 25,86 мг/кг при средней концентрации 14,69 мг/кг), горца птичьего (содержание элемента составило от 4,37 мг/кг до 32,64 мг/кг при средней концентрации 13,85 мг/кг). Наименьший уровень содержания меди выявлен в цветках липы сердцевидной (концентрация элемента варьировала от 0,69 мг/кг до 9,89 мг/кг при среднем содержании 3,99 мг/кг). Ряд убывания аккумулирующей способности из почв анализируемых видов ЛРС в отношении меди можно построить следующим образом: трава полыни горькой → трава тысячелистника обыкновенного → трава пустырника пятилопастного → трава горца птичьего → корни лопуха обыкновенного → листья крапивы двудомной → цветки пижмы обыкновенной → корни одуванчика лекарственного → листья подорожника большого → цветки липы сердцевидной.

Цинк, в силу высокой биологической потребности в нем растений, активно аккумулируется во всех видах изучаемого сырья, но в наибольшей степени – в подземных органах (корнях одуванчика лекарственного (концентрация составила от 20,17 мг/кг до 97,45 мг/кг при среднем

содержании 50,18 мг/кг), корнях лопуха обыкновенного (от 21,04 мг/кг до 76,37 мг/кг при среднем значении 43,21 мг/кг)) и травах (полыни горькой (содержание варьировало от 19,00 до 115,36 мг/кг при среднем 49,39 мг/кг), горца птичьего (от 19,37 до 70,03 мг/кг при среднем содержании 48,60 мг/кг), пустырника пятилопастного (от 21,97 до 89,42 мг/кг при средней концентрации 45,31 мг/кг)). Общий ряд убывания концентрирующей способности из почв анализируемых видов ЛРС в отношении цинка можно построить следующим образом: корни одуванчика лекарственного → трава полыни горькой → трава горца птичьего → трава пустырника пятилопастного → корни лопуха обыкновенного → листья крапивы двудомной, цветки липы сердцевидной → листья подорожника большого → трава тысячелистника обыкновенного → цветки пижмы обыкновенной.

При анализе средних значений концентраций ТМиМ всеми изучаемыми видами ЛРС можно построить ряд убывания общей средней эффективности аккумуляции определяемых элементов данными растениями, который выглядит следующим образом: цинк > медь > кадмий > кобальт > никель > мышьяк > хром > свинец > ртуть.

Во всех изучаемых образцах ВСП и ЛРС агроценозов Воронежской области наличие ГХЦГ и его изомеров, ДДТ и его метаболитов, алдрина и гептахлора не выявлено. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о полном экологическом благополучии почв агроценозов региона, а также ЛРС и культурных растений, на них произрастающих, в отношении загрязнения хлорорганическими пестицидами.

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 цезия-137 не превышает 134,1 Бк/кг (в траве пустырника пятилопастного), стронция-90 – 16,8 Бк/кг (в корнях одуванчика лекарственного), сумма показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения не превышала 0,45 (в листьях подорожника большого).

УА природных РН для большинства образцов ЛРС превышала УА РН техногенного происхождения. Ряд убывания средних значений УА определяемых РН можно представить в общем виде таким образом: калий-40 → цезий-137 → торий-232 → радий-226 → стронций-90. УА калия-40 достигала 1488 Бк/кг (в траве полыни горькой), тория-226 - 32,3 Бк/кг (в корнях лопуха обыкновенного), радия-226 – 21,8 Бк/кг (в корнях лопуха обыкновенного), ЭУА природных РН при этом не превышала 165,05 Бк/кг (в траве полыни горькой). На основе проведенных исследований предлагается внести дополнительный числовой показатель в ОФС.1.5.3.0001.15: ЭУА природных РН – не более 185 Бк/кг. Данные рекомендации носят

ориентировочный характер и нуждаются в дополнительных исследованиях ЛРС других регионов РФ.

Полученные результаты определения УА природных и естественных РН в образцах ЛРС и ВСП Воронежской области отличаются относительной равномерностью распределения по изучаемым районам заготовки. Несколько более высокими показателями УА цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226, а также суммы показателя соответствия и погрешности ее определения и ЭУА природных РН, выделяются образцы, заготовленные вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС», ОАО «Воронежсинтезкаучук», вдоль низовья Воронежского водохранилища, а также на улице Левобережного района Воронежа. Полученные результаты объясняются тем, что все перечисленные территории заготовки сырья располагаются в зоне выпадения осадка от выбросов ТЭЦ, которая до начала 2000-х годов функционировала на каменном угле, содержащем в качестве естественной примеси различные изотопы, вместе с золой или недожогом через выбросы в окружающую среду.

Анализ корреляционной зависимости УА искусственных и естественных РН в ВСП и ЛРС показал наличие сильной и весьма заметной взаимосвязи между данными числовыми показателями, что подтверждает преимущественное радионуклидное загрязнение ЛРС через почву. При увеличении УА всех определяемых РН в ВСП возрастала их УА в ЛРС.

Выявлена неравномерность распределения радиоизотопов в различных органах растений:

- Стронций-90 в наибольшей степени накапливается в корнях (КН стремятся к 2,0), также относительно высок его уровень аккумуляции в изучаемых листьях растений (КН более 1,0). Ряд убывания средних значений УА стронция-90 в изучаемых видах ЛРС выглядит следующим образом: корни лопуха обыкновенного → корни одуванчика лекарственного → листья подорожника большого → листья крапивы двудомной → трава полыни горькой → трава пустырника пятилопастного → цветки пижмы обыкновенной → трава тысячелистника обыкновенного → трава горца птичьего → цветки липы сердцевидной.

- Наибольшая УА цезия-137 отмечена в листьях подорожника большого, крапивы двудомной и травах полыни горькой и пустырника пятилопастного (КН более 1,5). Общий вид ряда убывания средних значений УА цезия-137 в изучаемых видах ЛРС выглядит так: листья подорожника большого → трава пустырника пятилопастного → трава полыни горькой → листья крапивы двудомной → трава горца птичьего → корни лопуха обыкновенного → трава тысячелистника обыкновенного → корни одуванчика лекарственного → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной.

- Аккумуляция тория-232 всеми изученными видами ЛРС оценивается как невысокая. При этом в корнях и листьях РН аккумулируется с большей эффективностью (КН от 0,37 до 0,49). Ряд убывания средних значений УА тория-232 в различных видах изученного растительного сырья можно выстроить таким образом: корни лопуха обыкновенного → листья крапивы двудомной → корни одуванчика лекарственного → листья подорожника большого → трава полыни горькой → трава пустырника пятилопастного → трава горца птичьего → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной → трава тысячелистника обыкновенного.

- Калий-40 в наибольшей концентрации аккумулировался в листьях (средние КН от 1,47 до 1,59) и травах (средние КН от 1,06 до 1,85) анализируемых видов. Общий вид ряда убывания средних значений УА калия-40 в различных видах изученного ЛРС можно представить в таком виде: трава пустырника пятилопастного → трава полыни горькой → листья крапивы двудомной → листья подорожника большого → трава горца птичьего → корни одуванчика лекарственного → корни лопуха обыкновенного → трава тысячелистника обыкновенного → цветки липы сердцевидной → цветки пижмы обыкновенной.

- Наибольшая УА радия-226 отмечена в изучаемых видах корней растений (средние КН варьируют от 1,24 до 1,93) и листьев (КН от 0,93 до 1,06). Можно выстроить следующий ряд убывания средних значений УА радия-226 в проанализированных видах ЛРС: корни лопуха обыкновенного → корни одуванчика лекарственного → листья крапивы двудомной → листья подорожника большого → трава полыни горькой → трава тысячелистника обыкновенного → трава пустырника пятилопастного → трава горца птичьего → цветки липы сердцевидной → цветки пижмы обыкновенной.

- Средние числовые значения сумм показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения для изученных видов ЛРС позволили построить следующий ряд убывания по данному параметру: листья подорожника большого → трава пустырника пятилопастного → трава полыни горькой → листья крапивы двудомной = корни лопуха обыкновенного → корни одуванчика лекарственного → трава горца птичьего → трава тысячелистника обыкновенного → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной. На основе проведенных исследований и полученных расчетных данных возможно предположить, что наибольшей радиационной опасностью обладают растения с крупными листовыми пластинками и с опушенной надземной частью, а также корни растений; наибольшей радиационной безопасностью обладают генеративные органы растений – цветки, а также надземные части растений с мелкими и гладкими листьями.

## Заключение

Воронежская область по климатическим и почвенным показателям в целом идеально подходит для выращивания и заготовки дикорастущих лекарственных растений. В Воронежской области в советское время располагался один из восьми союзных совхозов, специализирующихся на выращивании ЛРС для фармацевтической промышленности, где эффективно возделывались базилик камфорный, мальва черная, валериана лекарственная, мак снотворный, календула лекарственная, желтушник серый, ромашка лекарственная, белена черная, наперстянка пурпурная, бессмертник песчаный и др. В настоящее время Воронежская область является одним из крупнейших субъектов Центрального федерального округа и Центрально-Чернозёмного экономического района, одним из важнейших сельскохозяйственных регионов Российской Федерации, с общей посевной площадью сельскохозяйственных культур на 2019 год 2638,5 тыс. га, что составляет 50,5% площади области. Выращивают преимущественно зерновые (57,2% посевных площадей), технические (28,0%), кормовые (11,7%), овощебахчевые культуры и картофель (3,1%). Развито садоводство (яблони, груши, вишня и др.; 22 тыс. га на 2019 год).

Фитопрепараты на отечественном фармацевтическом рынке всегда пользовались значительным спросом, что объясняется их хорошим терапевтическим эффектом и относительной безвредностью. Так, согласно данным Регистра лекарственных средств РФ на июль 2021 года, насчитывается более 2,1 тысяч лекарственных фитопрепаратов, а число БАД на основе ЛРС превышает 7,9 тысяч. Переработку ЛРС в России осуществляют более 100 предприятий, галеновые препараты производят 82 предприятия, в том числе 29 фармацевтических фабрик и 18 предприятий фармацевтической промышленности. Потребность фармацевтической промышленности, перерабатывающей ЛРС, удовлетворяется за счет заготовки дикорастущих лекарственных растений (более 150 видов ЛРС и более 50% в массовом эквиваленте), культивируемых лекарственных растений в специализированных хозяйствах (более 50 видов), а также за счет поступления импортного сырья.

Проведенные эколого-гигиенические исследования некоторых видов ЛРС позволили выявить, в целом, благополучное состояние растительных ресурсов лекарственных растений в Воронежской области. Значимое негативное влияние на окружающую среду в регионе оказывают такие промышленные предприятия, как ООО «Бормаш», ОАО «Минудобрения», ООО «Сибур», а также ТЭЦ «ВОГРЭС», аэропорт международного значения, заготовка ЛРС вблизи которых рекомендуется не ближе, чем на расстоянии 1 км.



Заметное влияние на качество растительного сырья оказываются ВЛЭ. Заготовленные под ними образцы ЛРС выделяются высокими значениями золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, которая отражает загрязнение исследуемого материала пылевыми частицами. Вероятным объяснением этого могут являться коронные разряды - высоковольтные самостоятельные электрические разряды в газе достаточной плотности (1 атм), возникающие в резко неоднородном электрическом поле вблизи электродов с малым радиусом кривизны (проволок). Коронный разряд сопровождается ионизацией воздуха в электрическом поле с высокой напряженностью и движением частиц газа и содержащихся в нем примесей от коронирующего электрода к силовой нейтрали, то есть от ВЛЭ к почве. При этом пылевые частицы, как правило, имеют некоторый электрический заряд, который они получают как в процессе образования, так и после образования, находясь во взвешенном состоянии, в результате взрыва, диспергирования, взаимного трения, трения о воздух, а также вследствие адсорбции ионов при ионизации среды.

Особенно сильное негативное влияние на качество растительного сырья оказывают автомобильные и железные дороги, которые являются источником загрязнения лекарственных растений тяжелыми металлами и мышьяком, а также пылевыми частицами. Лимитирующим показателем в эколого-гигиенической оценке ЛРС Воронежской области явилось содержание золы, нерастворимой в хлористоводородной кислоте, на основании которого можно рекомендовать считать допустимым для сбора ЛРС в регионе расстояние от загруженных автомобильным транспортом крупных дорог и магистралей 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 – не менее 160 м, вблизи железнодорожных магистралей – не менее 130 м.

## Список используемых сокращений

АЭС – атомная электростанция  
БАВ – биологически активные вещества  
ВЛЭ – высоковольтные линии электропередач  
ВСП – верхние слои почв  
ГФ – Государственная фармакопея  
ЛРП – лекарственный растительный препарат  
ЛРС – лекарственное растительное сырье  
НД – нормативная документация  
ПДК – предельно допустимая концентрация  
РН - радионуклиды  
РФ – Российская Федерация  
ТМ – тяжелые металлы  
ТМиМ – тяжелые металлы и мышьяк  
ТЭЦ – теплоэлектроцентраль  
УА – удельная активность  
ФС – фармакопейная статья  
ЭУА – эффективная удельная активность

## Список литературы

1. Акционерное общество «Минудобрения»: [Электронный ресурс]. Воронеж, 2019. URL: <https://minudo.ru>. (Дата обращения: 26.11.2019).
2. Алексеенко В.А. Кларки химических элементов почв селитебных ландшафтов. Методика проведения исследований / В.А. Алексеенко, Н.П. Лаверов, А.В. Алексеенко // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. — 2012. — № 3. — С. 120–125.
3. Биоразнообразие города Воронежа / под ред. О. П. Негрובה. — Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. — 98 с.
4. Великанова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа. LAMBERT Academic Publishing, 2013. - 211 с.
5. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А. П. Виноградов. — М. : Изд-во АН СССР, 1957. — 238 с.
6. Воронежская энциклопедия : в 2 т. / Гл. ред. М. Д. Карпачёв. — Воронеж : Центр духовного возрождения Чернозёмного края, 2008. — Т. 1 :— 524 с.
7. ГОСТ Р 52398—2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. — Москва, 2005. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200042582> (Дата обращения: 17.04.2018).
8. Государственная фармакопея РФ. — XIII изд. — Режим доступа: <http://pharmacopoeia.ru/gosudarstvennaya-farmakopeya-xiii-online-gf-13-online>.
9. Государственная фармакопея РФ. — XIV изд. — Режим доступа: <http://femb.ru/femb/pharmacopoea.php>.
10. Гравель И.В. Оценка содержания экотоксикантов в сырье крапивы двудомной / И.В. Гравель, Г.П. Яковлев // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. Петрозаводск, 2008. - С. 275-277.
11. Гравель И.В. Региональные проблемы экологической оценки лекарственного растительного сырья и фитопрепаратов на примере Алтайского края: автореф. дис. ... д-ра. фарм. наук / И.В. Гравель. — М., 2005. — 48 с.
12. Девятова Т.А. Антропогенная динамика и биодиагностика экологического состояния черноземов ЦЧР : дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.27, 03.00.16 / Т. А. Девятова. Воронеж, 2006. 352 с.
13. 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 [др.] // Химико-фармацевтический журнал. - 2015. - Т. 49, № 6. - С. 25-28.

14. Дьякова Н.А. Анализ загрязненности лекарственного растительного сырья Воронежской области наиболее опасными пестицидами / Н.А. Дьякова [др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. - 2015. - № 3. - С. 112-115.

15. Дьякова Н.А. Анализ накопления тяжелых металлов и мышьяка травой *Leonurus quinquelobatus* Gilib. / Дьякова Н.А. // Вестник Нижневартковского государственного университета. - 2021. - №2. - 48–56.

16. 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.

17. Дьякова Н.А. Влияние антропогенной нагрузки на содержание биологически активных соединений в лекарственном растительном сырье города Воронежа и его окрестностей / Н.А. Дьякова, Л.Л. Кукуева, С.П. Гапонов, А.И. Сливкин // Известия Воронежского государственного педагогического университета. - 2014. - № 1 (262). - С. 266-270.

18. 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.

19. 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 [др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. - 2014. - № 4. - С. 114-118.

20. Дьякова Н.А. Изучение динамики изменений химического состава сырьевых ресурсов лекарственных растений Центрального Черноземья в условиях антропогенной нагрузки / Н.А. Дьякова [др.] // Известия Воронежского государственного педагогического университета. - 2014. - № 2 (263). - С. 174-177.

21. Дьякова Н.А. Изучение накопления тяжелых металлов и мышьяка и оценка влияния поллютантов на содержание флавоноидов у *Polygonum aviculare* (Caryophyllales, Polygonaceae) / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // Вестник Камчатского технического государственного университета. – 2019. – №48. – с.71-77. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-48-71-77

22. Дьякова Н.А. Изучение особенностей накопления биологически активных веществ листьями подорожника большого, произрастающего в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области / Дьякова Н.А. //

Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2021. - №1. - с. 42-47.

23. 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.

24. 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.

25. Дьякова Н.А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка лекарственным растительным сырьем лопуха обыкновенного / Дьякова Н.А. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. - 2021. - Т. 21, вып. 4. - С. 478–487.

26. Дьякова Н.А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка листьями крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) / Дьякова Н.А. // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2020. - №2. - с. 145-156.

27. Дьякова Н.А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка листьями подорожника большого / Дьякова Н.А. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2020. Т. 20, вып. 2. С. 232-239.

28. Дьякова Н.А. Накопление тяжелых металлов и мышьяка травой полыни горькой / Дьякова Н.А. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. - 2020. - Т. 20, вып. 4. - с. 445-453.

29. Дьякова Н.А. Накопление тяжелых металлов цветками липы сердцевидной, произрастающей в агро- и урбоэкосистемах Воронежской области/ Дьякова Н.А. // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2020. – №5. – с. 70-79.

30. Дьякова Н.А. Особенности накопления водорастворимых полисахаридов корнями одуванчика лекарственного/ Н.А. Дьякова, А.А. Мындра, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. - 2018. - № 2. - С. 292-297.

31. Дьякова Н.А. Особенности накопления тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье тысячелистника обыкновенного, собранного в урбо- и агробиоценозах Воронежской области / Дьякова Н.А. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2020. – Т. 28. - №3. – с 213-224.

32. Дьякова Н.А. Особенности накопления тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье одуванчика лекарственного, собранного в урбо- и агробиоценозах Воронежской области / Дьякова Н.А. // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2021. - №.24(3). – с. 49–55. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-03-07>
33. Дьякова Н.А. Оценка загрязнения тяжелыми металлами верхних слоев почв урбо- и агроэкосистем Центрального Черноземья / Н.А. Дьякова // Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА". – 2019. – № 95 - с. 19-30.
34. 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.
35. Дьякова Н.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье на примере горца птичьего / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2019. - №54. - с. 31-39.
36. 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.
37. Дьякова Н.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере цветков пижмы обыкновенной/ Дьякова Н.А. // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. - 2020. - Т. 20, вып. 1. - С. 102-108.
38. Дьякова Н.А. Оценка радионуклидного загрязнения растительных ресурсов Воронежской области на примере цветков липы сердцевидной / Дьякова Н.А. // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. - 2020. - № 134. - С. 87-93.
39. 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.
40. 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.

41. 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.
42. 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.
43. 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.
44. Дьякова Н.А. Экологическая оценка лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере цветков пижмы обыкновенной/ Дьякова Н.А. // Вестник Нижневартковского государственного университета. - 2020. - № 1. - С. 19–26.
45. 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.
46. Дьякова Н.А. Эколого-гигиеническая оценка состояния почв антропогенных экосистем Воронежской области / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2020. - № 59. – С. 61-72.
47. Дьякова Н.А. Эффективность и безопасность лекарственного растительного сырья лопуха обыкновенного, собранного в Центральном Черноземье / Н.А. Дьякова [др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия, Биология, Фармация. – 2019. - №.3. - с. 73-78.
48. 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.
49. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Экологическая оценка сырьевых ресурсов лекарственных растений в условиях нарастающей антропогенной нагрузки Центрального Черноземья / Н.А. Дьякова [др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия:Химия. Биология. Фармация. - 2014. - №3. - С.106-110.
50. Дьякова, Н.А. Теоретическое обоснование и методология ультразвуковой экстракции водорастворимых полисахаридов растительного

происхождения / Н.А. Дьякова: Монография. – Воронеж: «Цифровая полиграфия», 2021. – 101 с.

51. Загрязнение верхних слоев почв Воронежской области тяжелыми металлами, мышьяком, естественными и искусственными радионуклидами: Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2022620085 Рос. Федерация : Н.А. Дьякова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУ"; заявл. 27.12.2021 ; опубл. 12.01.2022.

52. Ильин В.Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В.Б. Ильин, А.И. Сысо. - Новосибирск: Изд-во СО РАН. - 2001. - 229 с.

53. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас; пер. с англ. Д.В. Гричука, е.П. Янина. – М.: Мир, 1989. – 438 с.

54. Куркин В.А. Фармакогнозия: Учебник для фармацевтических вузов (факультетов). 2-е изд. перераб. и доп. – Самара: ООО «Офорт», ГОУ ВПО «СамГМУ», 2007. - 1239 с.

55. Малюга Д.П. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений / Д.П. Малюга. Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 264 с.

56. Медико-экологический атлас Воронежской области: монография / С.А. Куролап, Н.П. Мамчик, О.В. Клепиков и др.- Воронеж: ГУП ВО «Воронежская областная типография - издательство им. Е.А. Болховитинова», 2010.- 167 с.

57. Международный аэропорт Воронеж: [Электронный ресурс]. Воронеж, 2021. URL: <https://voz.aero.ru>. (Дата обращения: 27.09.2021).

58. Механтьева Л.Е. Профилактика негативного воздействия производства минеральных удобрений на окружающую среду и здоровье населения : автореферат дис. ... д.м.н : 14.00.07. - Москва, 2007. - 48 с.

59. МУ 2.1.7.730-99 «Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы». – Москва, 2009. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003852> (дата обращения: 14.01.2018).

60. ООО «БорМаш»: [Электронный ресурс]. Воронеж, 2019. URL: <https://www.bormash.ru>. (Дата обращения: 27.11.2019).

61. ПАО «КВАДРА»: [Электронный ресурс]. Воронеж, 2013. URL: <https://voronezh.quadra.ru>. (Дата обращения: 17.04.2015).

62. Побилат А.Е. Микроэлементы в сельскохозяйственных растениях (обзор) / А.Е. Побилат, Е.И. Волошин // Микроэлементы в медицине. - 2021. - Т. 22. № 3. - С. 3-14.

63. Постановление от 28.01.2021 г. №2 об утверждении СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». - Москва, 2021. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (Дата обращения: 17.02.2021).



64. Райзер, Ю.П. Физика газового разряда / Ю.П. Райзер. — М.: Наука, 1992. — 536 с.
65. СИБУР: [Электронный ресурс]. М., 2019. URL: <https://www.sibur.ru>. (Дата обращения: 27.11.2019).
66. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье Воронежской области : Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2022620084 Рос. Федерация : Н.А. Дьякова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУ"; заявл. 27.12.2021 ; опубл. 12.01.2022.
67. Схема ЛЭП и энергоснабжения России: [Электронный ресурс]. М., 2017. URL: <https://frexosm.ru/power.ru>. (Дата обращения: 15.04.2017).
68. Удельная активность естественных и искусственных радионуклидов в лекарственном растительном сырье Воронежской области : Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2022620086 Рос. Федерация : Н.А. Дьякова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУ"; заявл. 27.12.2021 ; опубл. 12.01.2022.
69. Управление Роспотребнадзора по Воронежской области. - URL: <http://36.rospotrebnadzor.ru/key-areas/sanitary/14645> (дата обращения: 26.04.2015).
70. Фармакогнозия. Экоотоксиканты в лекарственном растительном сырье и фитопрепаратах / И.В. Гравель [и др.]. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. - 304 с.
71. Федеральное государственное бюджетное учреждение Воронежский государственный природный биосферный заповедник: [Электронный ресурс]. Воронеж, 2014. URL: <http://www.zapovednik-vrn.ru>. (Дата обращения: 17.04.2015).
72. Федеральный закон от 08.11.2007 № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» – Москва, 2007. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_72386/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72386/) (Дата обращения: 17.04.2018).
73. Хопёрский государственный природный заповедник: [Электронный ресурс]. Воронеж, 2015. URL: <https://hoperzap.ru>. (Дата обращения: 17.04.2015).
74. Эколого-географические районы Воронежской области / под ред. Ф. Н. Милькова. – Воронеж, 1996. – 216 с.
75. Dyakova N. Accumulation of artificial and natural radionuclides in medicinal plant material in the Central Black Soil Region of Russia / Dyakova N., S. Gaponov, Al. Slivkin, El. Chupandina / Advances in Biological Sciences Research. – 2019. - vol. 7. - pp. 94-96.