

Н.А. Дьякова

**ЭКОЛОГО-
ФАРМАКОГНОСТИЧЕСКАЯ
ОЦЕНКА РАДИОНУКЛИДНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ЛЕКАРСТВЕННОГО
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ
ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Монография

RU
science
RU-SCIENCE.COM

Москва
2023

УДК 574.24:615.322(470.324)
ББК 52+28+28.58+52.82(235.45)
Д93

Рецензенты:

- Л.В. Рудакова**, заведующий кафедрой фармацевтической химии и фармацевтической технологии фармацевтического факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, д-р хим. наук, доц.,
- А.И. Сливкин**, заведующий кафедрой фармацевтической химии и фармацевтической технологии фармацевтического факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, д-р фарм. наук, проф.

Дьякова, Нина Алексеевна.

Д93

Эколого-фармакогностическая оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья Воронежской области : монография / Н.А. Дьякова. — Москва : РУСАЙНС, 2023. — 190 с.

ISBN 978-5-466-03092-1

В монографии обобщены результаты собственных исследований в сравнении с литературными данными по загрязнению лекарственного растительного сырья Воронежской области природными и искусственными радионуклидами.

Монография предназначена для научных работников в области фармации, экологии, гигиены и медицины, также для провизоров, преподавателей, аспирантов, ординаторов и студентов, занимающихся исследованиям в данной и смежных областях научного знания.

Ключевые слова: лекарственное растительное сырье; Центральное Черноземье; радионуклиды; цезий-137; стронций-90; калий-40; торий-232; радий-226.

УДК 574.24:615.322(470.324)
ББК 52+28+28.58+52.82(235.45)

ISBN 978-5-466-03092-1

© Дьякова Н.А., 2023
© ООО «РУСАЙНС», 2023

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ	7
1.1. Эколого-фармакогностическая характеристика объектов исследования	7
1.1.1. Эколого-фармакогностическая характеристика травы горца птичьего <i>Polygonum aviculare</i> L.	7
1.1.2. Эколого-фармакогностическая характеристика травы полыни горькой <i>Artemisia absinthium</i> L.	9
1.1.3. Эколого-фармакогностическая характеристика травы тысячелистника обыкновенного <i>Achillea millefolium</i> L.	13
1.1.4. Эколого-фармакогностическая характеристика травы пустырника пятилопастного <i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib.	16
1.1.5. Эколого-фармакогностическая характеристика листьев подорожника большого <i>Plantago major</i> L.	19
1.1.6. Эколого-фармакогностическая характеристика листьев крапивы двудомной <i>Urtica dioica</i> L.	23
1.1.7. Эколого-фармакогностическая характеристика цветков липы сердцевидной <i>Tilia cordata</i> Mill.	27
1.1.8. Эколого-фармакогностическая характеристика цветков пижмы обыкновенной <i>Tanacetum vulgare</i> L.	30
1.1.9. Эколого-фармакогностическая характеристика корней одуванчика лекарственного <i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg.	32
1.1.10. Эколого-фармакогностическая характеристика корней лопуха обыкновенного <i>Arctium lappa</i> L.	36
1.2. Загрязнение почв и лекарственного растительного сырья радионуклидами	38
2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	46
3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЧВ	68
4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	73
4.1. Накопление радионуклидов в траве горца птичьего <i>Polygonum aviculare</i> L.	74
4.2. Накопление радионуклидов в траве полыни горькой <i>Artemisia absinthium</i> L.	84

4.3. Накопление радионуклидов в траве тысячелистника обыкновенного <i>Achillea millefolium</i> L.	93
4.4. Накопление радионуклидов в траве пустырника пятилопастного <i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib.	102
4.5. Накопление радионуклидов в листьях подорожника большого <i>Plantago major</i> L.	111
4.6. Накопление радионуклидов в листьях крапивы двудомной <i>Urtica dioica</i> L.	119
4.7. Накопление радионуклидов в цветках липы сердцевидной <i>Tilia cordata</i> Mill.	127
4.8. Накопление радионуклидов в цветках пижмы обыкновенной <i>Tanacetum vulgare</i> L.	136
4.9. Накопление радионуклидов в корнях одуванчика лекарственного <i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg.....	144
4.10. Накопление радионуклидов в корнях лопуха большого <i>Arctium lappa</i> L.....	153
4.11. Проверка согласованности и достоверности результатов определения радионуклидов в объектах исследования	161
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	164
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ	168
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	169

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 [33, 34, 204].

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 [107].

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. 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 [52, 53, 150].

Радионуклиды (РН) в настоящий момент 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 [9, 29, 42, 50, 53, 145, 157, 174].

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.). 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 [35, 42, 51].

Таким образом, целью исследования являлась комплексная радиологическая оценка эколого-гигиенического состояния сырьевой базы лекарственных растений Воронежской области, анализ особенностей накопления РН в изучаемых видах ЛРС.

1. Обзор литературных данных

Некачественное ЛРС и получаемые из него препараты представляют собой значимые источники поступления различных экотоксикантов, в частности ТМиМ, РН, пестицидов в организм человека [17, 29, 146, 174]. 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.

1.1. Эколого-фармакогностическая характеристика объектов исследования

При выборе объектов исследования руководствовались несколькими условиями: представлены разные виды ЛРС, включающего в себя разные органы или группы органов растений (листья, цветки, трава, корни), от разных форм производящих растений – травянистые и древесные формы растительности. Кроме того, выбранные объекты являются представителями как естественных растительных сообществ, так и синантропной растительности, заготавливаются преимущественно в средней полосе РФ, в том числе в Воронежской области [42, 51, 52].

1.1.1. Эколого-фармакогностическая характеристика травы горца птичьего *Polygonum aviculare* L.

Горец птичий (*Polygonum aviculare* L. (syn. *Polygonum monspeliense* C.Thiébaud ex Pers., *Polygonum heterophyllum* L.)) относится к классу Двудольные (Magnoliopsida), порядку Гвоздичноцветные (Caryophyllales), семейству Гречишные (Polygonaceae), роду Горец (*Polygonum* L.) [105].

Однолетнее травянистое растение высотой до 70 см, стебель сильно разветвлённый с сильно выраженными узлами, от основания лежащий, реже восходящий. Корень стержневой, маловетвистый. Листья серовато-зелёные, короткочерешковые, очередные, мелкие, линейно-ланцетные, цельнокрайние. В узлах имеются плёчатые белые двулупастные раструбы. Мелкие пазушные цветки собраны пучками по 2–5. Околоцветник простой, пятичленный, зелёный или белый с розоватыми

краями. Цветки имеют 3 пестика и 8 тычинок. Цветёт с мая и до октября, более интенсивно – в июле–августе. Плод –трёхгранный темно-коричневый орешек [52].

Синантропный евроазиатский вид, широко распространен в лесной и степной зонах Европы, Азии и Северной Америки. Горец птичий засухоустойчив, неприхотлив, устойчив на любых субстратах, выносит солонцеватость, уплотнение почвы. Относится к рудеральным видам, устойчив к вытаптыванию. Хорошо формирует заросли на уплотненных почвах. Часто встречается по берегам рек, пустырям, вытоптаным полям, во дворах, при дорогах, на засорённых местах [17].

Трава горца птичьего обладает капилляроукрепляющей, антиоксидантной, нефролитической, диуретической, гипотензивной, противовоспалительной, спазмолитической, кровоостанавливающей, гастропротективной, фунгицидной, антибактериальной, противовирусной, противоопухолевой, гепатопротекторной, желчегонной, гипогликемической, тонизирующей активностью. Сырье отпускается в пачках и брикетов, входит в состав сбора «Здренко», капель «Уронефрин» [150].

Важнейшей группой БАВ являются флавоноиды (до 9,5 %), представленные более 30 гликозидами, агликонами которых являются кемпферол, мирицетин, кверцетин, рамнетин. Горец птичий содержит от 0,5% до 4,9 % дубильных веществ (катехины и глюкоктанины), фенолкарбоновые кислоты (производные бензойной, кофейной, хлорогеновой, кумаровая, коричной кислот), антраценпроизводные, следы эфирного масла, смолы, горечь, слизь, жиры, углеводы, до 1 % кремнийорганических соединений (водорастворимых – до 0,2 %), до 1% аскорбиновой кислоты, витамины Е, К, каротины (до 0,4%), макро- и микроэлементы (калий, магний, кремний, железо, медь, хром и др.) [37, 39, 56].

Хапиевой З.М. и Булатовой А.Р. показано, что в траве горца птичьего эффективно накапливается хром, кобальт, медь [186]. Васильевой Т.Н. на основе сравнительного анализа ЛРС, заготовленного вблизи промышленных объектов г. Оренбург, показаны высокие аккумулярующие способности травы горца птичьего в отношении свинца и кадмия, а также наличие тесной корреляционной связи концентраций элементов в почве и ЛРС [16].

Исследования Шайхутдиновой А.А. и Немерешиной О.Н. показали, что в данном виде сырья, заготовленного также в Оренбургской области, в наибольшей степени аккумулируется медь, цинк, кобальт, марганец. Авторами также выявлена, сильная корреляция между накоплением травой горца птичьего меди, марганца, цинка, свинца, и концентрацией данных элементов в грунтовой воде и почве [196].

Исследования Колчанова Р.А с соавторами по сравнительному анализу накопления радионуклидов в растениях Белгородской области, проводимые на примере 31 вида, показали относительно высокую аккумулярующую способность цезия-137 в траве горца птичьего (от 21 до 121 Бк/кг) [93, 94].

Елагина Д.С. с соавторами изучали содержание в траве горца птичьего ТМиМ в условиях урбанизированных территорий республики Татарстан. Показано превышение ПДК содержания кадмия в фитомассе растений горца в 15 раз, цинка – почти в 2 раза [56].

1.1.2. Эколого-фармакогностическая характеристика травы полыни горькой *Artemisia absinthium* L.

Полынь горькая (*Artemisia absinthium* L. (syn. *Absinthium majus* Garsault nom. inval., *Artemisia kulbadica* Boiss. & Buhse, *Artemisia baldacii* Degen, *Absinthium vulgare* (L.) Lam., *Absinthium bipedale* Gilib. nom. inval., *Artemisia pendula* Salisb., *Artemisia doonense* Royle, *Absinthium officinale* Brot., *Artemisia inodora* Mill., *Artemisia rehan* Chiov.)) относится к классу Двудольные (Magnoliopsida), порядку Астроцветные (Asterales), семейству Сложноцветные (Compositae), роду Полынь (*Artemisia* L.) [105].

Многолетнее травянистое растение высотой 50-200 см, с горьким вкусом и пряным запахом. Корни стержневые, ветвистые. Стебли прямостоячие, с серебристо-войлочным опушением, малоребристые, в верхней части ветвистые. Листья зеленовато-серые, короткочерешковые, опушенные, дважды-трижды перисторассечённые с линейно-продолговатыми дольками. Цветки жёлтые, трубчатые, срединные – обоеполые, краевые – пестичные. Корзинки шаровидные, до 3,5 мм в диаметре, собраны в однобокие кисти, формирующие метельчатое соцветие. Плод – бурая клиновидная семянка длиной 0,8-1,5 мм. В средней полосе РФ цветет в июне – июле [52, 1055].

Является рудеральным синантропным видом. На территории РФ встречается практически повсеместно, в лесной, лесостепной и степной зонах, часто доминирует в формирующихся при самозаращении отвалов и карьеров фитоценозах. Встречается в европейской части (ниже Архангельска) до верховьев Енисея. Растёт вдоль дорог, на засорённых лугах, на залежах и полевых межах, около домов, огородах, по лесным опушкам. Предпочитает богатые почвы с нейтральной реакцией, умеренное увлажнение. Устойчива к засухам и морозам. Относится к эвгалофитам. Культивируется в США, Южной Европе, Северной Африке [51].

Трава полыни горькой применяется для улучшения аппетита и функции органов желудочно-кишечного тракта (при гипацидных гастритах хронических холециститах, дискинезии желчевыводящих путей), а также как желчегонное, гепатопротекторное, спазмолитическое, противопаразитарное, антисептическое средство. Реализуется как сырье в пачках, на основе нее получают настойку, входит в состав сборов и фиточаев («Здренко», «Для возбуждения аппетита», «Алкофоб», «Эугастрина»), а также ряда препаратов и БАДов (биогель для стоп «Полынь горькая», таблетки «Артемид», бальзам «Биттнер» и др.). Используется в гомеопатии, в пивоваренном и ликероводочном производстве для изготовления бальзамов, вермутов, ликёров [150].

В химическом составе травы полыни горькой, описанном в многочисленных работах отечественных и зарубежных авторов (Алякина А.А., Бузук Г.Н., Эльяшевич Е.Г., Велоговой В.Д., Кароматова И.Д., Короткова И.В., Белоноговой В.Д., Мирзаевой Х.А., Гусейновой Ф.М., Платонова В.В., Северина А.П., Яцюк В.Я., Ботова А.Ю., Ханиной М.А., Чибрик Т. С., Шалдаевой Т.М., Bora K.S., Craciunescu O., de Almeida L.M., de Carvalho L.S., Hammer K.A., Martnez-Dfaz R.A., Monzote L., Mihajilov-Krstev T., Turak A., Shi S.P. и др.) преобладают эфирные масла (0,2-0,8%) и флавоноиды (до 1,5-1,8%). Эфирное масло растения включает более 90 компонентов, основными из которых являются хамазулен (12,3%) и цинеол (15,9%), а также β -мирцен (5,1%), нерил-2-метилбутаноат (4,9%), нерил-3-метилбутаноат (4,0%) линалоол (2,6%), β -фарнезен (2,3%), нафталенон (2,0%), борнилацетат (1,7%), геранил гексаноат (1,6%), β -кариофиллен (1,3%), β -бурбонен (1,1%), и др. Флавоноиды представлены преимущественно производными кверцетина, артемидина, кемпферола, изорамнетина, апигенина, патулетина, спинацетина. Также ЛРС содержатся сесквитерпеновые лактоны (до 0,4%: абсинтин, изоабсинтин, абсинтолид, артабсин, анабсинтин, арабеин, матрицин, оксипеленозид, кетопеленозид А и В, артемолин), дубильные вещества (катехины и лейкоантоцианидины до 10,5%), кумарины (умбеллиферон, скополетин), сапонины, лигнаны (лириорезинолы А и С), органические кислоты (янтарная, яблочную кислоту), фенолкарбоновые кислоты (хлорогеновая, 2-кофеилхинная, 4-кофеилхинная). Трава полыни горькой богата витаминами (В₁, В₂, В₅, В₆, В₉, С, РР), эффективно накапливает макро- (калий, кальций, магний, фосфор) и микроэлементы (марганец, цинк, медь, железо, бор, бром) [13, 46, 82, 87, 99, 138].

В литературе встречаются отдельные эколого-гигиенические исследования по оценке качества травы полыни горькой.

Позняк С.С. при проведении комплексного исследования по определению закономерностей распределения ТМ в растениях полевых и луговых агроценозов республики Беларусь экспериментально подтвердил предположение о том, что растения обладают селективной способностью к накоплению химических элементов и выявил, что полынь горькая способна к повышенному накоплению ТМ, в частности циркония, стронция, свинца, хрома, кобальта, олова, которые она накапливает из почв в токсичных концентрациях, что в сочетании с высокой фитомассой надземной части [139].

Исследования Королева А.С. с соавторами показали, что накопление поллютантов определяется не только наличием физиологических барьеров у полыни горькой, но и условиями произрастания. Так, образцы шламовых полей имеют повышенное содержание натрия, никеля, но пониженное содержание цинка и железа, что не выявлено для образцов контрольных территорий. При этом угнетения и существенных морфологических изменений растений практически не выявлен [98].

Исследования Т.С. Чибрика показали, что адаптация растения в условиях урбоценозов, в частности отвалов и карьеров, к высокому содержанию ТМ в почве идет по линии накопления их избыточных содержаний в траве, при этом угнетения роста и развития полыни горькой, а также заметных морфологических изменений не отмечается. При этом, отмечается заметное снижение абсолютных концентраций ТМ и коэффициентов накопления (КН) в ЛРС, заготовленном на рекультивированных территориях с большим содержанием органических веществ [194].

В исследованиях Н.О. Милютиной с соавторами выявлена положительная корреляция между высоким содержанием меди, цинка, никеля и свинца в грунте и концентрациями их в траве полыни горькой. При этом наибольшее содержание исследуемых элементов было обнаружено в листьях растения. Коэффициенты переноса элементов в системе «корень–листья», которые оказались менее вариабельными, чем коэффициенты переноса в системе «почва–корень» (что, вероятно, связано с большими различиями концентраций металлов в почвах), для меди составили 1,3,-1,8, для никеля – 1,5-2,2, для цинка 2,2-3,0. Данные исследования позволили авторам дать рекомендации по использованию полыни горькой в качестве фиторемедианта для снижения концентрации токсичных элементов в загрязненных почвах [3].

Исследования Г.Г. Бускуновой по биогеохимической активности ЛРС в условиях техногенного загрязнения показали, что абсолютным лидером по данному показателю в урбоценозах республики Башкортостан является полынь горькая (суммарная величина, получающуюся при

сложении коэффициентов биологического поглощения меди, цинка, марганца, железа, кадмия и свинца достигала значения 21,8) [15].

Васильевой Т.Н. на основе сравнительного анализа ЛРС урбоценозов г. Оренбург показаны высокие аккумулярующие способности полыни горькой в отношении свинца и кадмия, а также наличие жесткой корреляционной связи концентраций элементов в почве и ЛРС [16].

Исследования Я.И. Поппа и Т.И. Боковой по накоплению меди, цинка и кадмия в 19 видах ЛРС поймы рек Обь и Иртыш позволили отметить траву полыни горькой как сырье с минимальными концентрирующими способностями в отношении меди (2,6 мг/кг) и кадмия (0,13 мг/кг) [141].

Любимовым С.С. с рядом соавторов на основе анализа экологических показателей более 20 растительных биоиндикаторов для мониторинга Брянской области показано, что трава полыни горькой относится к природным биоконцентраторам цинка (до 127,1 мг/кг), стронция (до 126,9 мг/кг), меди (до 57,8 мг/кг), хрома (до 2,1 мг/кг) [72].

Исследования Колчанова Р.А с соавторами по сравнительному анализу накопления радионуклидов в лекарственных растениях Белгородской области, проводимые на примере 31 вида, показали относительно высокую аккумулярующую способность цезия-137 у травы полыни горькой (от 21 до 160 Бк/кг) [93, 94].

Сунцовой Е.С. с соавторами на основе сравнительного анализа 12 видов ЛРС, заготовленного на территории Кирово-Чепецкого промышленного комплекса, показана наибольшая аккумулярующая способность к соединениям свинца, кадмия, меди [169]. Скугорева С.Г. с соавторами, занимающимися эколого-гигиенической оценкой растений того же Кирово-Чепецкого промышленного комплекса, на примере 60 образцов ЛРС показана высокая способность полыни горькой к аккумуляции кадмия, свинца, ртути, марганца, кобальта, меди, железа и никеля, а также стронция-90 (КН 1,49), цезия - 137 (КН 1,01), урана-238 (КН 0,28) [71].

Таким образом, обзор литературных источников по эколого-гигиенической оценке травы полыни горькой показал, что полученные результаты ранее проведенных разными авторами экспериментов достаточно противоречивы, что указывает на необходимость проведения комплексных глубоких исследований по изучению особенностей накопления данным видом ЛРС основных экотоксикантов.

1.1.3. Эколого-фармакогностическая характеристика травы тысячелистника обыкновенного *Achillea millefolium* L.

Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L. (syn. *Achillea angustissima* Rydb., *Achillea ambigua* Pollini, *Achillea coronopifolia* Willd., *Achillea bicolor* Wender., *Achillea cristata* Hort. ex DC., *Achillea ossica* K.Koch, *Achillea borealis* Bong., *Achillea arenicola* A.Heller, *Achillea lanulosa* Nutt., *Achillea fusca* Rydb., *Achillea ceretanica* Sennen, *Achillea crassifolia* Colla, *Achillea eradiata* Piper, *Achillea compacta* Lam., *Achillea subalpina* Greene, *Achillea gigantea* Pollard, *Achillios millefoliatus* St.-Lag., *Achillea intermedia* Schleich., *Achillea lanata* Lam., *Achillea laxiflora* A.Nelson, *Achillea rosea* Desf., *Achillea haenkeana* Tausch, *Achillea magna* Haenke, *Achillea ochroleuca* Eichw., *Achillea pumila* Schur, *Achillea gracilis* Raf., *Achillea virgata* Hort. ex DC., *Achillea megacephala* Raup, *Achillea tenuis* Schur, *Achillea nabelekii* Heimerl, *Achillea sylvatica* Becker, *Achillea setacea* Schwein., *Achillea tanacetifolia* Mill. и др.)) относится к классу Двудольные (Magnoliopsida), порядку Астроцветные (Asterales) [52, 105].

Многолетнее травянистое растение с длинным ползущим шнуровидным корневищем и тонкими корнями. Стебель до 70-80 см, прямостоячий, в основании одревесневший, сверху разветвленный. Листья серо-зеленые, очередные, иногда опушенные, дважды или трижды перисторассеченные на многочисленные сегменты. Цветки ароматные, белые, собраны в мелкие корзинки, образующие сложные щитковидные соцветия на вершине разветвлений стебля. Формирует 5-6 краевых язычковых пестичных цветков, с желтыми язычками длиной до 1,5 мм. Срединные цветки двуполые, трубчатые, желтые. В Центральной полосе РФ цветет с июня по август [42, 51].

Является синантропным видом, на территории РФ встречается практически повсеместно, кроме Крайнего севера и степей Калмыкии. К почве неприхотлив, приживается как на плодородных землях, так и на бедных супесях и суглинках, переносит зной и засуху. Для успешного роста и размножения предпочитает селиться на лужайках, пустырях, по обочинам лесных дорог и оврагам, а также по берегам водоёмов. В настоящее время используется в ландшафтном дизайне. Накапливает фосфор, медь, цинк, поэтому часто используется в качестве сырья для высокопитательного удобрения в садоводстве, а также для очистки почв от ТМ [47, 52].

Трава тысячелистника обыкновенного обладает противовоспалительным, бактерицидным, противопаразитарным, противоаллергическим, ранозаживляющим, гемостатическим, спазмолитическим действием; возбуждает аппетит, усиливает секрецию желудочного сока. Отпускается в пачках и брикетах, используется в гомеопатии, входит в состав фиточаев и сборов («Противогеморроидальный», «Слабительный №1», «Здренко», «Желчегонный №2», «Желчегонный №3», «Для возбуждения аппетита»), а также ряда препаратов и БАДов (настойка, экстракт, масляный экстракт, экстракт «Ротокан», бальзам «Московия», экстракты для купания младенцев «Тысячелистник» и «Ромашка, череда, тысячелистник», настойка сложная Панкова, фитобальзам «Старый рецепт», порошок «Секреты столетий», таблетки «Уголек по-стахановски», пастилки «Натурино», мазь «Цикадерма» и др.) [150].

Широкое применение обусловлено богатым химическим составом сырья, описанным в работах Юсубова М.С., Калинкиной Г.И., Глушко М.П., Мякинкова А.Г., Берниковской Н.А., Коновалова Д.А., Злобиной Ю.М., Евфремова А.А., Доржиевой Д.Ч., Шаталиной Н.В., Рябинкиной Е.И., Damon M., Saednia S., Dokhani Sh., Benedek B., Fakconieri D., Baczek K., Vitalini S., Nadin M. M. и др. Основные группы БАВ - эфирные масла (0,5 - 0,9%, до 47 компонентов, основные из них - туйол, туйон, эвкалиптол, кариофиллен, кариофиллен оксид, камфора, бизабол, линалил пропаноат, хамазулен, азулен, борнеол, цинеол, α - и β -пинены) и флавоноиды, представленные преимущественно кверцетином, рутином, апигенином, лютеолином. Также трава тысячелистника обыкновенного содержит дубильные вещества, органические кислоты (аскорбиновая, муравьиная, изовалериановая, уксусная), сесквитерпены (матрицин, миллефолид), смолы, горькие гликозиды, алкалоиды (ахиллеин, стахидрин, бетоницин), каротин, витамин К, С (287,00 мг %), РР (0,35 мг%), макро- (калий (1,62%), кальций (0,61%), магний (0,12%)) и микроэлементы (медь (1,55%)) [2, 24, 51, 108, 195, 200, 202, 207, 210].

На примере тысячелистника обыкновенного ряд ученых проводили экологические исследования влияния урбанизации на биохимические признаки растения.

Гусевым Н.Ф. и Немерешиной О.Н. с соавторами выявлено, что уровень содержания марганца, цинка, меди, стронция, свинца, никеля, кобальта, циркония, молибдена в траве тысячелистника обыкновенного, заготовленного вблизи газоперерабатывающего завода, в разы превышает контрольные показатели, что служит фактором, провоцирующим

окислительный стресс растений, вызывает индукцию синтеза полифенольных соединений как компонентов антиоксидантной системы [25, 196].

Бабиной Л.А. показана высокая аккумулярующая способность соцветий тысячелистника обыкновенного в отношении цинка, заготовленных как в естественных растительных сообществах, так и в урбоценозах, заметно превышающая накопительную активность корней и стеблей растения [5].

Васильевой Т.Н. на основе сравнительного анализа ЛРС урбоценозов г. Оренбург показаны высокие аккумулярующие способности ЛРС в отношении свинца и кадмия, а также наличие жесткой корреляционной связи концентраций элементов в почве и ЛРС [16].

Семенова В.В. с соавторами подтвердила способность травы тысячелистника обыкновенного к высокому накоплению цинка и кадмия, распределив ТМ в следующий ряд убывания активности аккумуляции: кадмий > цинк > никель > медь > кобальт > марганец > свинец > железо. Показано, что усвоение травой тысячелистника обыкновенного ТМ и микроэлементов даже в экологически чистых районах значительно варьирует, что зависит от типа почв и ее кислотности. Так, концентрация свинца в растениях, произрастающих на карбонатной глинистой почве, превышает их содержание в растениях, заготовленных на карбонатной среднесуглинистой почве, в 2,6 раза [203].

Ягафарова Г.А. доказала, что если концентрация биофильных элементов (марганец, железо, медь, цинк) в почве низкая, то ЛРС является их концентратором, а если высокая – срабатывает некоторая барьерная система (на уровне корневой системы), препятствующая накоплению избытка ТМ [202].

Любимовым С.С. с рядом соавторов на основе анализа экологических показателей более 20 растительных биоиндикаторов для мониторинга Брянской области показано, что трава тысячелистника обыкновенного относится к природным биоконцентраторам никеля (6,67 мг/кг), а также в высоких количествах накапливает цинк (98,9 мг/кг), при этом содержание элементов сильно варьировало в зависимости от района заготовки [72].

Кемплер А.В., проводя изучение более 370 образцов ЛРС Северо-Западного региона РФ, показал, что травы тысячелистника обыкновенного является концентратором меди [88].

Сысо А.И. с соавторами показано, что в условиях урбоценозов трава тысячелистника обыкновенного безбарьерно накапливает фосфор,

кальций, магний, калий, бор и молибден. КН кадмия, цинка, лантана варьируют от 0,5 до 2,0; бария, бериллия, кобальта, меди, марганца, никеля, свинца, кремния, циркония, стронция, галлия, иттрия – от 1,0 до 10,0; алюминия, хрома, железа, натрия, титана, ванадия – от 1,0 до 40,0 [172].

Исследования Егоровой И.Н. показали высокие аккумулирующие способности соцветий растения урбанизированных районов Кемерово в отношении цинка, марганца, меди, железа и никеля. Анализ радионуклидного загрязнения сырья показал преимущественное накопление естественных изотопов калия-40 (81% общей радиоактивности травы и 76% - соцветий). Аккумуляция искусственных радионуклидов – цезия-137 и стронция-90 характеризуется абсолютными значениями от 0,46 Бк/кг до 1,02 Бк/кг и коэффициентами накопления от 0,41 до 0,56, что является относительно невысокими показателями, соответствующими нормативным требованиям [55].

Исследования Колпакова Р.А. с соавторами по сравнительному анализу накопления свинца ЛРС Белгородской области показали, что трава тысячелистника обыкновенного обладает относительно остальных 10 видов растений высокой устойчивостью к накоплению данного металла. Исследования тех же авторов по сравнительному анализу накопления радионуклидов в ЛРС, проводимые на примере 31 вида сырья, показали относительно низкую аккумулирующую способность цезия-137 у тысячелистника обыкновенного (от 11 до 85 Бк/кг) [92].

Таким образом, описанные в литературе оценки особенностей накопления отдельных элементов травой тысячелистника обыкновенного многочисленны, свидетельствуют о высокой способности данного вида ЛРС к аккумуляции токсикантов, но не лишены противоречий, а потому актуальной задачей является проведение комплексного эколого-гигиенического исследования данного вида ЛРС.

1.1.4. Эколого-фармакогностическая характеристика травы пустырника пятилопастного *Leonurus quinquelobatus* Gilib.

Пустырник пятилопастной (*Leonurus quinquelobatus* L. (syn. *Leonurus cardiaca* K.Koch, *Cardiaca quinquelobata* Gilib., *Leonurus villosus* Desf.ex D'Urv.)) относится к классу Двудольные (Magnoliopsida), порядку Гвоздичноцветные (Caryophyllales), семейству Губоцветные (Labiatae), роду Пустырник (*Leonurus* L.) [105].

Многолетнее травянистое растение высотой от 30 до 100 см со слабым запахом и горьковатым вкусом. Стебель серовато-зеленый,

внутри полый, четырехгранный, ветвистый. Листья черешковые, супротивные, ланцевидные, нижние до середины 5-7-пальчато-раздельные, верхние – тройчато-раздельно-лопастные. Цветки мелкие, пазушные, неправильные, сростнолепестные, имеют четыре тычинки и один пестик с верхней завязью, собраны на конце стебля в длинное колосовидное соцветие. Венчик двугубый, розового цвета, верхняя губа эллиптическая, нижняя – оттопыренная трёхлопастная. Стебли, листья, чашечки цветов опушены волосками. Плод ценобий, дробный, состоит из четырёх односемянных орешков. В Средней полосе РФ цветет с июня до сентября [46, 105].

Рудеральный синантропный вид, распространен в Европе, на Кавказе, Западной Азии, Западной и Восточной Сибири. Повсеместно встречается на пастбищах, по обрывам, залежам, берегам рек, вблизи предприятий, вдоль дорог средней полосы РФ. Предпочитает азотистые, глинисто-песчаные почвы. Активен в заселении пустырей, но способен быстро вытесняться конкурентными видами. Обладает устойчивостью к облучению. Дает потомство с высокой выживаемостью и малой долей аномалий при дефиците влаги, повышенной температуре, высоком радиоактивном фоне [51, 52].

Используется в ряде лекарственных растительных препаратов (ЛРП) и более чем 40 БАДов, виде растительного сырья, настойки, жидкого экстракта, сухого экстракта. Отпускается в пачках, брикетах, фильтр-пакетах для приготовления настоев. Входит в состав более 12 сборов и фиточаев («Успокоительный сбор №2», «Успокоительный сбор №3», «Спазмолитический сбор», «Фитоседан №2», «Фитоседан №3», «Байкальский «Пустырник», «Пустырник – Биокор», «Радуга Горного Алтая», «Пустырник «Мирролла»», капель (ландышево-пустырниковых, «Валеодикрамен», «Фитокапли Витамин В6», «Валериана+Пустырник «Мерцана», «Пустырник «Мерцана»», жидких экстрактов («Фито Ново-Сед», «Пустырник Форте»), сиропов («Валемидин плюс»), бальзамов («Московия»), драже («Вечернее плюс», «Пустырник Биокор», «Вечернее+пустырник Биокор», «Пустырник П»), гранул («Пустырник пятилопастной», «Пустырник сибирский»), таблеток («Алфавит Биоритм», «Пустырник Форте», «Пустырник Форте Эвалар», «Пустырник «Сантерелла», «Пустырник», «Пустырник+», «Пустырник Экстра», «Пустырник «Эко», «Пустырник Актив», «Пустырник Форте «Мерцана», «Пустырник Форте D3», «Пустырник П», «Пустырник комплекс»), капсул («Стрессовит», «Пустырник», «Пустырник форте», «Пустырник с магнием и В6», «Пустырник Премиум», «Пустырник-Leonurus-Артлайф») и др. Используется в гомеопатии [150].

ЛРП пустырника пятилопастного оказывают успокоительное, снотворное действие, корректируют функциональные расстройства центральной и вегетативной нервной системы в преклимактерическом и климактерическом периодах, проявляют спазмолитическое, диуретическое, кардиотоническое, гипотензивное, антиаритмическое, противовоспалительное действие. Эффективны при диспепсических расстройствах, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, одышке, бронхиальной астме, воспалении легких, базедовой болезни, невралгиях, параличах, дисменорее, маточных кровотечениях. В гомеопатии используются при болезнях сердца, метеоризме и гипертиреозе [32, 103, 128, 187].

Основными действующими веществами травы пустырника пятилопастного являются флавоноидные гликозиды (до 1,5%, основные представители – рутин (90-99 мг%), кверцетин, квинквелозид, космоин, кверцетрин, 7- глюкозид кверцетина, гиперозид, кверцимеритрин и др.) и иридоиды (в листьях 0,7%, основные представители - леонурид, аюгол, гарпагид, аюгозид, гарпагида ацетат) Также в сырье содержатся алкалоиды (до 0,4% - стахидрин, леонурин, холин), дубильные вещества (до 2,5%), сапонины, дитерпеновая горечь (леокардин), эфирное масло (до 0,1%, основные компоненты - кардиофиллен, β -пинен, λ -пинен, λ -гумулен, линалоол, лимонен), аскорбиновая кислота (в листьях до 65,3 мг%), каротиноиды (до 3,0-3,6 мг/г), фенолкарбоновые кислоты и их производные, 19 аминокислот (до 4% с преобладанием лейцина, аргинина и валина), минеральные соли (в частности, макроэлементы - калий, кальций, магний, железо; микроэлементы – бор, хром, селен, молибден, цинк, марганец, медь). Описаны высокие концентрирующие способности пустырника пятилопастного в отношении никеля, свинца, ванадия, бария [92, 100, 137, 183].

Эколого-гигиеническая оценка качества травы пустырника пятилопастного отличается относительно невысокой численностью работ.

Загурской Ю.В. с соавторами проведены эколого-географические исследования по оценке качества травы пустырника пятилопастного, заготовленного в антропогенно нарушенных районах Западной Сибири (Кемеровская и Новосибирская области, республика Алтай). Установлены отличия в морфологических характеристиках растений в зависимости от района культивации. Размер растений уменьшался в следующем порядке: Новосибирская область > Кемеровская область > Алтайский край. Максимальная фитомасса, заготовленного от одного растения также отмечена для сырья Новосибирской области (составила 73 г и превышала фитомассу образцов с Алтайского края примерно в 3 раза).

Несмотря на высокое содержание ТМ в почвах исследуемых районов, концентрация токсичных элементов в образцах не превышает ПДК. Содержание фенольных соединений и флавоноидов оказалось наиболее высоким в образцах Новосибирской области, низким – в Алтайском крае. Наибольшее содержание гидроксикоричных кислот отмечено в сырье Кемеровской области и Алтайского края, что можно объяснить стимулирующим действием этих веществ, в частности, хлорогеновой кислоты, в растениях с меньшей фитомассой [64].

Латышевская Н.И. и Стрекалова А.С., анализируя результаты исследований антропогенного загрязнения ЛРС реакционной зоны Волгоград, пришли к выводу, что содержание токсичных элементов в корнях пустырника пятилопастного, чем в листьях и траве. Наибольшие аккумулярующие способности у растения выявлены в отношении цинка, меди и свинца [109].

Рядом исследователей во главе с Любимовым С.С. на основе анализа экологических показателей более 20 растительных биоиндикаторов для мониторинга Брянской области показано, что трава пустырника относится к природным биоконцентраторам железа (до 90,3 мг/кг) и цинка [72].

Исследования Рукавишниковой О.В. по радионуклидному загрязнению ЛРС Челябинской области результате аварии на производственном объединении «Маяк» показали, что по накопительной способности травой пустырника пятилопастного радионуклиды можно выстроить в следующем ряду убывания: стронций-90 > цезий-137 > плутоний -239 [154].

Работы Колчанов Р.А. с соавторами по изучению накопления радионуклидов в ЛРС Белгородской области показали относительно высокую аккумулярующую способность пустырника пятилопастного в отношении цезия-137 (от 30 Бк/кг до 160 Бк/кг). Исследования этих же авторов по сравнительному анализу накопления свинца ЛРС региона показали, что трава пустырника пятилопастного относительно других 10 видов растений обладает наиболее высокой аккумулярующей способностью к накоплению данного поллютанта [93, 94].

1.1.5. Эколого-фармакогностическая характеристика листьев подорожника большого *Plantago major* L.

Подорожник большой (*Plantago major* L.) относится к классу Двудольные (Magnoliopsida), порядку Ясноткоцветные (Lamiales), семейству Подорожниковые (Plantaginaceae), роду Подорожник (*Plantago* L.) [105].

Многолетнее травянистое растение, высотой от 5 до 70 см. Корневая система мочковатая, стержневой корень отмирает рано. Листья

крупные (длиной до 12-15 см), черешковые, широкояйцевидные или эллиптические, цельнокрайние, голые с 3-7 жилками, собраны в прикорневую розетку. Соцветие - простой колос с плотно сидящими мелкими бело-зеленовато-серыми цветками с яйцевидными прицветниками у основания. Чашелистиков четыре, длиной до 0,2 см. Венчик сростнолепестный с четырёхдольный. Тычинок также четыре, пыльники фиолетовые, прикреплены на нитях к трубе венчика. Пестик с двухгнездной завязью. Цвести может с мая до сентября, размножается семенами, которые по 6-16 штук сидят в плодах-коробочках, созревающих с июня до ноября осени [17, 52].

Синантропный рудеральный евроазиатский вид. В РФ северная граница ареала проходит по линии Архангельск – Салехард – Камчатка, южнее которой подорожник большой на территории РФ встречается повсеместно. Стойкий эвритоп, микосимбиотроф, чаще произрастает на пустырях и сорных местах, вблизи дорог и на выпасах, переносит вытаптывание. Хорошо развивается на слабокислых, глинистых, богатых азотом, хорошо увлажненных почвах. Требователен к освещению, лучше произрастает в открытых биоценозах [46, 51].

Листья подорожника большого имеют хорошо исследованный рядом авторов (С.А. Соснина, Д.Н. Олейников, О.Н. Немерешина, В.И. Лебедев-Косов, Т.Л. Малкова, Н.П. Максютин, А.И. Попов, А.Г. Горин, Л.М. Танахаева, Y. Noro, A.B. Samuelsen, N. Handjieva, V.M. Pailer, E. Haschke-Hofmeister, K.P. Skari, T. Haugli, K.E. Malterud, и др.) богатый химический состав, основными БАВ которого являются полисахариды, иридоиды и флавоноиды. Содержание полисахаридов в листьях подорожника большого варьирует от 10 до 35% и состоят преимущественно из галактозы, арабинозы, галактуроновой кислоты и рамнозы в соотношении 3:2:16:1. Иридоиды представлены аукубозидом и гликозидами аукубина, гидролизующимся до глюкозы и аукубигенина. Флавоноиды подорожника большого - преимущественно производные флавона - плантагинин, гомоплантагинин, производные скутелляреина и байкалеина. Также листья подорожника большого содержат дубильные вещества (до 5-6 %), кумарины (скополетин, эскулетин), алкалоиды (плантагонин, индицин), сапонины, горькие вещества, органические кислоты (до 11-13%, включая доминирующие винную, лимонную, а также сиреневую, кофейную, бензойную, фумаровую, салициловую, коричную, п-гидроксibenзойную, феруловую, п-кумаровую, гентизиновую, ванилиновую, хлорогеновую, неохлорогеновую), холин, аденин, витамины А, В₂, В₅, В₆, В₉, К, С, ферменты (эмульсин, инвертин), незаменимые аминокислоты (аргинин, изолейцин, лейцин, валин, лизин, гистидин, метионин), ненасыщенные

жирные кислоты (линолевая, линоленовая, пальмитолеиновая, олеиновая), богаты калием, кальцием, магнием, марганцем, медью, железом [31, 39, 40, 54, 129, 165, 191, 208, 211].

Богатый химический состав обуславливает широкое применение листьев подорожника большого, обладающих обволакивающим, отхаркивающим, муколитическим, противокашлевым, противовоспалительным, репаративным, антисептическим, противомикробным, противовирусным, гемостатическим, противоаллергическим, анальгезирующим, седативным, гипотензивным, слабительным, антиоксидантным, антисклеротическим действием [7, 156, 206]. Листья подорожника большого отпускаются в пачках и брикетах, входят в состав фиточаев и сборов («Грудной №1», «Грудной №2», «Отхаркивающий»), на их основе отечественной промышленностью выпускаются настойка, экстракт, сиропы («КМ-Туссофит», «Стоптуссин Фито», «Сиропыч», «Артрофит»), гранулы «Плантоглюцид», таблетки «Гастрокалм», капсулы «Бетулаир» и др [150].

Широкое распространение подорожника большого на антропогенно освоенных и нарушенных территориях делает его удобным объектом исследования эколого-гигиеничного состояния растений и качества получаемого ЛРС, что было использовано рядом авторов. Листья подорожника большого являются активными концентраторами токсичных веществ, которые способны влиять на биосинтез в растении БАВ.

Макроскопические изменения листьев подорожника большого подробно изучены в работах О.Л. Воскресенской, Н.Н. Кириенко, М.В. Лабутиной, В.А. Поляковой. Увеличение антропогенного воздействия вызывает уменьшение макроскопических показателей растений в 1,2–2,5 раза. Семенная продуктивность растения снижается в 2–3 раза. Длина черешка листьев, заготовленных в условиях антропогенного загрязнения среды, на 37% меньше, чем у растений благоприятных условий произрастания, ширина листа – на 34%, длина – на 40%, при этом биомасса и количество листьев, заготовленных в заповедных зонах в 3–3,7 раз больше, чем в районах антропогенного воздействия [86, 140].

В работах В.М. Мисина, Н.Н. Сажиной, К.Э. Зубаревой, К.В. Качкина, описано ингибирующее влияние антропогенного загрязнения на содержание БАВ в листьях подорожника большого. Так, увеличение концентрации хлорофилла в сырье, заготовленном при удалении на расстояние 50 м и 200 м от крупной автомобильной трассы, составляет 70%. На протяжении всего онтогенеза содержание полифенолов в листьях, заготовленных в «грязных» зонах превышает их концентрацию в листьях «чистых» территорий, причем к осени эта разница нарастает и достигает

40-50%, что свидетельствует о наращивании растением антиоксидантных возможностей в условиях оксидативного стресса [24, 66].

Кириенко Н.Н. с соавторами указывает на значительное превышение ПДК свинца (в 9,7 раза) и кадмия (в 2,1 раза) в листьях растения, заготовленных вблизи автодорог, а также на высокие темпы накопления из почв цинка, меди, в концентрациях в 4,1-7,5 превышающих их содержание в грунте [86].

Бабиной Л.А. с соавторами выявлено, свинец способен эффективно накапливаться в листьях подорожника большого из загрязненных им почв (КН до 1,47), при этом свинец активно поступает в листья растения как через корневую систему, так и посредством диффузии через устьичный аппарат [6].

Зубаревой К.Э. с соавторами показано, что при увеличении расстояния от автотрассы содержание цинка и меди в листьях снижается приблизительно на 20%, при этом ТМ накапливаются в растении в прочносвязанной форме и переходят в водную вытяжку в количестве менее 10% [66].

Рядом исследователей во главе с Любимовым С.С. на основе анализа экологических показателей более 20 растительных биоиндикаторов для мониторинга Брянской области показано, что листья подорожника большого относятся к природным биоконцентраторам марганца (до 433,3 мг/кг) и свинца (до 7,0 мг/кг) [72]. Исследования Поповой Е.И. позволили построить следующий ряд убывания накопления элементов: магний → медь → цинк → свинец → цезий → стронций [142].

Мяделец М.А. и Сиромля Т.И. с соавторами показано, что листья подорожника большого активно куммулируют из почв кадмий, цинк и медь, менее активно – никель, неактивно - свинец. Превышение числовых показателей выявлено лишь для золы, что может говорить о высокой запыленности исследуемых образцов. Отмечено, что в значительной степени извлекаются в настой магний, натрий, калий, стронций, кадмий и никель [129, 163].

Игамбердиева П.К. с соавторами, исследуя минеральный комплекс ЛРС на примере более 40 видов растений Южной Ферганы республики Узбекистан, указывает на высокое накопление в листьях подорожника большого марганца [69].

Эколого-гигиенические исследования Егоровой И.Н. по оценке качества ЛРС Кемеровской области показали, что листья подорожника большого являются наиболее активными концентраторами кадмия (коэффициент накопления достигает 12,0). Главный вклад в удельную ра-

диоактивность ЛРС вносит калий-40 (более 90 % от общей радиоактивности). При этом удельные активности цезия-137 и стронция-90 соответствуют требованиям ГФ, а их вклад в общую радиоактивность составляет менее 8%, что свидетельствует о незначительном загрязнении искусственными радионуклидами ЛРС Кузбасса [55].

Работы Колчанов Р.А. с соавторами по сравнительному анализу накопления радионуклидов в ЛРС Белгородской области, проводимые на примере 31 вида сырья, показали наивысшую аккумулирующую способность подорожника большого в отношении цезия-137 (от 28 до 470 Бк/кг) [93, 94].

Таким образом, оценки особенностей накопления отдельных элементов листьями подорожника большого противоречивы, что можно объяснить различиями в типах почв, содержании элементов в почве, фазах развития растения на момент заготовки, адаптацией растений к геохимическим условиям произрастания и т.д., но в целом свидетельствуют о высокой способности данного вида ЛРС к аккумуляции токсикантов, что требует проведения комплексного исследования и обобщения.

1.1.6. Эколого-фармакогностическая характеристика листьев крапивы двудомной *Urtica dioica* L.

Крапива двудомная (*Urtica dioica* L. (syn. *Urtica tibetica* W.T.Wang, *Urtica galeopsifolia* Wierzb. ex Opiz)) относится к классу Двудольные (Magnoliopsida), порядку Розоцветные (Rosales), семейству Крапивовые (Urticaceae), роду Крапива (*Urtica* L.) [105].

Многолетнее травянистое двудомное ветроопыляемое растение с длинным ползучим ветвистым корневищем и мощным корнем. Стебли прямостоячие, неветвистые, четырехгранные, высотой 60–200 см. Листья супротивные, длинночерешковые, яйцевидно-ланцетовидные, по краю крупно-зубчатые, длиной до 17 см и шириной до 8 см. Листья и стебель покрыты длинными жгучими головчатыми и короткими простыми волосками. Цветки мелкие, зеленоватые, однополые, с простым четырехраздельным околоцветником, собранные в ветвистые метельчатые соцветия, выходящие из пазух листьев. Плод – односемянный, сухой, яйцевидный, коричневый орешек длиной до 1,5 мм. Ветроопыляемое растение. Цветет с мая до октября осени, плоды формируются неодновременно [4, 155].

Синантропный рудеральный вид, распространен повсеместно в умеренном климате Европы, Азии, Северной и Южной Америки, Африки, Австралии. В РФ встречается от Западной Европейской части и Кавказа до северных районов Якутии и Забайкалья. Преобладает в лес-

ной и лесостепной зонах - на вырубках, по оврагам, по окраинам низинных болот, около жилья, вдоль дорог, на пастбищах, полянах, пустырях, свалках. Часто формирует обширные заросли, с наибольшей плотностью - на богатых перегноем и азотистыми веществами, увлажнённых почвах. Для медицинских целей в РФ заготавливается более 500 т листьев крапивы двудомной в год, преимущественно, в республиках Татарстан и Башкортостан, Ставропольском и Краснодарском краях, Ростовской и Воронежской областях [52, 105].

Оказывают гемостатическое, желчегонное, гиполипидемическое, вазоконстрикторное, гемопозитическое, С- и К-витаминизирующее, общетонизирующее, иммуностимулирующее, диуретическое, слабительное, противовоспалительное, антисептическое, антиаллергическое, противосудорожное, отхаркивающее, лактоцидное, холиномиметическое действие, стимулирует регенерацию и улучшает трофику тканей, стимулирует обмен веществ и образование инсулина [40, 97, 105, 150, 155].

Применяются в виде настоев (отпускаются в пачках, брикетах, фильтр-пакетах), густого экстракта, масляного экстракта, жидкого экстракта-концентрата, входит в состав ЛРП «Аллохол», «Уртифиллин», фиточаев и сборов («Слабительный №1», «Желудочный №3», «Здренко»), микстуры Траскова. Используются в ряде таблетированных («Крапива П», «Уголек по-стахановски «Тысячелистник + крапива») и капсулированных («НатуралВит Mg Крапива», «Либемакс») БАД [150].

Богатый химический состав ЛРС подробно изучен в работах Сошниковой О.В., Скалзубовой Т.А., Сорокиной А.А., Тринеевой О.В., Коломиец Н.Э., Яцюк В.Я., Жилкиной В.Ю., Pinelli P., Grevsen K., Bucar F., Schomakers J., Kavtaradze N.S. и др. Листья растения содержат хлорофилл (2,0-3,9%), флавоноиды (1,3-2,8%, включают лютеолин, рутин, кемпферол, диосметин, 3-О-метилкверцетин, 5-О-метиллютеолин, гиперозид, цинарозид), дубильные вещества (2,5-7,4%), аминокислоты (более 5,5%, в т.ч. незаменимые - аспарагиновая и глутаминовая кислоты, аргинин, глицин, пролин, цистеин, аланин, серин, тирозин), гидроксикоричные кислоты (более 1% - кофеиляблочная, хлорогеновая, розмариновая, кафтаровая, кумаровая, кофейная, криптохорогеновая, неохлорогеновая, кофеилхинная, феруловая кислоты), органические кислоты (1,3-5% - аскорбиновая, муравьиная, пантотеновая, галловая, эллаговая, лимонная, масляная, молочная, щавелевая, янтарная), моносахариды (до 4-5%), жирное масло (до 2%), азотсодержащие соединения (0,01-0,03% - ацетилхолин, холин, бетаин, гистамин, 5-гидрокситриптамиин), алкалоиды (никотин - до 0,3%), кумарины (до 0,1% - эскулетин,

скополетин, умбеллиферон), гликозид уртицин (0,09%), камеди, фитонциды, фитостерины (ситостерин), эфирное масло, кремниевую кислоту, витамины К, Е, РР, В₁, В₃, В₉, С (0,15-0,33%), каротин и каротиноиды (0,2-0,6% - β-каротин, гидрокси-α-каротин, виолуксантин, лютеоксантин, лютеин-эпоксид, ксантофилл, ксантофилл-эпоксид). ЛРС содержит до 15-19% минеральных веществ: макроэлементы - калий (до 2%), кальций (1-2%), магний (0,5-1,0%), микроэлементы – железо (0,04%), марганец (0,008%), медь (0,001%), бор (0,004%), титан (0,003%), а также накапливает из почвы никель, хром, кобальт, свинец, алюминий, селен, стронций [18, 25, 40, 85, 90, 155, 179].

Повсеместное произрастание, богатый химический состав и высокая способность к накоплению различных элементов делают крапиву двудомную перспективным растительным объектом для проведения эколого-гигиенических исследований, что неоднократно было использовано рядом авторов.

Кончиной Т.А. И Гузнищевой М.В. показано достоверное уменьшение длины (на 16-32%) и ширины (на 24-48%) листьев крапивы двудомной, заготовленных в урбоценозах Нижегородской области по сравнению с контролем [96].

Латышевской Н.И. и Стрекаловой А.С. на примере флоры рекреационной зоны промышленного центра Волгограда показано селективное концентрирование листьями крапивы двудомной свинца, для которого не выявлено влияния на анатомо-морфологические особенности растения [109].

Сунцовой Е.С. с соавторами на основе сравнительного анализа 12 видов ЛРС, заготовленного на территории Кирово-Чепецкого промышленного комплекса, показана наибольшая аккумулирующая способность к соединениям свинца, кадмия, железа, марганца, никеля, а также стронция-90 (до 399 Бк/кг) [169].

Скугоровой С.Г. с соавторами, занимающимися эколого-гигиенической оценкой растений того же Кирово-Чепецкого промышленного комплекса, на примере 60 образцов ЛРС показана наибольшая способность крапивы двудомной к аккумуляции марганца, ртути и никеля, а также стронция-90 (КН 1,72), цезия - 137 (КН 1,64), урана-238 (КН 0,78) [71].

Исследования Г.Г. Бускуновой по биогеохимическая активность лекарственных растений в условиях техногенного загрязнения республики Башкортостан также показали, что одним из антилидеров по данному показателю является крапива двудомная (суммарные величины,

получающиеся при сложении коэффициентов биологического поглощения меди, цинка, марганца, железа, кадмия и свинца достигает варьруют в диапазоне от 1,24 до 1,95) [15].

Сравнительные химические исследования крапивы двудомной, произрастающей в урбоценозе г. Красноярск и в естественном фитоценозе республики Хакасия, проведенные В.М. Ушановой с соавторами, не показали достоверных отличий по содержанию основных групп БАВ, отличия выявлены лишь в составе минерального комплекса сырья, характеризующемся увеличением в 1,2 раза концентраций свинца и железа в образце, заготовленном в загрязненном районе. Сравнительный анализ различных частей растения *Urtica dioica* L. выявил преимущественное накопление токсичных элементов в его корнях и стеблях [179].

Карпюк М.С. с соавторами в 2011 году выявлено биоконцентрирование кадмия, свинца, меди, цинка, марганца и кобальта в листьях крапивы двудомной, заготовленной на шламовом поле криолитового завода г. Оренбург [85]. Гладышев А.А. с соавторами, проводя исследования ЛРС в 2012 году в том же районе, подтвердили относительно высокое накопление свинца, кадмия, меди, цинка, марганца, алюминия, показали увеличение дубильных веществ в листьях крапивы двудомной, собранных на шламовом поле, и достоверное снижение концентрации флавоноидов и алкалоидов по сравнению с контролем [25].

Комплексные исследования эколого-гигиенического состояния ЛРС агрофитоценозов Минской области республики Беларусь, проводимые С.С. Позняк, показали, что листья крапивы двудомной способны в токсичных для растения концентрациях накапливать марганец (более 130,0 мг/кг), цинк (до 54,1 мг/кг), медь (до 14,9 мг/кг), хром (более 10,0 мг/кг), олово (более 8,0 мг/кг). Автором рекомендовано использовать надземную часть растения для фиторемедиации почв с наиболее сильным загрязнением токсичными элементами [139].

Любимовым С.С. с рядом соавторов на основе анализа экологических показателей более 20 растительных биоиндикаторов для мониторинга Брянской области показано, что листья крапивы двудомной в относительно низких количествах аккумулировали свинец, а также накапливали 8 основных эссенциальных микроэлементов ниже средних величин, характерных для данного региона [72].

Исследования листьев крапивы двудомной естественных фитоценозов Алтайского края, проводимые Гравель И.В., позволили построить ряд убывания содержания эссенциальных элементов: железо → марганец → цинк → медь → хром → никель → кобальт, а также ряд убывания

содержания токсичных элементов: алюминий → стронций → свинец → кадмий → цезий → бериллий → ртуть [29].

Сапегин Л.М. с соавторами, оценивая радионуклидное загрязнение растений естественных фитоценозов пограничных с Брянской областью районов Гомельской области, выявили низкий уровень аккумуляции цезия-137 в траве крапивы двудомной (коэффициенты накопления варьировали от 0,12 до 0,18) при достаточно высоком уровне аккумуляции из почв стронция-90 (коэффициенты накопления от 1,07 до 22,17) [147].

1.1.7. Эколого-фармакогностическая характеристика цветков липы сердцевидной *Tilia cordata* Mill.

Липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill. (syn. *Tilia parvifolia* Ehrh. ex Hoffm)) относится к классу Двудольные (Magnoliopsida), порядку Мальвоцветные (Malvales), семейству Мальвовые (Malvaceae), роду Липа (*Tilia* L.) [105].

Представляет собой древесную форму естественного происхождения - листопадное дерево высотой до 25-35 м. Кора тёмно-серая, листья черешковые, голые, округло-сердцевидные, снизу сизоватые. Щитковидные соцветия содержат от 3 до 15 правильных, диаметром до 1,5 мм, светло-желтых цветков на длинных цветоножках с общим цветоносом, сросшимся с главной жилкой прицветного листа зеленовато-желтого цвета. Цветет с ароматным пряным запахом в июне-июле. Плод – шаровидный, малоребристый, односемянный, коричневатый орешек диаметром 2-4 мм [46, 52, 188].

Растёт на пологих склонах, увалах, дренированных участках водоразделов, в составе хвойных, смешанных, широколиственных лесов. Чистые заросли практически не образует. Предпочитает плодородные суглинистые среднеувлажнённые почвы. Южная граница ареала простирается от юга Британии, Скандинавии до европейской части РФ, Кавказа, северная граница идет по территории Финляндии, через Архангельскую область к Южному Уралу [51, 105, 188].

Цветки липы обладают потогонным, мочегонным, отхаркивающим, обволакивающим, противовоспалительным, успокаивающим, желчегонным, иммуностимулирующим действиями [14, 19, 84, 188]. Отпускаются в пачках и брикетах, входят в состав сборов и фиточаев («Для полоскания горла», «Исладен лайт»), на их основе в РФ выпускают порошок для приготовления раствора «Дыши», капсулы «Стрессовит» и др [150].

Широкое применение обусловлено богатым химическим составом сырья, описанным в работах Попова Д.М., Зарубиной Н.В, Веселовой Д.В.,

Дорогойченковой В.Н., Яковлева А.И., Медведевой Т.М., Лобановой А.А., Бурковой Е.А., Ожимковой Е.В. и др. Цветки липы содержат гетерополисахариды (до 7-11%); моносахариды (рамноза, ксилоза, арабиноза, глюкоза, сахароза, галактоза, галактуроновая кислота); флавоноиды (до 2,5-4%) – производные кверцетина (рутин, гиперозид, кверцетрин и др.) и кемпферола (астралагин, тилирозид и др.), гесперидин, акацетин, гербацетин, тилиагин, афзелин; эфирное масло (до 0,1%) включает фарнезол, эвгенол, гераниол; тритерпеновые сапонины (β -амирин); цианогенный гликозид самбунигрин; стероиды; фенолкарбоновые кислоты; дубильные вещества; каротиноиды, витамин С, аминокислоты (до 7-8%, преобладают аспарагиновая, глутаминовая, лейцин), макро- (калий, магний, кальций) и микроэлементы (железо) [49, 65, 84, 105, 188].

На примере липы сердцевидной ряд ученых проводили экологические исследования влияния урбанизации на физиологические и морфологические признаки растения (Лобова О.В., Кайгородов Р.В., Попова Е.И., Еремина А.А., Соколова Г.Г., Скорбач В.В., Жиликова М.Н., Сейдафаров Р.А., Кудряшова А.И., Спилная В.Г., Кавеленова Л.М., Куриленко Ю.А., Смирнова Ю.В. и др.), однако, все работы касаются преимущественно листьев липы [57, 73, 75, 104, 110, 113, 142, 161, 164, 166].

Лобова О.В. изучала патологические изменения липы сердцевидной в урбанизированных условиях и выявила, что в посадках на улице площадь и длина третьего листа, а также впередилежащего междоузлия меньше, чем в парковых насаждениях [110].

В работах Кудряшовой А.И., а также Ереминой А.А. и Соколовой Г.Г. показано, что у липы сердцевидной в ответ на возрастание загазованности воздуха происходит увеличение длины, ширины и площади листовых пластинок, уменьшается число жилок первого порядка, а также встречается точечный некроз, омертвление края и изменение формы листа [57, 104].

Скорбач В.В. и Жиликова М.Н. На примере листьев липы сердцевидной городской среды г. Белгород выявили уменьшение размеров эпидермальных клеток по сравнению с образцами контрольных зон заготовки и предложили измерение данного микроскопического показателя как биоиндикатор уровня загрязнения среды [164].

Мамиевой Е.Б., Шириной Л.В. также показано, что размеры основных эпидермальных клеток листьев липы сердцевидной вблизи крупных промышленных предприятий и автомобильных дорог с высокой интенсивностью транспортного потока всегда меньше, чем на контрольных участках [112].

Сейдаровым Р.А. проводились исследования влияния нефтехимического загрязнения Уфимского промышленного центра на анатомо-

морфологические признаки липы сердцевидной и выявлено при усилении степени промышленного загрязнения увеличение массы корней, а также доли скелетных и поглощающих корней на фоне уменьшения доли полускелетных. Также в условиях загрязнения отмечено уменьшение площади листовой пластинки на 25% и увеличение устьичного индекса почти в 3 раза, что вызвано подавлением активности меристематических клеток и нарушением газообмена листьев с окружающей средой соответственно, и может считаться защитным адаптационным механизмом в условиях урбанизации [161].

Работа Кавеленовой Л.М. с соавторами посвящена особенностям изменений экзофизиологических параметров зрелых листьев липы сердцевидной и отмечена тесная взаимосвязь между количества хлорофилла В, каротиноидов и соотношения пигментов [73].

Спильной В.Г. проводились исследования влияния железнодорожного транспорта на макроскопические признаки липы сердцевидной и выявлено снижение количества и массы цветков и плодов у растений примагистральной полосы по сравнению с растениями фоновой территории [166].

Кайгородов Р.В. и Попова Е.И. исследовали химический состав листьев липы мелколистной в зависимости от среды обитания и выявили, что в сырье, заготовленном в транспортной зоне города увеличивается доля общей золы, причем максимальная зольность отмечена для листьев, собранных вблизи главных дорог, что связано с увеличением содержания ТМ в почвах и воздухе данных территорий по сравнению с пешеходными зонами [75, 142].

Исследования Колчанова Р.А с соавторами по сравнительному анализу накопления цезия-137 в ЛРС Белгородской области, проводимые на примере 31 вида, показали относительно низкую аккумулирующую способность радионуклида в цветках липы (от 20 до 95 Бк/кг) [93, 94].

Сапегин Л.М. с соавторами, оценивая радионуклидное загрязнение растений естественных фитоценозов пограничных с Брянской областью районов Гомельской области, выявили низкий уровень аккумуляции цезия-137 в ветвях липы сердцевидной (коэффициенты накопления варьировали от 0,02 до 0,11) при достаточно высоком уровне аккумуляции из почв стронция-90 (коэффициенты накопления от 1,4 до 2,4) [147].

Литературные данные по эколого-гигиенической оценке цветков липы выявлены не были.

1.1.8. Эколого-фармакогностическая характеристика цветков пижмы обыкновенной *Tanacetum vulgare* L.

Пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L. (syn. *Tanacetum boreale* Fisch. ex DC., *Chrysanthemum vulgare* (L.) Bernh.)) относится к классу Двудольные (Magnoliopsida), порядку Астроцветные (Asterales), семейству Астровые (Compositae), роду Пижма (*Tanacetum* L.) [105].

Многолетнее травянистое растение высотой от 40 до 140 см. Корневище длинное, горизонтальное, ветвящееся, деревянистое. Стебли многочисленные, прямостоячие, ветвистые, малоопушенные или голые. Листья сидячие, очерёдные, яйцевидные, дваждыперисторассечённые, редко опушены. Цветки обоеполые, мелкие, трубчатые, жёлтые, собраны в корзинки, объединенные в густые верхушечные щитковидные соцветия. Цветоложе голое, обёртка многорядная с зелеными листочками и сухоплёччатым краем. Цветёт с июля по сентябрь. Плод – продолговатая пятигранная коричневая семянка [192].

Синантропный вид, распространен на всей территории Европы, в странах северо-западной и северо-восточной Азии, в Северной Америке. Растение лесной и лесостепной зоны. Встречается повсеместно, масштабных зарослей не образует. Относится к рудеральным видам, встречается вблизи шахт, промышленных предприятий, автомобильных дорог. Пижма обыкновенная засухоустойчива, неприхотлива к почве, устойчива на любых субстратах, в том числе песчаных и глинистых, вызывает уплотнение почвы [30, 52].

Цветки пижмы обыкновенной содержат флавоноиды (до 5%), эфирные масла (до 2,0%), алкалоиды (0,04–0,5 %), гликозиды, белки, полисахариды, дубильные и горькие вещества, органические кислоты (танацетовую, галлусовую), оксифлавононгликозид, каротиноиды. Исследования А.И. Яковлевой и В.В. Семеновой показали, что цветки пижмы обыкновенной наиболее богаты флавоноидными и стероидными соединениями. Флавоноиды пижмы обыкновенной представлены лютеолином, квертецином, изорамнетином, цинарозидом, хризозериолом, диосметином, аксиларином, кверциметрином. Куркиной А.В. методом колоночной хроматографии выделены также тилианин, космосиин, акацетин и апигенин, при преобладании тилианина. Основными компонентами эфирного масла являются α - и β -туйон (до 61%), а также камфора, пинен, борнеол, камфен, туйол, п-цимол, лимонен и др. Также из ЛРС выделены стероидные соединения (холестерин, стигмастерин, кампестерин, ситостерин) и полисахариды (танацетаны TVF, TVS, TVR). В гидролизате

обнаружены арабиноза, апиоза, глюкоза, рамноза, ксилоза, манноза, галактуроновая кислота, галактоза. ЛРС накапливает цинк, кобальт, медь, марганец, а также свинец, кадмий и никель [30, 48, 106, 134, 192, 203].

Цветки пижмы обыкновенной обладают желчегонным, спазмолитическим, противовоспалительным, антимикробным, противопротозойным действием. Применяются в виде настоев и чаев, входят сборов («Желчегонного №3», «Здренко»), ЛРП «Танацехол», «Беллацехол», «Сибектан», используются в гомеопатии [150].

Елагина Д.С. с соавторами изучали содержание ТМ в пижме обыкновенной в условиях урбанизированных территорий республики Татарстан. Было показано, что ПДК кадмия в пижме обыкновенной, заготовленной в условиях города, было превышено в 65 раз, а цинка - в 1,8 раз. Установлено, что пижма обыкновенная видоспецифично аккумулируют медь. Выявлено, что интенсивность накопления свинца и кадмия увеличивается со снижением их подвижных форм в почве, а кобальта и цинка – с возрастанием концентраций подвижных форм элементов в почве. Показано, что пижма обыкновенная активно накапливала цинки и медь в течение всего вегетационного периода. Свинец и железо характеризовались слабым биологическим захватом до середины вегетационного периода. К концу вегетации отмечалось повышение темпов накопления кадмия, а также марганца, никеля, кобальта и хрома из почв. Отмечено ингибирующее влияние ТМ на биосинтез флавоноидов и хлорофиллов [56].

Любимов С.С. с соавторами, анализируя ЛРС юго-западного Нечерноземья РФ, выявили, что надземная часть пижмы обыкновенной накапливает стронций (до 133,2 мг/кг), железо (до 126,5 мг/кг), медь (до 69,3 мг/кг), никель (до 5,3 мг/кг), свинец (до 2,7 мг/кг), в количествах в 2 и более раз превышающих средние величины содержания элементов, характерные для района проведения исследования. Анищенко Л.Н. с коллективом исследовали особенности аккумуляции ТМ растениями в условиях антропогенной нагрузки. На основе результатов анализа 311 образца рассчитывали КН, позволяющие выделить виды-накопители. Согласно проведенному исследованию, траву пижму обыкновенную рекомендовано использовать как фитоиндикатор по отношению к цинку [72].

Исследования Я.И. Поппа и Т.И. Боковой по содержанию меди, цинка и кадмия в 19 видах ЛРС поймы рек Обь и Иртыш позволили выявить высокие аккумулирующие способности травы пижмы обыкновенной в отношении меди (9,3 мг/кг), цинка (62,1 мг/кг) и кадмия (0,29 мг/кг), с превышением ПДК вне зависимости от участка заготовки [141].

Исследования Колчакова Р.А. с соавторами по сравнительному анализу концентрирующей способности из почв свинца 10 видов ЛРС, заготовленных в Белгородской области, показали относительно очень высокую накопительной активность *Tanacetum vulgare* L. в отношении данного металла [93, 94].

Исследования Г.Г. Бускуновой по биогеохимическая активность лекарственных растений в условиях техногенного загрязнения показали, что одним из лидеров по данному показателю в урбоценозах республики Башкортостан является трава пижмы обыкновенной (суммарная величина, получающуюся при сложении коэффициентов биологического поглощения меди, цинка, марганца, железа, кадмия и свинца достигает значения 10,5) [15].

Милюшиной Л.А. с соавторами методом хромато-масс-спектрометрии выявлено значительное влияние абиотических факторов на состав эфирного масла пижмы обыкновенной, заготовленной в Красноярском крае и Оренбургской области. Так, образцы Красноярского края содержали в значительных количествах камфору, а ЛРС Оренбургской области включало 23 компонента, не встречающихся в сырье Красноярского края [125].

Кочуковой А.А. изучены особенности развития *Tanacetum vulgare* L. и содержание БАВ в ЛРС с учётом антропогенного влияния. Выявлено, что цветки пижмы обыкновенной, собранные на контрольной территории, содержат большее количество суммы флавоноидов и фенолкарбоновых кислот (3,25%), чем образцы, заготовленные урбоценозе (2,65%) и в агроценозе (2,94%) [101].

Таким образом, литературные данные по эколого-гигиенической оценке качества сырья пижмы обыкновенной касаются преимущественно надземной части в общем и практически не затрагивают особенностей накопления поллютантов и БАВ в цветках растения.

1.1.9. Эколого-фармакогностическая характеристика корней одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* F.H.Wigg

Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg. (syn. *Taraxacum vulgare* Schrank, *Taraxacum dens-leonis* Desf., *Leontodon taraxacum* L.)) относится к классу Двудольные (Magnoliopsida), порядку Астроцветные (Asterales), семейству Сложноцветные (Compositae), роду Одуванчик (*Taraxacum* F.H.Wigg.) [105].

Многолетнее травянистое высотой от 5 до 35-50 см, с маловетвистым толстым стержневым корнем (до 2,5 см в диаметре, длиной до 60

см), переходящим вверх в короткое корневище. Листья черешковые, длиной до 25-30 см, шириной 1,5-5,5 см, продолговато-ланцетные, перисто-надрезанные, зубчатые, собраны в прикорневую розетку. Цветоносная стрелка полая, цилиндрическая, прямостоячая,верху заканчивается одиночным соцветием корзинка. Цветки двуполые, язычковые, золотисто-желтые, на плоском голом цветоложе. Соцветие окружено двойной зеленой оберткой, внутренние листочки направлены вверх, наружные - вниз. Корни, стебли и листья содержат белый горький млечный сок. В соцветии образуется до 7000 бурых веретеноподобных семянков с хохолком из белых тонких волосков, отличающихся высокой всхожестью и быстрым прорастанием (за 1 неделю). Цветение (май-июнь) и плодоношение (до конца августа) начинается со второго года жизни растения, нередко дважды за год [52, 105].

Рудеральный синантропный полиморфный вид с многочисленными апомиктическими формами, распространенный на территории РФ и стран СНГ, кроме Арктики, пустынных и высокогорных районов. Растет на супесчаных, суглинистых и глинистых почвах, на лесных опушках, вырубках, лугах, полянах, по обочинам дорог, в приусадебных хозяйствах, часто образует обширные заросли. Способен приспосабливаться к самым разнообразным условиям. Галофит, обиле на солончаках. Хорошо заселяет нарушенные фитоценозы, слабодренированные почвы, благоприятно реагирует на растительную дигрессию. Факультативный апомикт с большим количеством биотипов, имеющих морфологические отличия [46, 105].

Корни одуванчика лекарственного содержат водорастворимые полисахариды (до 40-45% инулина), моносахариды (от 0,7% в период цветения до 18% в осенний период), тритерпеновые сапонины (до 1,5% таракастерол, тараксерол, тараксол, β -амирин, псевдотаракастерол), стерины (β -ситостерин, стигмастерин), сесквитерпеновый лактон лактукопикрин, протеин (до 5%), каучук (до 3%), флавоноиды (до 1,1%), гидроксикоричные кислоты (до 0,8%), свободные аминокислоты (от 1,4% весной до 3,5% осенью, из которых 7 незаменимых), дубильные вещества (таннины до 0,4%), эфирные масла (0,2-0,3%), слизи, воск, смолы, жирное масло (глицериды линолевой, олеиновой, мелиссовой, пальмитиновой, церотиновой кислот), органические кислоты (4,2%), витамины А, В₁, В₂, С, холин, ниацин, никотинамид, каротиноиды (тараксантин, виолаксантин, лютеин, флавоксантин), макро- (кальций, калий) и микроэлементы (цинк, железо, медь, селен, марганец) [38, 83, 95, 132, 209].

Корни одуванчика лекарственного возбуждают аппетит, усиливают секрецию желудочного сока, обладают желчегонным, гепатопротекторным, слабительным, диуретическим, спазмолитическим, противовоспалительным, потогонным, антиоксидантным, успокоительным, антиревматическим, антигипергликемическим, антихолестеринемическим действиями. Применяются в виде отваров (отпускается в пачках и фильтр-пакетах), густого экстракта. Используются в ряде БАД (сироп «Поляна здоровья. Одуванчик с травами на сахаре», таблетки «Одуванчик П», «Мульти-Херб», «Очищение от шлаков и токсинов «Диет Формула», капсулы «Формула здоровья «Одуванчик», «Бетусил»). Применяются в гомеопатии [83, 111, 150].

Одуванчик лекарственный обладает высокой чувствительностью эотоксикантам, в силу чего неоднократно использовался в качестве биоиндикатора для определения степени генотоксичности и антропогенной загрязнённости среды обитания.

Воробьев Г.В. с соавторами определяли газообмен и проницаемость мембран корней одуванчика лекарственного из различных популяций урбоценозов. Выявлено, что апомиктическая разновидность с повышенным уровнем метаболизма является более устойчивой к загрязнению атмосферы выхлопными газами [20].

Архиповой Н.С. с соавторами изучены изменения морфометрических показателей одуванчика лекарственного в зависимости от концентрации свинца. Выявлена устойчивость к высоким концентрациям ТМ семян растений с антропогенно загрязненных участков, что также указывает на адаптацию растения к изменившимся условиям среды и быстрому формированию у вида апомиктических разновидностей [4].

Тигунцевой Н.П. с соавторами показана высокая способность одуванчика лекарственного к фиторемедиации загрязненных почв. При этом выявлены отличия в аккумулирующей способности к токсичным элементам в разные фенологические фазы растения: в начале вегетационного периода листья растения активно накапливают цинк, летом – железо, никель, марганец, а осенью – хром. С 1 км² загрязненной почвы надземная часть одуванчика может вынести до 1 т свинца, 2 т никеля, 2,5 т меди, 10 т марганца и цинка, 95 т железа [173].

Разработаны способы фиторемедиации почв, загрязненных ТМ, которые подразумевают высев семян одуванчика лекарственного, многократное скашивание и утилизация фитимассы. Также возможно внесение в почву борной кислоты (0,5-10,0 кг/га), что позволяет на 20-80% увеличить выход токсичных элементов из почв при их фиторемедиации [167].

Васильевой Т.Н. на основе сравнительного анализа 8 растений Оренбуржья показаны высокие ремедиаторные свойства одуванчика лекарственного в отношении свинца и кадмия, а также наличие жесткой корреляционной связи концентраций элементов в почве и ЛРС [16].

Клинской Е.О. на примере 32 фитоурбоценозов г. Биробиджан показано, что накопление свинца в листьях одуванчика выше (2,86-19,93 мг/кг), чем в корнях (0,76-13,01 мг/кг), что связано с развитой листовой поверхностью, которая способна удерживать сорбированный свинец длительное время. Соцветия и стебель одуванчика лекарственного накапливают небольшие концентрации свинца относительно листьев [87].

Комплексные исследования эколого-гигиенического состояния ЛРС агрофитоценозов Минской области республики Беларусь, проводимые С.С. Позняк, показали, что корни одуванчика лекарственного способны в токсичных для растения концентрациях накапливать олово (до 2,72 мг/кг), хром (более 5 мг/кг), кобальт (до 4,24 мг/кг) и цирконий. Автором рекомендовано использовать также надземную часть растения для фиторемедиации почв с наиболее сильным загрязнением токсичными элементами [139].

Караевой И.Т. с соавторами на примере нескольких биотопов сравнены аккумулирующие способности подземных органов одуванчика лекарственного, лопуха обыкновенного, девясила высокого в отношении приоритетных ТМ и выявлено, что корни одуванчика в наибольшей степени накапливают марганец и цинк, а в наименьшей - свинец и кадмий [81].

Игамбердиева П.К. с соавторами, исследуя минеральный комплекс ЛРС на примере более 40 видов растений Южной Ферганы республики Узбекистан, указывает на высокое накопление в корнях одуванчика лекарственного марганца, меди, хрома, кобальта и железа [69].

Эколого-гигиенические исследования Егоровой И.Н. по оценке качества ЛРС Кемеровской области на примере одуванчика лекарственного показали, что корни растения по сравнению с надземной частью активнее накапливают цинк, никель, марганец, медь, что является нехарактерным для ЛРС показателем. При этом, трава одуванчика является наиболее активным концентратором кадмия (коэффициент накопления достигает 6,9). Выявлено, что главный вклад в удельную радиоактивность корней одуванчика лекарственного вносит калий-40 (более 90 % от общей радиоактивности). Удельные активности цезия-137 и стронция-90 соответствуют фармакопейным требованиям, и их вклад в общую радиоактивность сырья составляет менее 8%, что свидетельствует

о незначительном загрязнении искусственными радионуклидами ЛРС Кузбасса [55].

Калдыбаев Б.К., изучая накопление цезия-137 и стронция-90 в естественных фитоценозах Прииссыккуля, показал низкий уровень аккумуляции стронция-90 травой одуванчика лекарственного относительно других растений (коэффициенты накопления составили 0,48-0,62), и еще более низкий уровень аккумуляции цезия-137 (коэффициенты накопления варьировали от 0,20 до 0,27). Корни растения в эксперименте не исследовались [78, 79, 80].

1.1.10. Эколого-фармакогностическая характеристика корня лопуха обыкновенного *Arctium lappa* L.

Лопух обыкновенный (*Arctium lappa* L. (syn. *Lappa edulis* Siebold ex Miq., *Lappa officinalis* All., *Lappa major* Gaertn., *Arctium majus* Bernh., *Arctium edule* Beger, *Lappa vulgaris* Hill.)) относится к классу Двудольные (Magnoliopsida), порядку Астроцветные (Asterales), семейству Астровые (Compositae), роду Лопух (*Arctium* L.) [105].

Двулетнее травянистое растение, высотой от 40-60 см до 3 м. Корневая система – стержневая с мощным главным корнем до 1,5 м длиной. Надземная часть сильно опушена, имеет многочисленные ветви. Стеблевые листья очень крупные (до 40-80 см), черешковые, очередные, сердцевидно-яйцевидные, сверху - зеленые, малоопушенные, снизу – сероватые, войлочнопущенные. На первый год вегетации развиваются только листья, на второй - появляется прямостоячий, продольно-бороздчатый, вверху сильно ветвящийся красноватый мощный стебель, несущий корзинки, образующие щитковидно-кистевидные соцветия. Цветоложе корзинок плоское, мясистое, листья обертки многорядные, линейные. Цветки обоеполые, трубчатые, лиловые, с пятичленным венчиком. Цветет в июле – августе, плодоносит в сентябре-октябре. Плод – ребристая, продолговатая, сплюснутая семянка с коротким многорядным хохолком [46, 105].

Синантропный рудеральный вид, имеет большой ареал - умеренный климатический пояс Северной и Южной Америки, Евразии. Широко встречается на пустырях, на свалках, у дорог, на заброшенных территориях и нарушенных фитоценозах, богатых азотом. Хорошо растет в суглинистых, глинистых, песчаных, супесчаных почвах с pH близких к нейтральным. Морозостоек, засухоустойчив [52, 105].

Применяются в виде отваров (отпускаются в пачках, брикетах, фильтр-пакетах). Используются в таблетированных («Лопух большой и спираль-водоросль», «Полная очистка «Мульти-Херб»»), дражированных

(«Лопух обыкновенный») БАД, а также фиточаев различных производителей [150]. Используют внутрь в качестве желчегонного, потогонного, диуретического, противовоспалительного, противоопухолевого, иммуностимулирующего, антиоксидантного, гиполипидемического, гепатопротекторного, противодиабетического, ранозаживляющего средства, стимулирующего обмен веществ и детоксикацию организма; наружно – для лечения угревой сыпи, фурункулеза, экземы [91, 150].

Широкое применение обусловлено богатым химическим составом данного ЛРС, основу которого составляют полисахариды (до 35-45% инулина), слизи, простые сахара (от 3-4% до 30%), сесквитерпеноиды, фитостерины (ситостерин, стигмастерин), полиины (арктиналь и др.), жирные кислоты (0,4-0,8% с преобладанием полиненасыщенных (до 60%) – линолевой, линоленовой, пальмитиновой), фенолкарбоновые кислоты (0,9-1,3%, преобладают кофейная, изохлорогеновая, хлорогеновая), органические кислоты, кумарины, лигнаны (арктигенин, арктиин), флавоноиды (до 2,3%), эфирное масло (до 0,17%), аминокислоты (10 заменимых и 8 незаменимых с преобладанием аргинина (24,09%), пролина (20,21%) и серина (14,92 %)). Корни лопуха обыкновенного богаты витаминами (особенно В₆, В₅, В₉, В₄, С, Е, РР, К, каротиноиды), макро- (калий, фосфор, кальций, магний, сера) и микроэлементами (железо, марганец, цинк, медь, селен) [41, 45, 91, 131, 184].

Литературный обзор позволил выявить ряд эколого-гигиенических исследований, объектом которых становился лопух обыкновенный.

Кончиной Т.А. и Гузнищевой М.В. изучались семенная продуктивность лопуха обыкновенного в условиях различных с точки зрения антропогенного воздействия урбоценозов Нижегородской области. Выявлено, что листья лопуха большого, произрастающего на опытных участках меньше контрольных значений, а пыльца отличается сниженной фертильностью. При этом наибольшей прорастающей способностью и всхожестью обладают семена лопуха большого, заготовленного вдоль железнодорожных насыпей (80,3 % и 87,6% соответственно, что на 9,7 % и 8,7% больше контрольных значений). Данный факт может свидетельствовать о высоких адаптационных способностях данного вида к условиям высокого техногенного воздействия [96].

Комплексные исследования эколого-гигиенического состояния ЛРС агрофитоценозов Минской области республики Беларусь показали, что корни лопуха обыкновенного способны в токсичных для растения концентрациях накапливать хром (более 10 мг/кг), кобальт и цирконий [139].

Караевой И.Т. с соавторами на сравнены аккумулирующие способности ТМ подземными органами одуванчика лекарственного, лопуха обыкновенного, девясила высокого и выявлено, что корни лопуха в

наибольшем относительном количестве накапливают свинец, кадмий и медь, в наименьшем – марганец [81].

Васильевой Т.Н. на основе сравнительного анализа 8 растений показаны наиболее высокие ремедиаторные свойства лопуха обыкновенного в отношении свинца и кадмия, а также наличие жесткой корреляционной связи концентрации элементов в почве и ЛРС [16].

Кириенко Н.Н. с соавторами указывает на значительное превышение ПДК свинца (в 5,4 раза) и кадмия (в 2,4 раза) в корнях растения, заготовленных вблизи автомобильных трасс Красноярского края, а также на высокие темпы накопления из почв меди, в концентрациях в 2,3-2,5 превышающих их содержание в грунте [86].

Игамбердиева П.К. с соавторами, исследуя минеральный комплекс ЛРС на примере более 40 видов растений Южной Ферганы республики Узбекистан, указывает на высокое накопление в корнях лопуха меди, хрома и железа [69].

Сапегин Л.М. с соавторами, оценивая радионуклидное загрязнение растений естественных фитоценозов пограничных с Брянской областью районов Гомельской области, выявили низкий уровень аккумуляции цезия-137 в листьях лопуха обыкновенного (коэффициенты накопления варьировали от 0,03 до 0,09) при достаточно высоком уровне аккумуляции из почв стронция-90 (коэффициенты накопления от 1,04 до 2,21) [147].

Исследования Колчанова Р.А с соавторами по сравнительному анализу накопления цезия-137 в растениях Белгородской области, проводимые на примере 31 вида, показали относительно низкую аккумулирующую способность корней лопуха обыкновенного в отношении данного радионуклида (от 15 Бк/кг до 90 Бк/кг) [93, 94].

1.2. Загрязнение почв и лекарственного растительного сырья радионуклидами

Лекарственное растительное сырье и фитопрепараты не являются значительными источниками поступления РН в организм человека. При этом, учитывать особенности аккумуляции в растительном сырье РН необходимо, так как некоторые лекарственные растения способны проявлять способность к накоплению данных загрязнителей, как искусственного (например, стронций-90, цезия-137), так и природного происхождения (например, калий-40, радий-226, торий-232), которые активно мигрируют по цепочке «почва → лекарственное растительное сырье → лекарственный препарат → человек» [17, 29, 46, 51, 52].

Известно, что источником поступления в окружающую среду искусственных РН являются, как правило, атомные электростанции, хранилища радиоактивных отходов, а также предприятия по их переработке, так как, преимущественно все они являются продуктом распада урановых ядер [17]. Естественные радионуклиды присутствуют в том или ином количестве во всех объектах природы, не связаны с деятельностью человека и техногенными катастрофами и распределены на планете относительно равномерно.

Особенностью радиоактивных загрязнителей является то, что они не изменяют уровень плодородия почв, но активно накапливаются в растениях и передаются по трофическим цепям. Почвы Воронежской области преимущественно представлены черноземами, которые отличаются высоким содержанием гумуса, глины, ила и других органических веществ, что обуславливает большую ёмкость поглощения РН и их прочную сорбцию. Поэтому содержание радиоактивных элементов в черноземных почвах всегда относительно более высокое, чем, к примеру, в подзолистых, серых лесных и красноземных. Кроме того, на интенсивность сорбции РН почвой влияют ее дисперсность. С уменьшением размера частиц почвы сорбция ими РН повышается, у песчаной фракции почвы сорбционная поверхность минимальна, у илистой – максимальна. Также важным фактором является кислотность почвы: чем выше рН среды, тем прочнее фиксация РН в почве. Так, закисленные почвы менее прочно сорбируют радионуклиды, они более подвержены миграции в глубокие слои почвы и в биологические цепи путем всасывания и усвоения растениям, чем почвы с нейтральной или щелочной реакцией. При этом, прочность удержания на частицах грунта для стронция-90 значительно ниже, чем для цезия-137. Стронций-90 преимущественно поглощается почвой по механизму ионного обмена с кальцием. Цезий-137 при поглощении почвой изоморфно замещает калий в кристаллических решётках глинистых частицах. Оба искусственных радионуклида поглощаются почвой прочнее и активнее, чем их стабильные неизотопные аналоги (кальций и калий), при этом цезий-137 связывается в 10-20 раз прочнее, чем стронций-90 [8, 9].

Аккумуляция РН растениями из верхних слоев почв зависит от их содержания в почве, видовых особенностей растения, его фенологической фазы, климатических условий, от свойств почв (гранулометрический состав, рН, содержание органических веществ и др.), концентрации и формы нахождения изотопа в прикорневом слое почвы, присутствия близких по химическим свойствам элементов и других факторов. Коэф-

коэффициенты перехода РН в растения уменьшаются с повышением катионной ёмкости почвы, содержания в ней гумуса, минеральных веществ, а также при снижении кислотности почвенного раствора. Наибольшие коэффициенты перехода РН отмечены для минеральных почв лёгкого гранулометрического состава, а наименьшие – для плодородных глинистых почв (чернозёмные, серые лесные, дерново-подзолистые). На поведение каждого радионуклида в системе «почва → растение» влияет содержание его аналога-носителя: для цезия-137 – стабильные калий и цезий, для стронция-90 – стабильные кальций и стронций. Увеличение содержания в почве носителя вызывает уменьшение перехода изотопа в растение. Так, при увеличении содержания глины и ила в почве, повышается концентрация вторичных минералов, определяющих ёмкость почвы, повышается сорбция РН и снижается их поступление в корневую систему растительного организма. Чем сильнее связь радиоизотопа в почве, тем меньшее его количество переходит в растение. Так, овёс, выращиваемый в песчаной почве, накапливает стронций-90 в несколько раз эффективнее (10% от содержания в почвенном субстрате), чем овёс, произраставший на суглинке (менее 1%), а известкование кислых супесчаных почв, внесение в них фосфорных удобрений в 3 раза уменьшает содержание стронция-90 в произрастающих на них растениях. Повышение влажности почвы увеличивает переход радиоактивных изотопов в растения. Увеличение кислотности почвы также увеличивает биологическую доступность РН. Повышение доли органического вещества в почвах снижает поступление РН в растения через корневую систему. Так, при увеличении концентрации органических веществ в почве с 1% до 3% переход РН в растения снижается в 2 раза [118, 119, 123].

Также известно, что способность растений аккумулировать в себе радионуклиды тесно коррелирует с величиной естественного радиационного фона местности произрастания, что связано с длительной эволюционной составляющей. Накопительная способность в отношении радиоактивных изотопов максимальна в районах развития гранитоидов, фосфоритов, урановых провинциях и особенно в гумидных зонах [60, 115].

Радиоактивные элементы в зависимости от свойств проникают в наземные части или же задерживаются в корневой системе растительных организмов. Искусственные радионуклиды - цезий-137 и стронций-90 - легко поступают через корневую систему растения во все его части. Распределение данных изотопов в разных частях растений, как правило, отличается: максимальная концентрация изотопов отмечается в стеблях, листьях и корнях, несколько меньше – в соцветиях, и минимальная аккумуляция отмечается в плодах и семенах. Исключение составляет цезий-137,

УА которого в семенах доходит до 10% от его удельной активности в надземной части растения. Больше активность РН выявляется в многолетних луговых травах, меньше - в однолетних растениях. Аккумуляция радиоактивных изотопов зависит от его анатомического строения и площади поверхности растения. Например, строение соцветия у пшеницы способствует удержанию выпадающих РН в виде мельчайших аэрозолей. В лесных массивах больше всего аккумулируют радионуклиды хвойные деревья, что можно объяснить медленной сменой хвои. Лиственные деревья каждый год сбрасывают свой покров, что способствует меньшей степени накопления в них радиоактивных изотопов [60, 61, 68].

Для РН, поступающих из почв в растение путем всасывания через корни, характерно неравномерное распределение в растительном организме: стронций-90 аккумулируется в надземных частях растений, цезий-137 распределяется более равномерно. В ходе вегетации абсолютное количество РН в растениях возрастает.

В настоящее время известно 40 радиоактивных изотопов цезия, наиболее опасными из которых являются цезий-137 и цезий-134, поступающие в биосферу как продукты распада более тяжелых ядер в результате техногенных катастроф. Оба изотопа представляют собой экологогигиеническую опасность, однако, значительные различия в периоде полураспада (у цезия-137 - 30 лет, у цезия-134 - 2 года) привели к тому, что вкладом цезия-134 в общую радиоактивность пренебрегают. Действующая на сегодняшний момент нормативная документация регламентирует содержание только цезия-137 [8, 9, 26]. Цезий-137 относится к β -излучающим радионуклидам. Цезий относится к щелочным металлам, обладающим низкой способностью к комплексообразованию. Количество цезия-137, поступающего в растения через корневую систему, имеет отрицательную корреляционную связь с количеством осадков за вегетационный период растения, а также с запасами влаги в верхних слоях почвы. В зависимости от уровня увлажнения величина перехода РН в растительность может варьировать в 500 раз. На накопление цезия-137 из почвы существенное влияние оказывает также температура воздуха, особенно в летние месяцы. Максимальная аккумуляция цезия-137 в травянистых растениях отмечается в лесных биоценозах, что связано с высокой способностью РН к миграции в лесных почвах. Аккумуляция цезия-137 мхами и лишайниками выше, чем высшими, особенно травянистыми, растениями. Высокая степень миграции цезия-137 из почвы в лекарственные растения наблюдается в относительно более бедных почвенных грунтах, а также в условиях обильного почвенного увлажнения. На сильно увлажнённых песчаных почвах переход цезия-137 макси-

мальный. По активности накопления цезия-137 растения и грибы располагаются в следующем ряду возрастания: древесные растения → травы и кустарники → мхи и лишайники → грибы. Коэффициент поглощения цезия-137 растениями варьируется в диапазоне от 0,01 до 1,0. При увеличении времени пребывания цезия-137 в почве активизируется «старение» радиоизотопа - переход значительной его части в необменное состояние, в связи с чем его доступность для растений снижается. Динамика уменьшения миграционной активности цезия-137 в разных почвах может сильно изменяться и достигать 10-кратного значения по сравнению с исходным. Содержание цезия-137 в верхних слоях почвы (0-10 см) в постоянно течение многих лет [59, 76, 136, 152, 160, 185].

Для стронция идентифицировано более 20 РН, однако, периоды полураспада большинства из них менее 10-12 ч. Стронций-90 является самых долгоживущим радиоактивным изотопом элемента, относится к β -излучателям с периодом полураспада 29 лет [9, 185]. Среди лекарственного растительного сырья выявлены виды, обладающие наибольшей способностью к накоплению стронция-90: кора крушины ольховидной, кора дуба, корни аралии маньчжурской, корневища с корнями валерианы лекарственной, корневища бадана толстолистного, корневища с корнями синюхи голубой, корни солодки, листья толокнянки обыкновенной, листья брусники обыкновенной, листья дурмана обыкновенного, листья каланхоэ перистого, листья ортосифона тычиночного, листья шалфея лекарственного, листья эвкалипта прутовидного. Стронций-90 накапливается в растениях преимущественно внутриклеточно и обладает высокой способностью к образованию комплексов. Переход стронция-90 из лекарственного растительного сырья в настои и отвары составляет от 5 до 9%. Поглощение корневой системой из почвы – основной источник поступления в растения стронция-90. Всасывание радиоизотопа наиболее активно из почв с низкой концентрацией кальция. На всасывание стронция-90 также оказывает влияние концентрация глины и гумуса в почве, содержание электролитов, pH, влагосодержание. Наиболее активно переход в растения стронция-90 происходит из дерново-подзолистых почв, меньше из серозёмов и каштановых тёмных карбонатных почв. Для динамики удельной активности стронция-90 характерно увеличение всасывания до определенного уровня, после чего отмечается стабилизация его содержания в растениях (плато концентрации), а затем снижение его активности из-за радиоактивного распада, а также связывания в почве. Самым большим содержанием стронция-90 отличаются вегетативные органы растений (10-100 раз больше, чем в зерне и клубнях). В миграции стронция-90 важнейшее значение имеет

лесные биогеоценозы. Задержанные поверхностью хвои, листьев радиоизотопы попадают на поверхность почвы. В лиственных подстилках УА стронция-90 уменьшается от верхнего слоя к нижнему, а в хвойных отмечается накопление радиоизотопа именно в нижней части подстилки. Стронций-90 проявляет значительную миграционную способность и характеризуется высокими коэффициентами накопления во всех компонентах экосистем. По активности накопления стронция-90 растения и грибы располагаются в следующем ряду возрастания: грибы → мхи и лишайники → травы и кустарники → древесные растения. Если для цезия-137 наиболее высокая аккумуляция (до 50% его содержания в биогеоценозе) может отмечаться в грибах, то для стронция-90 – в древесных растениях (до 20%), значительно меньше в кустарниках и травах, а в мхах практически незначимо (0,2% и менее) [115, 118, 119].

Предельно допустимая УА природных РН не нормируется, вероятно, в силу значительных периодов полураспада (радий-226 - 1602 года, калий-40 - $1,3 \cdot 10^9$ лет, торий-232 - $1,405 \cdot 10^{10}$ лет). Однако в силу повсеместного распространения данных естественных РН, а также активного перемещения по биологическим цепям питания, они создают так называемый «естественный радиационный фон», который в зависимости от географического положения может значительно меняться и составлять большую долю общего радиационного фона [9, 58].

Калий играет важную роль в белковом и углеводном обменах. Калий-40 по отношению к стабильному калию-39 относительно равномерно рассеян в земной коре, его доля составляет около 0,01171% от общего содержания калия в биосфере. Относится к β^- -излучателям (89,3%). Концентрация калия вообще, и калия-40 в частности, в почве зависит от ее минерального состава. Калий может находиться в почве в четырёх видах: активный, обменный, сильно связанный и кристаллический. Легкие минеральные почвы (песчаные и супесчаные), характеризующиеся малой концентрацией органических веществ, содержат небольшое количество калия, который легко усваивается растениями. Наибольшим содержанием калия характеризуются тяжёлые органические почвы (глинозёмы и чернозёмы), где элемент находится в труднорастворимых соединениях и в низкой степени всасывается корневой системой растений (до 1%). Обычно калий-40 накапливается в гумусовом горизонте. По накопительной способности к калию-40 почв можно выстроить следующий ряд возрастания: супесь - лёгкий суглинок - тяжёлый суглинок - почвы берегов замкнутых водоёмов. Концентрация суммы изотопов калия составляет в растениях от 0,1% до 3%, что соответствует значениям удельной активности калия-40 от 30 до 900 Бк/кг. Накопление калия-40

преимущественно определяется биологическими особенностями растений. Калий составляет основу катионов клеточного сока и накапливается в молодых тканях с высоким уровнем обмена веществ. Калий вообще и калий-40, в частности, в растительных организмах, как правило, концентрируется, в паренхиматозных тканях, в сетчатых трубках, в точках роста, а также во вторичных тканях (коре, древесине). В травянистых растениях калий-40 аккумулируется в молодых листьях, при этом на свету прочность связывания изотопа в растительных клетках значительно выше, чем в темноте. Наибольшая УА калия-40 фиксируется в клюкве, грибах [77, 89, 136, 152, 153].

Торий-232 является наиболее долгоживущим изотопом данного элемента с периодом полураспада $1,41 \cdot 10^{10}$ лет, у остальных изотопов периоды полураспада менее 5 дней, относится к α -излучателям. Торий-232 мало способен к миграции в биосфере. Торий-232 эффективно поглощается тонкодисперсными фракциями глинистых минералов и гуминовой кислоты. Известно, что содержание тория-232 во всех почвах, особенно в подзолистых и серых лесных, значительно выше, чем в горных породах, за счёт которых образовались эти почвы. Осаждению радионуклида препятствует его комплексообразование с фтор-, сульфат-, фосфат-, хлорид-, нитрат-, карбонат-ионами, в форме координационных соединений с которыми он хорошо мигрирует. В грунтовых водах высокое содержание органических веществ и низкое pH способствует поглощению тория почвами. При возрастании концентрации элемента степень его поглощения почвой увеличивается. Максимальная сорбция тория-232 отмечена в нейтральных и слабощелочных средах, минимальная - в кислых. Торий не имеет значительной биологической роли, хотя постоянно присутствует в тканях растительных и животных организмов. Коэффициенты накопления тория-232 из верхних слоев почв варьируют в широких диапазонах – от 0,01 до 10,0 и более (чаще менее 1,0). Аккумуляция тория-232 растениями зависит от содержания гумуса в почве, а также от концентрации вторичных минералов (в частности, калия), определяющих ёмкость почвы и повышающих сорбцию pH, что способствует снижению поступления радиоиотопа в корневую систему растительного организма. Наибольшая аккумуляция тория-232 растениями отмечена из песчаных почв, несколько меньше – из сероземных, а наименьшее накопление выявлено из черноземных и болотных почв. Наилучшими аккумуляторами тория-232, находящегося в верхних слоях почвы, являются черника, вереск и лишайники. Хорошо накапливают торий-232 сахарная свекла, картофель, горох, помидоры, огурцы, капуста. Из культурных растений наименьшее накопление тория-232 отмечено в рисе, пшенице, хлопке [8, 9, 58, 114, 123].

Период полураспада радия-226 составляет порядка 1600 лет, относится к α -излучателям. Радий-226 в почвах мигрирует мало. Данный изотоп образует устойчивые комплексы в нейтральных почвах и увеличивает свою подвижность в кислой среде. В среднем 40% радия-226 в почвах находится в подвижной форме, около 60% - в связанной. Максимальная сорбция отмечена в илистых почвах. Доказано, что внесение калиевых и фосфорных удобрений повышает содержание радия-226. Содержание данного радионуклида в почве взаимосвязано с содержанием органического вещества, глинистых минералов, гидроксидов марганца, железа, алюминия. В чернозёмных почвах радий-226 накапливается, соосаждаясь с сульфатами и карбонатами щелочноземельных металлов, таких, как кальций и барий. УА радия-226 в почвах лесных биогеоценозов больше, чем в луговых почвах. Радий-226 концентрируется преимущественно в молодых частях растений, в том числе в листьях и цветках, но у некоторых видов – в корнях. Накопление радия-226 в растениях также значительно снижается с увеличением гумуса в верхних слоях почв. Так, для тундры и тайги оно значительно выше, чем для чернозёмных лесостепных районов. В корнях и листьях травянистых растений радий-226 аккумулируется больше, чем в стеблях и органах размножения, при этом больше всего радия-226 накапливается в коре и древесине. Коэффициент накопления радия-226 в растениях может варьировать от 0,1 до 10 (чаще, близкий к 1,0) и имеет особенности аккумуляции, сходные с другими щелочноземельными элементами. У растений нет биологических барьеров к накоплению радия-226 и его УА в них может превышать почвенную в десятки раз. Также есть данные, что концентрация радия-226 в растениях мало зависит от содержания его в верхних слоях почв, так как концентрация данного радиоизотопа в растительных организмах является постоянной видовой характеристикой, вне зависимости от территории произрастания и особенностей почв [8, 9, 58, 144, 149, 197].

Таким образом, учитывая значительное, ежегодно возрастающее загрязнение объектов окружающей среды и живой природы РН, необходима комплексная оценка эколого-гигиенического состояния ЛРС Воронежской области, как в традиционных местах заготовки сырья, так и в районах промышленно-хозяйственного значения с целью уточнения допустимых зон заготовки, а также изучения особенностей накопления РН в разных видах ЛРС.

2. Объекты и методы исследований

Объекты исследования

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, обладающие значительными сырьевыми ресурсами на территории Воронежской области [11, 46, 52]. 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) [21, 46, 51, 52, 70, 107, 116]: химические предприятия: ОАО «Воронежсинтезкаучук», ОАО «Минудобрения», ООО «БорМаш»; ТЭЦ-1 «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, Острогожский, 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.

1. Воронежский государственный природный биосферный заповедник им. В.М. Пескова. Территория заповедника расположена на границе Воронежской (Верхнехавский район) и Липецкой (Усманский район) областей и занимает северную половину островного лесного массива – Усманского бора. Географические координаты находятся в пределах 51°52' - 52°02' северной широты и 39°21' - 39°47' восточной долготы. Расстояние до г. Воронеж – 40 км, до г. Липецк – 100 км. На заповедной территории исключена хозяйственная деятельность человека в целях сохранения природных комплексов, охраны видов животных и растений, а также слежения за природными процессами. На территории заповедника преобладают дерновые лесные почвы. Заповедник находится в лесной зоне. Лес преимущественно сосновый с примесью дуба, но встречаются также и чистые дубравы [168, 180].

2. Хопёрский государственный природный заповедник. Расположен заповедник 51°11' - 51°22' северной широты и 41°43' - 41°48' во-

сточной долготы. Находится на территории Новохоперского, Поворинского и Грибановского административных районов Воронежской области, в долине реки Хопёр. Общая площадь 16,2 тыс. га. На территории заповедника исключена также хозяйственная деятельность. Почвы преимущественно пойменно-лесные серые глееватые. Преобладают пойменные и нагорные дубравы (более 80%), меньше - степей и лугов. Видовой состав флоры - около 1200 видов [190]

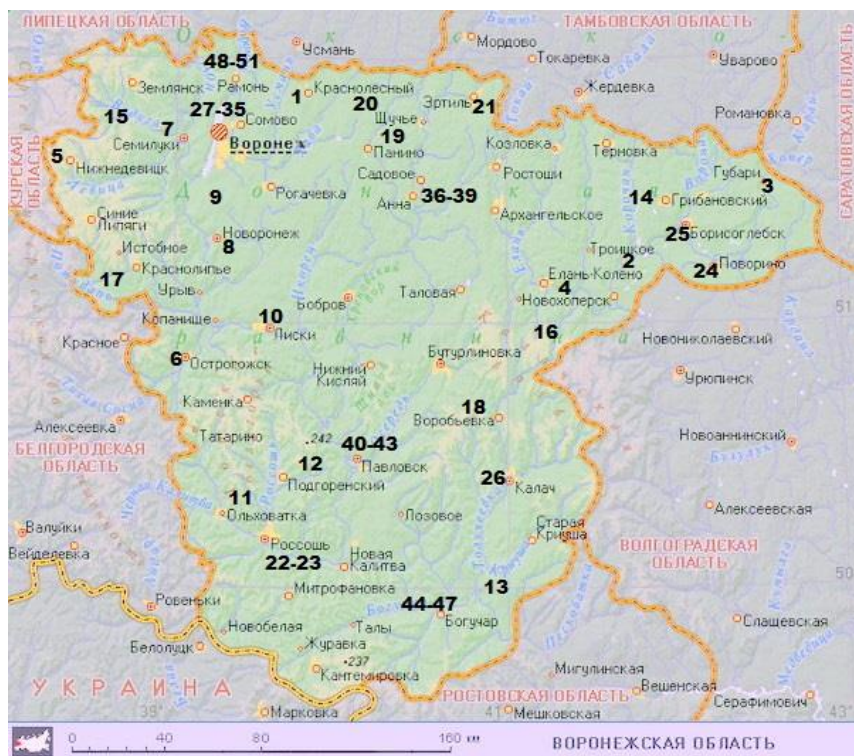


Рис. 1. Карта отбора образцов ВСП и ЛРС
(расшифровка и описание мест отбора образцов приведены ниже)

3. *Теллермановский лес (Борисоглебский район).* Является частью Борисоглебского лесного массива, естественный биогеноценоз. Лес расположен 51°23' северной широты и 42°58' восточной долготы, вдали от крупных транспортных магистралей, промышленных предприятий, в восточной части Воронежской области, имеет площадь 39 500 гектар. Большая часть территории Теллермановского леса находится на высо-

ких правых берегах рек Хопёр и его притока Вороны. Почвы преимущественно темно-серые лесные. Теллермановские леса представлены дубравами и дубово-ясеневыми лесами с высокой продуктивностью [168].

4. с. *Елань-Колено* - село в Новохопёрском районе Воронежской области, расположено 51°09' северной широты и 41°13' восточной долготы. Село находится на берегах реки Елань, к востоку от посёлка городского типа Елань-Коленовский. Население, по данным на 2011 год, составляет 4 669 человек. На территории района располагается медно-никелевое месторождение, которое оказывает существенное влияние на ряд геохимических показателей компонентов окружающей среды. Почвы аллювиальные засоленные с склонностью к аккумуляции различным элементов, в том числе ТМ. Проблема загрязнения окружающей среды в районе осложнилась в 2013 году. В 2013–2016 годах Уральская горно-металлургическая компания, намеренная развернуть добычу никеля, провела вторую геологоразведку. Елkinsкое медно-никелевое месторождение – важнейшее из разрабатываемых – расположено в 1 км от с. Елань-Колено. С 2014 года жители Новохопёрского района стали жаловаться на качество питьевой воды, 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 Новохопёрском 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 [33, 34, 46, 51, 107].

5. с. *Нижнедевицк* - административный центр Нижнедевицкого района Воронежской области, расположен 51°32' северной широты и 38°22' восточной долготы. Население, по данным на 2016 год, составляет 5656 человек. 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) [116, 178, 199].

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 32601 человек. Преобладающие почвы – черноземы солонцеватые. Город расположен в лесостепной природной зоне. В городе развита промышленность. Среди основных предприятий города – кожевенный завод, предприятия пищевой промышленности (хлебозавод, мясокомбинат, завод по производству солода). Относится к одному из самых западных городов Воронежского региона. Относится к районам, подвергшимся значительному радионуклидному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Важнейшее значение в экономике района занимает 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 [116, 178, 199].

7. *г. Семилуки* – административный центр Семилукского района Воронежской области, расположен 51°41' северной широты и 39°02' восточной долготы. Образует муниципальное образование городское поселение город Семилуки. Население, по данным на 2018 год, составляет 26732 человек. Через Семилуки проходит железная дорога «Воронеж-Курск», а также автомобильная дорога, соединяющая в объезд г. Воронежа трассы М4 и А144. Относится к одному из самых западных городов Воронежского региона. Преобладающие почвы – черноземы солонцеватые. Город расположен в лесостепной природной зоне. В районе развита промышленность, функционирует более 50 промышленных предприятий. Среди крупнейших предприятий можно выделить ОАО «Семилукский огнеупорный завод», АО «Латненское огнеупорное производство», АО «Семилукский завод бытовой химии», АО «Землянское ремонтно-техническое предприятие». Также имеются пищевые комбинаты, фабрика мебельных фасадов и комбинат по выпуску картона. Относится к районам, подвергшимся значительному радионуклидному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС [116, 178, 199].

8. *г. Нововоронеж* образует административно-территориальную единицу и муниципальное образование городской округ город Нововоронеж с единственным населённым пунктом в его составе. Расположен

51°19' северной широты и 39°13' восточной долготы. Население, по данным на 2018 год, составляет 31503 человек. В структуре почв преобладают черноземы выщелочные. Расположен на левом берегу реки Дон 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. Первая в РФ АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами корпусного типа с обычной водой под давлением. 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». Каждый реактор станции является головным прототипом серийных энергетических реакторов. 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. Отработавшее ядерное топливо в виде тепловыделяющих сборок на каждом энергоблоке хранится в бассейне выдержки не менее трёх лет [158, 199, 201].

9. ВЛЭ. Для отбора образцов ВСП и ЛРС был выбран участок под ВЛЭ, расположенный на расстоянии 25 км от Нововоронежской АЭС в Каширском районе (51°45' северной широты и 39°27' восточной долготы). В структуре почв исследуемой территории преобладают черноземы выщелочные. Природная лесостепная зона изучаемого района перемежается с большим количеством сельскохозяйственных полей, на которых возделываются подсолнечник, рожь и другие культуры. 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 (проводок). 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. Проведенные в специальной камере с напряженностью от 0 до 50 кВ/м опыты выявили небольшое повреждение ткани листьев при экспозиции от 20 до 50 кВ/м, зависящее от структуры листа и содержания в нем воды. Омертвление отмечали через 1-2 ч преимущественно в тонких листьях с острыми краями, а плотные округлые листья остались неповрежденными при напряженности 50 кВ/м. Поражение тканей происходило, когда напряженность электрического поля становилась достаточно высокой и вызывала коронирование. В таком случае через острый край листа протекал электрический ток коронарного разряда, а тепловая энергия, выделяемая при сопротивлении ткани листа, вызывала гибель клеток, относительно быстро теряющих воду и высыхающих [12, 22, 39, 130, 148, 171].

10. Лискинский район - муниципальное образование на западе Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 99427 человек. Преобладающие почвы – черноземы обыкновенные. Район расположен в лесостепной природной зоне. В районе развита промышленность, которая представлена 15 крупными и средними предприятиями, из них – 11 предприятий обрабатывающих производств. При этом ведущая отрасль экономики района – сельское хозяйство. Сельскохозяйственные угодья составляют 149,6 тыс. га. Сельхозпроизводством в Лискинском районе занимаются 14 крупных сельскохозяйственных предприятий. В Лискинском районе 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 содержания пестицидов. Точка отбора образцов сырья и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (50°59' северной широты и 39°29' восточной долготы) [116, 178, 199].

11. Ольховатский район - муниципальное образование на юго-западе Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 22711 человек. Почвы района представлены черноземами обыкновенными. Район расположен в степной природной зоне. В Ольховатском районе 54 населённых пункта. Промышленность района представлена 9 предприятиями, преимущественно по переработке сельскохозяйственной продукции, а также по производству лакокрасочных материалов. Сельскохозяйственная отрасль района представлена 6 мощ-

ными сельскохозяйственными предприятиями, а также 109 фермерскими хозяйствами. В Ольховатском районе на протяжении последнего десятилетия фиксируется высокий уровень химизации в сельском хозяйстве (до 30 кг/га). Точка отбора образцов сырья и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (50°16' северной широты и 39°17' восточной долготы) [116, 178, 199].

12. *Подгоренский район* - муниципальное образование на юго-западе Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 24289 человек. Почвы района представлены преимущественно черноземами обыкновенными. Район расположен в степной природной зоне. В Подгоренском районе 16 населённых пунктов. Основной экономической образующей районного центра (п.г.т. Подгоренский) является завод «Евроцемент-групп» по производству цемента. Основная экономическая сфера деятельности в районе – сельское хозяйство. Агропромышленный комплекс Подгоренского муниципального района представлен 13 сельскохозяйственными предприятиями, 6 подсобными хозяйствами, 54 фермерскими хозяйствами. В Подгоренском районе отмечен высокий уровень химизации в сельском хозяйстве (до 30 кг/га). Точка отбора образцов сырья и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (50°24' северной широты и 39°40' восточной долготы) [116, 178, 199].

13. *Петропавловский район* - муниципальное образование на юго-востоке Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 17152 человек. Почвы района представлены преимущественно черноземами обыкновенными, меньше – каштановыми почвами. Район расположен в степной природной зоне, включает 28 населённых пунктов. Основная сфера экономики района – сельское хозяйство, главной отраслью которого является растениеводство. В состав агропромышленного комплекса района входят: 20 сельхозпредприятий, 240 крестьянских фермерских хозяйств. Общая площадь сельхозугодий составляет 129 263 га. Для Петропавловского района характерен высокий уровень химизации в сельском хозяйстве (до 30 кг/га). Точка отбора образцов сырья и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (50°05' северной широты и 40°53' восточной долготы) [116, 178, 199].

14. *Грибановский район* - муниципальное образование на северо-востоке Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 30102 человек. Почвы района представлены преимущественно черноземами солонцеватыми. Район расположен в лесостепной природной зоне с преобладанием дубрав. Район включает 44 населённых пункта. Основная сфера экономики района – сельское хозяйство, главной отраслью которого является растениеводство. Площадь пашни

насчитывает 110 тыс. гектар. Аграрно-промышленный комплекс района включает 14 крупных сельскохозяйственных предприятий и 104 фермерских хозяйств. Большая часть предприятий специализируется на производстве зерна, сахарной свёклы, подсолнечника. Для Грибановского района характерен высокий уровень химизации в сельском хозяйстве (до 30 кг/га). Точка отбора образцов сырья и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (51°27' северной широты и 41°57' восточной долготы) [116, 178, 199].

15. *Хохольский район* - муниципальное образование на северо-западе Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 29766 человек. Почвы района представлены преимущественно черноземами обыкновенными. Район расположен в лесостепной природной зоне. Район включает 36 населённых пунктов. Основная сфера экономики района – сельское хозяйство, главной отраслью которого является растениеводство. Аграрное производство района насчитывает 21 сельскохозяйственное предприятие и 27 фермерских хозяйств. Площадь сельскохозяйственных угодий – 107 000 га, из них пашни – 79 000 га. Для Хохольского района отмечается высокий уровень химизации в сельском хозяйстве (до 30 кг/га). Точка отбора образцов сырья и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (51°33' северной широты и 38°46' восточной долготы) [116, 178, 199].

16. *Новохоперский район* - муниципальное образование на востоке Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 37953 человека. Почвы района представлены преимущественно черноземами обыкновенными, иногда встречаются аллювиальные засоленные. Район расположен в лесостепной природной зоне с преобладанием дубрав. Район включает 67 населённых пунктов. Основная сфера экономики района – 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 сырья и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (51°06' северной широты и 41°38' восточной долготы) [116, 178, 199].

17. *Репьевский район* - муниципальное образование на западе Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 15680 человека. Почвы района представлены черноземами обыкновенными. Район расположен в лесостепной природной зоне с небольшими лесными массивами среди луговой степи. Район включает 42

населённых пунктов. В структуре экономики Репьевского района преобладает сельскохозяйственный сектор, на долю которого приходится 64,4%. Сельскохозяйственное производство района представлено 11 предприятиями, 20 крестьянско-фермерскими хозяйствами. Площадь сельскохозяйственных угодий 79 000 га, из них 55 000 га - пашни. Для Репьевского района на протяжении многих лет отмечается высокий уровень химизации в сельском хозяйстве (до 30 кг/га). Точка отбора образцов сырья и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (51°04' северной широты и 38°38' восточной долготы) [116, 178, 199].

18. *Воробьевский район* - муниципальное образование на юго-востоке Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 16016 человек. Почвы района представлены черноземами обыкновенными. Район расположен в степной природной зоне, включает 29 населённых пунктов. Район относится к числу аграрных, насчитывает 16 сельскохозяйственных предприятий и 36 крестьянско-фермерских хозяйств. 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 (до 30 кг/га). Точка отбора образцов ЛРС и ВСП расположена по краю сельскохозяйственного угодья (50°39' северной широты и 40°56' восточной долготы) [116, 178, 199].

19. *Панинский район* - муниципальное образование на севере Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 25488 человек. Почвы района представлены черноземами обыкновенными. Район расположен в лесостепной природной зоне. Территория района относится к малолесным. Панинский район включает 81 населённый пункт. Район относится к числу аграрных. Производством сельскохозяйственной продукции занимаются 159 предприятий, из них: 12 крупных и 147 фермерских хозяйств. В районе выращивают: зерновые культуры, сахарную свёклу, подсолнечник. В структуре земель Панинского района наибольшую долю занимают земли сельхоз назначения (87,9%) – 123 тысячи гектар. Для Панинского района также характерен высокий уровень химизации в сельском хозяйстве (до 30 кг/га). Точка отбора образцов сырья и ВСП была выбрана по краю сельскохозяйственного угодья (51°39' северной широты и 40°07' восточной долготы) [116, 178, 199].

20. *Верхнехавский район* - муниципальное образование на севере Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 24034 человека. Почвы района представлены преимуще-

ственно черноземами обыкновенными. Район расположен в лесостепной природной зоне. Территория района относится к лесным. Верхнехавский район включает 61 населённый пункт. Промышленный потенциал района представлен, 3 крупными промышленными предприятиями (ООО «Воронежский завод растительных масел», ООО «Аквилон», Предприятия группы компании «ЕвроТехМет» (ООО «Граикс»)). При этом сельское хозяйство является важнейшей отраслью экономики Верхнехавского района, определяющей его специализацию в территориальном разделении труда Воронежской области. Земли сельскохозяйственного назначения составляют 75,6% территории района. В структуре сельскохозяйственных угодий, наибольший удельный вес занимают пашни (85%), на долю пастбищ приходится 8%, сенокосов – 3%, многолетних насаждений – 1%. Для Верхнехавского района также характерен высокий уровень химизации в сельском хозяйстве (до 30 кг/га). Точка отбора образцов сырья и ВСП была выбрана по краю сельскохозяйственного угодья (51°39' северной широты и 40°07' восточной долготы) [116, 178, 199].

21. *Эртильский район* - муниципальное образование на северо-востоке Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 22756 человек. Почвы района представлены черноземами обыкновенными. Район расположен в лесостепной природной зоне. Территория района относится к малолесным. Эртильский район включает 63 населённых пункта. Промышленность района представлена 4 основными предприятиями (ОАО «Эртильский литейно-механический завод» и ОАО «Эртильский опытный механический завод» выпускают оборудование и запчасти для АПК и перерабатывающей промышленности, ОАО «Комбинат молочных продуктов «Эртильский» и ООО «Эртильский сахар» перерабатывает продукцию АПК). При этом сельское хозяйство является важнейшей отраслью экономики Эртильского района. Сельхозугодия занимают площадь 132 тысячи гектар, из них пашни – 102 тысячи гектар. Производством сельхозпродукции занимаются 154 предприятия, из них 135 - фермерские хозяйства. Для Эртильского района также характерен низкий уровень химизации в сельском хозяйстве (до 8-10 кг/га). Точка отбора образцов сырья и ВСП была выбрана по краю сельскохозяйственного угодья (51°50' северной широты и 40°49' восточной долготы) [116, 178, 199].

22. *Россошанский район* - муниципальное образование на юго-западе Воронежской области. Население района, по данным на 2018 год, составляет 92924 человек. Почва представлена преимущественно черноземами обыкновенными. Район расположен в степной природной зоне с

преобладанием кустарниково-травянистой растительности. Россошанский район - крупный промышленный центр. Основные промышленные предприятия преимущественно расположены в городе Россошь и его окрестностях: Химический завод (ОАО «Минудобрения»), ООО «Придонхимстрой – известь», ООО «Росагропром», также имеются завод технооснастки и кирпичный завод, мясной, молочный, пищевой комбинаты, маслодельный завод и локомотивное депо «Россошь» Юго-Восточной железной дороги. При этом важнейшей отраслью экономики Россошанского района является сельское хозяйство с преобладанием растениеводства, отличительной особенностью которого является высокий уровень химизации (до 30 кг/га). В Россошанском районе функционируют 84 сельскохозяйственных предприятия, 236 фермерских хозяйств. Точка отбора образцов сырья и ВСП была выбрана по краю сельскохозяйственного угодья (50°11' северной широты и 39°36' восточной долготы) [116, 178, 199].

23. *ОАО «Минудобрения»* - крупное предприятие химической промышленности РФ, 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.) [1].

24. *ООО «Бормаши»* - 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. Производственные площади составляют 5500 м², отрытые площадки - 40 000 м², более 250 единиц станочного оборудования. 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. [133].

25. *Улица г. Борисоглебск* - третий по площади и социально-экономическому значению в Воронежской области. Расположен 51°22' северной широты и 42°05' восточной долготы на левом берегу р. Ворона. Суммарный коэффициент загрязнения воздуха в районе выше среднего по области показателя почти в 2 раза. Из почв преобладают черноземы типичные. Город находится в лесостепной природной зоне с преобладанием дубрав. 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 население около 62 тысяч человек количество единиц автотранспорта превышает 20 тысяч. К объектам повышенного экологического контроля относятся также существующая свалка ТБО, несанкционированные свалки мусора [116, 199].

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 18834 человека. Из почв преобладают черноземы обыкновенные. Зональные ландшафты Калачеевского района представлены лесостепью и степью. Граница проходит по линии: река Черная Калитва – г. Калач. Северные районы – лесостепь, южные - степные. Калач - крупный центр легкой промышленности области, здесь расположены сахарный завод, пищевой комбинат, комбинат мясной, завод по производству сыра, комбинат хлебопродуктов, завод стройматериалов, авторемонтные заводы [116, 199].

27. *Воронежская ТЭЦ-1 (ТЭЦ-1) «ВОГРЭС»* – предприятие, снабжающее теплоэнергией Левобережный, часть Ленинского и Железнодорожного районов Воронежа, а также более 1000 предприятий. Входит в

состав ПАО «Квадра». Почвы вблизи ТЭЦ-1 - аллювиальные луговые оглеенные суглинистые. Урбанофлора представлена преимущественно кустарниково-травянистой растительностью с единично встречающимися деревьями. Электрическая мощность ТЭЦ – до 358 МВт, тепловая мощность – до 1360 Гкал/час. Долгое время с момента постройки ТЭЦ (1933 г.) в качестве топлива на ней применяли каменный уголь, в 2000-х годах предприятие перешло на использование природного газа как более экологичного топлива. Так, при сжигании каменного угля образовывалось большое количество сажи, недожога, а также шлаковой золы. 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. При существующем уровне потребления расходы кислорода на сжигание топлива в 5 раз превышают его потребление населением Земли. ТЭЦ значительно влияют на усиление парникового эффекта и выпадение кислотных осадков. 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.), что приводит к дополнительному загрязнению окружающей среды. Высота двух железобетонных дымовых труб ТЭЦ составляет по 150 метров. 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 [135, 141, 182, 198].

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 на аллювиальных отложениях. 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. Так, при выделении 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. Источники промышленных выбросов завода расположены на высоте от 0 до 35 м. В выбросах предприятия, достигающих до 700 т/год, содержатся вещества, обладающие канцерогенным эффектом (стирол, толуол, бутадие́н). 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) [162, 182, 198].

29. *Низовье Воронежского водохранилища*. Образовано на реке Воронеж в 1971–72 гг. дамбой для промышленного водоснабжения города, находится в городском округе Воронежа. Почвы на правом берегу низовья Воронежского водохранилища, где производился отбор образцов, представлены темно-серыми и серыми лесостепными средне- и тяжело-суглинистыми. Характерна травянисто-кустарниковая растительность с небольшим количеством деревьев. Относится к водоему I категории (рыбохозяйственный водоем). Индексы сапробности характеризуют водохранилище слабозагрязненным. В нем насчитывается более 300 видов водорослей, 60 видов высших растений, 200 видов зоопланктона и 170 видов зообентоса. Общим результатом развития растительного покрова Воронежского водохранилища в условиях урбанизированного ландшафта и высокой степени антропогенного воздействия на водосборную поверхность является ускорение темпов зарастания мелководных участков, в 2,5 раза по сравнению с аналогичными водоемами, и быстрый переход его верховьев к этапу затухания функционирования водной экосистемы и формирования исходных растительных сообществ. 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) [182, 189, 198].

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 с лиственных лесов. 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; Ty-134, ТУ-134/154/204/214, Ан-2/12/24/26/28/148 и все более лёгкие, а также вертолёты всех типов. Многие исследователи сходятся во мнении, что аэропорт как мощный техногенный комплекс оказывает негативное влияние на окружающую среду. По данным на 2018 год, аэропорт обслуживает порядка 800 тысяч пассажиров в год. 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(а)пирена и ТМ, в почвах приаэродромных территорий [117]. Координаты места сбора образцов 51°49′ северной широты, 39°14′ восточной долготы.

31. *Улица г. Воронежа* – улица Димитрова – протяженная (длиной 6,8 км) улица левого берега города Воронежа, 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. При этом установлено, что приоритетным загрязнителем атмосферы города является автотранспорт, на который приходится более 70 % от валового выброса загрязняющих веществ. Выхлопные газы автомобилей и уровень автотранспортного шума почти круглый год превышают допустимые нормы на данной улице. Почвы – урбано-дерново-лесные песчаные и супесчаные на древнеаллювиальных отложениях. Урбанофлора представлена преимущественно кустарниково-травянистой растительностью с небольшим количеством деревьев. Координаты места сбора образцов 51°40′ северной широты, 39°15′ восточной долготы [182, 198].

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. Общая протяжённость автодороги составляет 1543 км. Интенсивность движения в 2016 году составила 68,7 млн транспортных средств. Относится к IА категории автомобильных дорог – автомагистраль с интенсивностью движения более 14000 автомобилей в сутки. Состояние трассы М4 оценивается как удовлетворительное. Основными типами почв изучаемой территории являются серые лесостепные среднесуглинистые. Изучаемые точки отбора образцов сырья 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) [116, 170, 181, 199].

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. Является опорной автодорогой для связи регионов и районов Черноземья, и ключевой для связи районов Курской области с Курском и районов Воронежской области с Воронежем, напрямую связывает между собой Курскую, Саратовскую и Воронежскую области. От Воронежа трасса А144 идет через Анну до Борисоглебска, где пересекается с трассой М6 «Каспий». На данном участке трасса А144 проложена по равнинной местности, без резких поворотов и крутых подъемов. Состояние трассы А144 удовлетворительное. Основными типами почв изучаемой территории являются черноземы обыкновенные. Изучаемые точки отбора образцов сырья 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 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) [116, 170, 181, 199].

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. Состояние трассы М4 на данном участке оценивается как удовлетворительное. Зональными типами почв являются черноземы обыкновенные. Район расположен в степной природной зоне с преобладанием травянистой растительности. Основной вклад в загрязнение территории вносит автотранспорт (более 80%). Трасса М4 на изучаемом участке имеет всего две полосы движения, хотя им предшествовало (внутри города Павловск) четыре, поэтому там часто бывают пробки, что увеличивает выброс автомобильного транспорта. Изучаемые точки отбора образцов сырья 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) [116, 170, 181, 199].

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 сырья 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 автомобильной дороги с малой интенсивностью движения при отсутствии естественного барьера. Координаты места сбора - 49°48' северной широты и 40°55' восточной долготы [116, 170, 181, 199].

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. За 2019 год по официальным данным в данном направлении было перевезено порядка 90 млн тонн грузов, 3,3 млн человек в поездах дальнего следования и 7,1 млн человек в поездах пригородного сообщения. Естественные почвы в районе сбора представлены преимущественно серыми лесными суглинистыми, растительность представлена смешанными лесами с преобладанием ельников. Изучаемые точки отбора образцов сырья 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 [62, 74, 102, 116, 126, 193].

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 [127, 143, 159, 176].

Заготовку образцов ЛРС проводили в соответствии с требованиями соответствующих фармакопейных статей (ФС) государственной фармакопеи (ГФ) РФ XIV (ФС.2.5.0069.18 «Горца птичьего (спорыша) трава», ФС.2.5.0033.15 «Полыни горькой трава», ФС.2.5.0101.18 «Тысячелистника обыкновенного трава», ФС.2.5.0034.15 «Пустырника трава», ФС.2.5.0032.15 «Подорожника большого листья», ФС.2.5.0019.15 «Крапивы двудомной листья», ФС.2.5.0024.15 «Липы цветки», ФС.2.5.0031.15 «Пижмы обыкновенной цветки», ФС.2.5.0086.18 «Одуванчика лекарственного корни», ФС.2.5.0025.15 «Лопуха корни»). 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 [26, 27, 28, 105, 151].

Хранили заготовленные образцы ЛРС в соответствии с ОФС.1.1.0011.15 «Хранение лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов» [26].

Отбор проб ЛРС проводили по требованиям ОФС.1.1.0005.15 «Отбор проб лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов» в условиях, исключающих дополнительное загрязнение объекта исследования. Пробоподготовка ЛРС включала его измельчение с целью приготовления однородного образца и последующего взятия параллельных навесок [26].

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») [52].

Изучения взаимосвязи между определяемыми числовыми показателями вели методом параметрической статистик по критерию корреляции Пирсона. При расшифровке полученных значений пользовались шкалой Чеддока [121].

Исследование по загрязнению почв и ЛРС РН

В условиях эксперимента в образцах верхних слоев почв и лекарственного растительного сырья определяли удельную активность основных долгоживущих искусственных РН (цезий-137, стронций-90,) и часто встречаемых в природе естественных РН (торий-232, калий-40, радий-226). Пробы почвы на исследуемой пробной площадке отбирали в соответствии с 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 изучаемых слоев, в данном случае, верхних слоев (0-10 см от поверхности), с помощью лопат. Пробы лекарственного растительного сырья отбирали в соответствии с ОФС.1.1.0005.15 «Отбор проб лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов». Анализ образцов почв и лекарственного растительного сырья проводили на спектрометре - радиометре МКГБ-01 «РАДЭК» с программным обеспечением «ASW». Данный спектрометр-радиометр 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. Данный спектрометр - радиометр предназначен для измерения энергетического распределения бета- и гамма-излучения и активности гамма-, бета- и альфа - излучающих РН, относится к стационарным средствам измерения, используется для измерения удельной активности природных (радий-226, торий-232, калий-40, радон-222 и др.), и искусственных РН (цезий-137, стронций-90, иттрий-90 и др.) в пробах различных объектов окружающей среды (горные породы, почва, биологические пробы, растительность, вода, продукты питания и др.). Минимальная измеряемая УА спектрометра-радиометра составляет 0,15-1,0 Бк/кг. Расширенная неопределенность двух повторных измерений активностей не превышает 30%. Определение удельной активности РН проводили в соответствии с первым вариантом измерений ОФС.1.5.3.0001.15 «Определение содержания РН в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах» [10, 26, 120, 159].

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

$$КН = \frac{C_{ЛРС} * 100}{C_{ВСП}}, \quad (2.1)$$

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

$C_{ВСП}$ – содержание поллютанта в ВСП [52].

Эффективная удельная активность ($A_{эфф}$) - суммарная удельная активность радионуклидов в материале, определяемая с учетом их биологического воздействия на организм человека.

Для определения в ЛРС/ЛРП эффективной удельной активности ($A_{эфф\ ЛРС/ЛРП}$) природных радионуклидов количественно измеряли удельные активности калия-40, радия-226, тория-232.

В качестве результатов измерений удельных активностей природных радионуклидов в пробе ЛРС/ЛРП принимают средние арифметические значения удельных активностей каждого радионуклида (A_{cp}) по пяти навескам [10, 159].

$$A_{cp} = 1/n * \sum_{i=1}^n A_i$$

где, $i=1, 2, \dots, n$ – номер навески.

Абсолютную погрешность определения величины удельной активности (ΔA) вычисляют по формуле:

$$\Delta A = 1,7 * \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^n A_i^2 - A_{cp}^2}{n} \right) + a}$$

где a - абсолютная погрешность определения удельной активности радионуклида в навесках пробы, оцениваемая в соответствии с методикой выполнения измерений на радиометрической установке.

Расчет эффективной удельной активности $A_{\text{эфф}}$ производится по формуле:

$$A_{\text{эфф}} = A_{\text{Ra}} + 1,3A_{\text{Th}} + 0,09A_{\text{K}},$$

где A_{Ra} и A_{Th} - удельные активности радия-226 и тория-232, находящихся в радиоактивном равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов (Бк/кг);

A_{K} - удельная активность калия-40 (Бк/кг);

1,3 и 0,09 - взвешивающие коэффициенты для тория-232 и калия-40, соответственно по отношению к радия-226, которые представляют собой безразмерные множители, на которые умножаются накопленные в ЛРС/ЛРП эквивалентные дозы природных радионуклидов, чтобы оценить вклад их облучения в общую удельную активность образца [159].

Абсолютную погрешность определения значений $A_{\text{эфф}}$ вычисляют по формуле:

$$\Delta A_{\text{эфф}} = \sqrt{(\Delta A_{\text{Ra}}^2 + 1,7 * \Delta A_{\text{Th}}^2 + 0,007 * A_{\text{K}}^2)}$$

За результат определения удельной активности природных радионуклидов в ЛРС/ЛРП принимают значение $A_{\text{эфф ЛРС/ЛРП}}$, определяемое по формуле [10, 52, 159]:

$$A_{\text{эфф ЛРС/ЛРП}} = A_{\text{эфф}} + \Delta A_{\text{эфф}}$$

3. Результаты радиологических исследований почв

Результаты измерений удельной активности РН в изучаемых образцах верхних слоев почв приведены в таблице 1.

Анализ существующей нормативной документации показал, что на настоящее время предельно допустимая УА как искусственных, так и естественных РН в почве не установлена, в связи с чем судить о радионуклидном загрязнении исследуемых образцов не представляется возможным.

Анализ полученных результатов по удельной активности РН в верхних слоях почв показал, что, в целом, они относительно невелики и, согласно данным литературы, их можно считать среднестатистическими для регионов средней полосы России.

Так, определяемая УА стронция-90 в верхних слоях анализируемых почв варьировала от 4,2 Бк/кг до 9,1 Бк/кг при среднем значении для всех анализируемых образцов 6,4 Бк/кг. УА 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 удельной активностью 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 [63, 122].

УА тория-232 варьировала от 28,9 Бк/кг до 63,8 Бк/кг при среднем значении для верхних слоев почв 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 радионуклида 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 (по Ф.А. Тихомирову, 1988 г. и по М.И. Луневу, П.М. Орлову, 2009 г.) и средних значений по России (по М.И. Луневу, П.М. Орлову, 2009 г.) 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

верхних слоях исследуемых почв Воронежской области заметно ниже среднемировых значений, что, вероятно, можно объяснить тем, что данный радионуклид в преобладающих в регионе черноземных почвах накапливается преимущественно на карбонатных и сульфатных испарительных барьерах, располагающихся значительно глубже исследуемых верхних слоев почв. Таким образом, почвы Воронежской области можно признать в целом радиологически благополучными [44, 52, 63, 122].

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 радионуклиды в количествах, формирующих порой значительно большую эффективную эквивалентную дозу, чем атомные станции аналогичной мощности.

ЭУА радиоактивных изотопов тория, калия, радия 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 - 740Бк/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 эффективной удельной активности природных радиоактивных изотопов (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 ЭУА природных радиоактивных изотопов к почве не относится, и приведенное сравнение может носить исключительно аналитический характер [44, 52, 63, 120, 159].

Таблица 1

Результаты определений удельной активности РН в образцах верхних слоев почв

№ п /п	Территория заготовки об- разца	Тип почвы	УА РН, Бк/кг					ЭУА, Бк/кг
			Искусственные РН		Природные РН			
			Ст-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226	
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 за- поведника	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 Теллерманов- ского леса	темно-серые лес- ные	5,0±2,7	20,7±9,0	30,5±4,9	407±30	4,1±1,2	96,0
4.	Село Елань-Колено	аллювиальные за- солненные	4,7±1,6	25,9±12,9	36,8±8,4	461±41	6,7±3,0	91,7
5.	Село Нижнедевицк	черноземы обык- новенные	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 солон- цеватые	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 солон- цеватые	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 выше- лочные	4,2±2,0	58,1±22,4	40,6±6,8	487±19	9,1±2,5	95,0
9.	ВЛЭ	черноземы выше- лочные	6,7±3,2	59,7±16,4	32,3±7,0	478±37	10,0±4,8	71,5
10.	Агроценоз Лискинского р- на	черноземы обык- новенные	4,3±2,7	43,7±13,9	25,1±9,3	342±41	8,1±3,6	111,9
11.	Агроценоз Ольховатского р- на	черноземы обык- новенные	6,0±3,6	41,4±15,2	45,2±6,1	494±30	8,7±3,2	115,9
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	черноземы обык- новенные	6,8±2,2	40,7±10,7	42,5±11,7	583±26	8,2±4,4	108,6

13.	Агроценоз Петропавловского р-на	черноземы обыкновенные	5,4±1,7	26,4±11,0	37,1±10,0	567±33	9,3±3,8	102,9
14.	Агроценоз Грибановского р-на	черноземы солонцеватые	5,7±2,0	23,8±11,5	39,8±7,5	459±40	9,8±3,5	114,3
15.	Агроценоз Хохольского р-на	черноземы обыкновенные	7,9±3,7	51,9±16,9	40,9±4,6	569±37	9,9±4,6	104,4
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	черноземы обыкновенные	6,2±2,8	24,7±10,9	39,1±10,2	478±51	10,5±3,3	99,9
17.	Агроценоз Рельевского р-на	черноземы обыкновенные	7,8±3,6	50,8±11,1	34,9±10,5	508±39	8,8±3,7	94,9
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	черноземы обыкновенные	5,3±1,9	21,5±16,8	35,9±9,7	442±44	8,4±2,8	103,5
19.	Агроценоз Панинского р-на	черноземы обыкновенные	7,1±2,0	42,9±16,1	38,8±8,8	481±35	9,8±3,0	104,5
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	черноземы обыкновенные	8,3±4,5	53,1±16,9	39,9±7,4	489±26	8,6±2,6	103,1
21.	Агроценоз Эртильского р-на	черноземы обыкновенные	8,7±3,7	30,9±15,7	38,9±9,5	479±34	9,4±3,5	114,2
22.	Агроценоз Россошанского р-на	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»	аллювиальные	6,4±1,8	74,7±13,0	63,8±9,8	895±38	13,6±4,9	157,9

28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	аллювиальные суглинистые	7,0±3,8	72,1±19,8	55,2±7,7	807±56	13,5±5,0	154,9
29.	Вблизи Воронежского водохранилища	серые лесостепные среднесуглинистые	7,4±3,9	70,5±23,7	52,9±8,0	809±61	13,3±4,7	89,6
30.	Вблизи аэропорта Воронеж	аллювиальные	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-дерноволесные песчаные	8,0±3,3	70,8±17,5	52,3±9,5	811±48	12,9±5,9	84,0
32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском р-не	серые лесостепные среднесуглинистые	6,8±1,5	53,9±19,7	33,3±10,3	367±42	7,7±3,6	83,9
33.	Автоматгистраль А144	черноземы обыкновенные	5,3±2,6	51,9±14,8	41,4±7,9	456±23	4,6±3,7	99,5
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском р-не	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	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
Среднее для Воронежской области		-	6,4	42,9	38,5	506	8,9	99,0
Среднемировые значения (по Ф.А. Тихомирову, 1988 г.)		-	-	-	32	450	38	
Среднемировые значения (по М.И. Луневу и П.М. Орлову, 2009 г.)		-	-	-	26	460	26	

4. Результаты радиологических исследований лекарственного растительного сырья

Все изученные образцы ЛРС удовлетворяют требованиям ОФС.1.5.3.0001.15 по удельной активности 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). При этом полученные значения удельных активностей природных РН в большинстве случаев больше числовых значений для РН техногенного происхождения. В нашем эксперименте УА для калия-40 не превышала 1488 Бк/кг (в траве полыни горькой), для тория-226 – 32,3 Бк/кг (в корнях лопуха обыкновенного), для радия-226 – 21,8 Бк/кг (в корнях лопуха обыкновенного). ЭУА природных РН также больше суммарных значений удельных активностей искусственных РН, что указывает на острую необходимость нормирования данных числовых показателей в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. При этом величина эффективной удельной активности природных РН не превысила 165,05 Бк/кг (в траве полыни горькой) [177].

Безусловно, содержание природных РН сильно варьирует в зависимости от изучаемого региона и типа почв. Важным фактором является также то, калий является важнейшим макроэлементом, интенсивно накапливаемым растениями для обеспечения своей жизнедеятельности, в количествах, в несколько раз превышающих содержание элемента в почве. Калий-40 всасывается аналогично нерадиоактивному калию-39, в соотношениях, пропорциональных содержанию изотопов в почве. В связи с этим дать рекомендации об установлении предельно допустимых значений удельной активности природных РН в лекарственном растительном сырье и препаратах на их основе, на наш взгляд, не представляется возможным. Однако, возможным является рекомендовать в качестве основного числового показателя содержания природных РН в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах эффективную удельную активность природных РН, предельно допустимое значение которой необходимо также дополнительно изучать на основе различных регионов РФ [36, 52, 205].

4.1. Накопление радионуклидов в траве горца птичьего *Polygonum aviculare* L.

УА 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 2).

УА 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) [26, 177, 205].

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). Таким образом, все заготовленные на территории Воронежской области образцы травы горца птичьего соответствуют фармакопейным требованиям радиационной безопасности.

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.

УА 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 эффективной удельной активностью 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. Отечественные электростанции, работающие на угле с высокой зольностью даже при степени очистки выбросов 90-99%, поставляют в атмосферу эти радионуклиды в количествах, формирующих порой значительно большую эффективную эквивалентную дозу, чем атомные станции аналогичной мощности. 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 [52, 177].

Корреляционный анализ УА искусственных и естественных РН в ВСП и траве горца птичьего (таблица 3) показал наличие сильной взаимосвязи между данными числовыми показателями, что подтверждает преимущественное транспочвенное радионуклидное загрязнение ЛРС.

Данные, представленные на рисунках 4.1-4.5, показывают, что при увеличении УА стронция-90, цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226 в ВСП возрастала их УА в траве горца птичьего. Закономерности перехода описаны математическими зависимостями с максимальным коэффициентом достоверности аппроксимации.

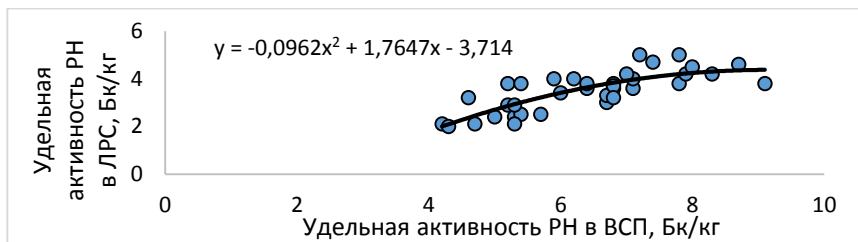


Рисунок 4.1 - Зависимость УА стронция-90 в траве горца птичьего от его УА в ВСП

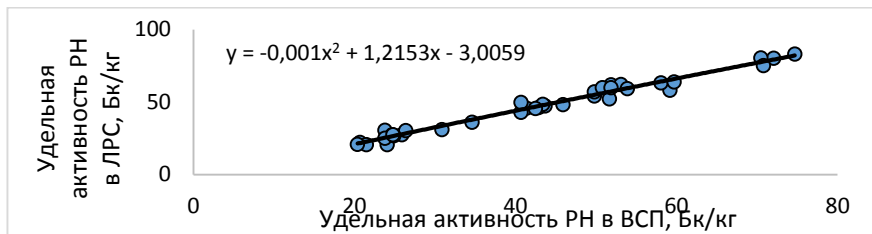


Рисунок 4.2 - Зависимость УА цезия-137 в траве горца птичьего от его УА в ВСП

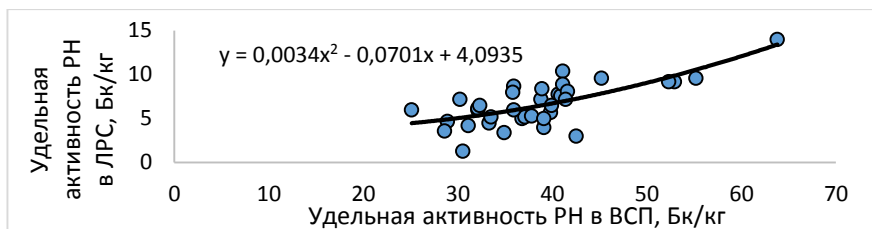


Рисунок 4.3 - Зависимость УА тория-232 в траве горца птичьего от его УА в ВСП

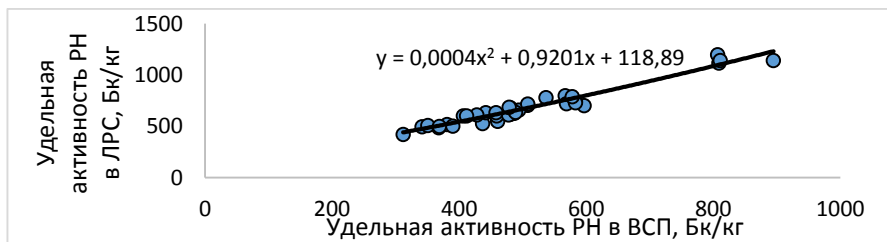


Рисунок 4.4 - Зависимость УА калия-40 в траве горца птичьего от его УА в ВСП

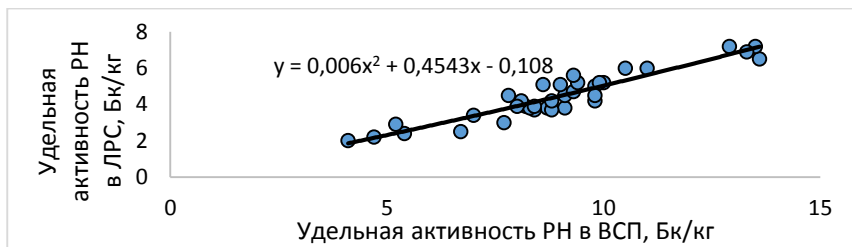


Рисунок 4.5 - Зависимость УА радия-226 в траве горца птичьего от его УА в ВСП

Анализ КН РН (таблица 4) показал, что трава горца птичьего наиболее активно аккумулировала из ВСП калий-40 (КН варьируют от 1,19 до 1,48 при среднем значении 1,36) и цезий-137 (КН варьируют от 0,85 до 1,29 при среднем значении 1,09), то есть УА этих РН в данном виде ЛРС в целом, выше, чем в почве, на которой оно заготовлено. С относительно невысокой активностью накапливался в траве горца птичьего стронций-90 - средний КН изотопа составил 0,55 и варьировал в образцах региона от 0,40 до 0,73, и радия-226 – средний КН составил 0,50, варьировав от 0,37 до 0,60. В наименьшей степени в траве горца птичьего накапливался торий-232: среднее значение КН составило 0,17 (варьировало от 0,10 до 0,26).

Степень перехода стронция-90, цезия-137 из ВСП в траву горца птичьего (рисунки 4.6-4.10) имела тенденцию к снижению по мере увеличения УА РН в почве, что свидетельствовало о физиологической возможности регуляции их аккумуляции в растении. КН тория-232, калия-40, радия-226, напротив, возрастали при увеличении содержания РН в ВСП.

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

Таблица 2

№ п / п	Территория заготовки образцов	УА РН, Бк/кг					Сумма показателей соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения	ЭУА, Бк/кг
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226		
1.	Территория Воронежского 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 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	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	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.	ВЛГЭ	3,0±2,7	64,0±10,0	6,5±2,5	631±95	5,2±2,1	0,18	70,44
10.	Агроценоз Лискинского р-на	2,0±1,3	47,4±14,9	6,0±2,3	495±68	4,0±1,8	0,13	56,35
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	3,4±2,9	45,9±23,1	9,6±2,8	660±34	3,8±1,6	0,13	75,68
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	3,6±2,7	43,0±21,8	3,0±1,9	742±50	3,9±1,5	0,13	74,58
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	2,5±1,8	30,4±13,9	5,2±1,3	798±45	4,7±2,2	0,09	83,28

№ п / п	Территория заготовки образцов	УА РН, Бк/кг					Сумма показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения	ЭУА, Бк/кг
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226		
14	Агроценоз Грибановского р-на	2,5±1,3	30,7±13,8	5,7±1,8	601±39	5,0±1,8	0,09	66,5
15	Агроценоз Хохольского р-на	4,2±1,2	62,0±16,2	7,6±2,0	720±47	5,2±2,9	0,18	79,88
16	Агроценоз Новохоперского р-на	4,0±2,4	27,5±18,0	4,0±1,8	611±40	6,0±2,5	0,09	66,19
17	Агроценоз Репьевского р-на	5,0±3,7	60,0±21,3	3,4±1,5	718±35	3,7±1,5	0,18	72,74
18	Агроценоз Воробьевского р-на	2,1±1,7	20,7±9,0	6,0±2,9	635±48	3,7±1,9	0,06	68,65
19	Агроценоз Панинского р-на	4,0±1,9	46,3±14,8	7,2±1,8	680±67	4,5±2,3	0,14	75,06
20	Агроценоз Верхнехавского р-на	4,2±1,8	62,1±23,9	6,5±2,9	637±54	5,1±2,8	0,18	70,88
21	Агроценоз Эртильского р-на	4,6±1,9	31,0±13,9	8,4±3,2	686±51	5,2±2,3	0,10	77,86
22	Агроценоз Россошанского р-на	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 «Минудобренения»	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»	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»	3,8±2,0	83,2±29,4	14,0±3, 9	1143±6 2	6,5±3,1	0,23	127,57
28	Вблизи ОАО «Воронежсинтезгаз- чук»	4,2±3,2	80,2±30,2	9,6±3,7	1197±6 0	7,2±2,8	0,22	127,41

№ п / п	Территория заготовки образцов	УА РН, Бк/кг					Сумма показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения	ЭУА, Бк/кг
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226		
29	Вблизи 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 р-не	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	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 р-не	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	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	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	

Таблица 3

**Коэффициенты корреляции между удельной активностью РН в
ЛРС и ВСП**

№ п/ п	Лекарственное растительное сы- рье	Радиоизотоп				
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
1.	Трава горца птичьего	0,77	0,99	0,71	0,97	0,94
2.	Трава полыни горькой	0,86	0,93	0,60	0,93	0,94
3.	Трава тысячелистника обыкновенного	0,89	0,99	0,12	0,95	0,83
4.	Трава пустырника пятилопастного	0,62	0,94	0,76	0,94	0,94
5.	Листья подорожника большого	0,92	0,91	0,50	0,92	0,88
6.	Листья крапивы двудомной	0,97	0,97	0,69	0,90	0,92
7.	Цветки липы сердцевидной	0,63	0,84	0,64	0,79	0,91
8.	Цветки пижмы обыкновенной	0,90	0,97	0,37	0,91	0,91
9.	Корни одуванчика лекарственного	0,96	0,99	0,90	0,96	0,88
10.	Корни лопуха обыкновенного	0,93	0,99	0,90	0,97	0,87
Общее среднее		0,85	0,95	0,62	0,92	0,90

Таблица 4

**Коэффициенты накопления РН в образцах травы горца птичьего
(*Polygonum aviculare* L.)**

№ п/ п	Территория заготовки образцов	Радиоизотоп				
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
1.	Территория Воронежского заповедника	0,56	1,01	0,19	1,36	0,44
2.	Территория Хоперского заповедника	0,45	0,85	0,19	1,20	0,56
3.	Территория Теллермановского леса	0,48	1,07	0,04	1,48	0,49
4.	Село Елань-Колено	0,45	1,06	0,14	1,19	0,37
5.	Село Нижнедевицк	0,42	1,09	0,24	1,28	0,42
6.	Улица города Острогожск	0,51	1,15	0,25	1,18	0,43
7.	Улица города Семилуки	0,49	0,98	0,24	1,39	0,55
8.	Улица города Нововоронеж	0,50	1,09	0,19	1,29	0,49

9.	ВЛЭ	0,45	1,07	0,20	1,32	0,52
10.	Агроценоз Лискинского р-на	0,47	1,08	0,24	1,45	0,49
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	0,57	1,11	0,21	1,34	0,44
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	0,53	1,06	0,07	1,27	0,48
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	0,46	1,15	0,14	1,41	0,51
14.	Агроценоз Грибановского р-на	0,44	1,29	0,14	1,31	0,51
15.	Агроценоз Хохольского р-на	0,53	1,19	0,19	1,27	0,53
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	0,65	1,11	0,10	1,28	0,57
17.	Агроценоз Репьевского р-на	0,64	1,18	0,10	1,41	0,42
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	0,40	0,96	0,17	1,44	0,44
19.	Агроценоз Панинского р-на	0,56	1,08	0,15	1,41	0,46
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	0,51	1,17	0,13	1,30	0,59
21.	Агроценоз Эртильского р-на	0,53	1,00	0,22	1,43	0,55
22.	Агроценоз Россошанского р-на	0,49	1,12	0,21	1,25	0,46
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	0,56	1,23	0,19	1,37	0,48
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	0,56	1,05	0,16	1,36	0,57
25.	Улица города Борисоглебск	0,55	1,08	0,14	1,43	0,46
26.	Улица города Калач	0,54	1,11	0,14	1,45	0,52
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС»	0,59	1,11	0,26	1,28	0,48
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	0,60	1,11	0,19	1,48	0,53
29.	Вблизи Воронежского водохранилища	0,64	1,14	0,19	1,38	0,52
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	0,68	1,05	0,22	1,29	0,49
31.	Улица города Воронеж	0,56	1,06	0,19	1,41	0,56
32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском р-не	0,47	1,10	0,14	1,33	0,39
33.	Автоматгистраль А144	0,73	1,15	0,17	1,39	0,47
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском р-не	0,70	1,08	0,13	1,45	0,49
35.	Дорога обычного типа	0,70	1,02	0,13	1,46	0,60
36.	Железнодорожные пути	0,69	1,05	0,16	1,74	0,58
Среднее для Воронежской области		0,55	1,09	0,17	1,36	0,50

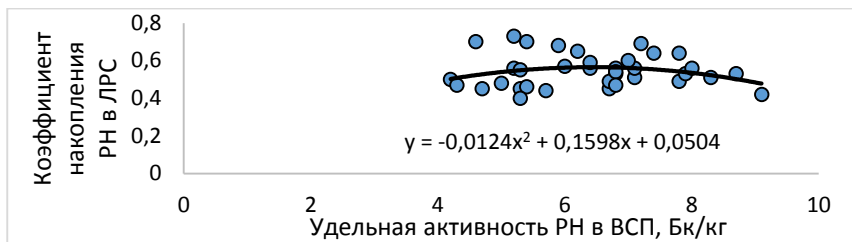


Рисунок 4.6 - Зависимость КН стронция-90 в траве горца птичьего от его УА в ВСП

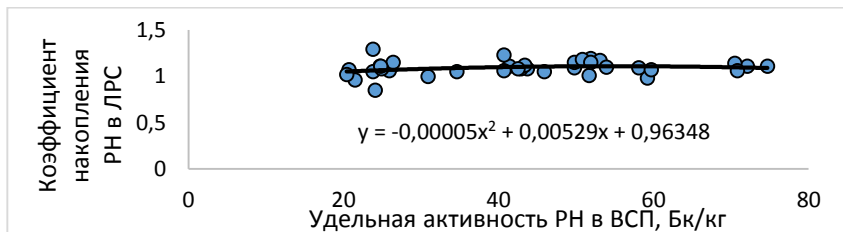


Рисунок 4.7 - Зависимость КН цезия-137 в траве горца птичьего от его УА в ВСП

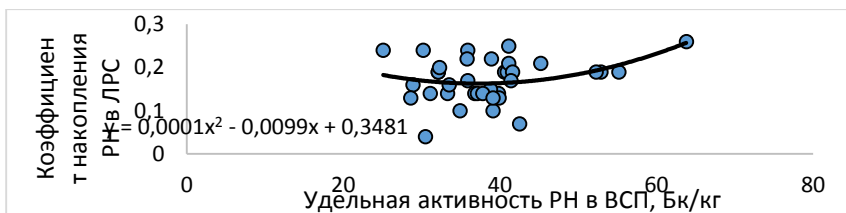


Рисунок 4.8 - Зависимость КН тория-232 в траве горца птичьего от его УА в ВСП

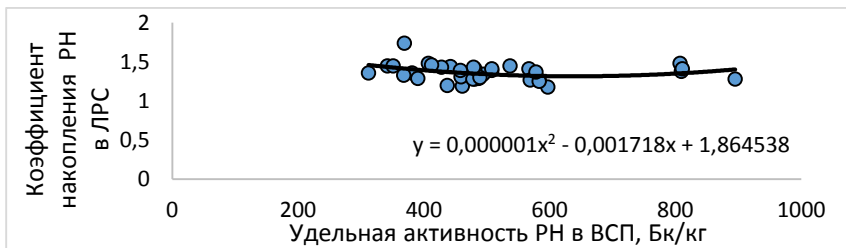


Рисунок 4.9 - Зависимость КН калия-40 в траве горца птичьего от его УА в ВСП

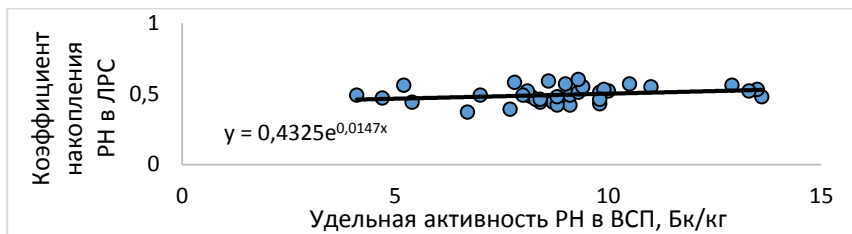


Рисунок 4.10 - Зависимость КН радия-226 в траве горца птичьего от его УА в ВСП

4.2. Накопление радионуклидов в траве полыни горькой *Artemisia absinthium* L.

УА стронция-90 в траве полыни горькой (таблица 5) характеризовался средними значениями 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 ЛРС, установленном ФС в 200 Бк/кг. УА 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 превышал пределов допустимого содержания РН в ЛРС, установленных ГФ XIV в 400 Бк/кг [26, 46].

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 полыни горькой соответствующей критерию радиационной безопасности (первая группа): данный показатель принимал числовые значения от 0,09 до 0,33, что не превышало установленной ГФ XIV нормы (1,0) [26, 46].

Содержание тория-232 характеризовалась значениями УА от 4,5 Бк/кг до 16,1 Бк/кг (в среднем для всех изученных образцов 8,8 Бк/кг). Аккумуляция в траве полыни горькой калия-40 отмечена 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 значение – 6,6 Бк/кг). ЭУА природных РН варьировала от 56,02 Бк/кг до 165,05 Бк/кг.

Таблица 5
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, Бк/кг
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-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 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	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	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.	ВЛЭ	5,5±1,2	110,2±8,2	5,2±2,8	936±73	7,7±2,0	0,30	98,7
10.	Агроценоз Лискинского р-на	2,4±0,6	82,8±5,0	4,5±1,6	676±58	6,0±0,5	0,22	72,69
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	5,2±2,1	75,6±6,3	13,0±5,9	835±75	6,1±2,9	0,22	98,15
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	5,5±1,6	70,1±9,4	11,0±3,0	968±69	6,1±3,6	0,20	107,52
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	4,2±1,2	43,1±3,0	8,7±5,1	918±78	6,7±4,1	0,13	100,63

14.	Агроценоз Грибановского р-на	4,7±2,1	38,5±2,8	9,6±4,8	857±73	7,2±2,4	0,12	96,81
15.	Агроценоз Хохольского р-на	6,0±1,5	69,7±4,9	6,2±2,7	936±77	7,4±1,4	0,20	99,7
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	4,8±1,6	28,1±5,8	7,5±1,7	888±64	7,5±1,1	0,09	97,17
17.	Агроценоз Репьевского р-на	6,4±2,1	85,9±5,5	7,8±5,3	914±61	5,0±2,4	0,25	97,4
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	3,7±1,2	40,0±6,0	9,8±6,2	835±66	7,2±1,5	0,12	95,09
19.	Агроценоз Панинского р-на	5,7±2,3	90,1±12,8	7,2±3,5	876±59	6,2±3,1	0,25	94,4
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	7,2±2,4	104,7±13,8	5,4±2,4	814±76	6,4±3,7	0,30	86,68
21.	Агроценоз Эргильского р-на	7,2±2,8	58,8±5,9	7,7±4,5	912±79	7,5±2,5	0,18	99,59
22.	Агроценоз Россошанского р-на	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»	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»	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»	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»	5,7±2,9	108,5±10,8	11,5±3,8	1315±85	10,5±4,9	0,30	143,8
29.	Вблизи 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.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском р-не	5,1±1,3	96,7±6,7	11,5±6,2	715±68	5,0±2,0	0,27	84,3
33.	Автоматгистраль А144	3,7±1,1	104,5±12,2	10,7±4,9	818±93	3,2±1,8	0,28	90,73

34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском р-не	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	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	4,9±1,7	68,8±3,7	5,6±4,1	665±65	5,9±2,1	0,20	73,03
Среднее для Воронежской области		4,8	72,4	8,8	844	6,6	0,21	93,92
Допустимая УА РН		200	400	-	-	-	<1	

Полученные результаты определения УА природных и искусственных 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 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 зоне попадания выбросов ТЭЦ [46].

Детальный анализ корреляционной зависимости УА искусственных и естественных РН в ВСП и траве полыни горькой (таблица 3) показал наличие весьма заметной взаимосвязи для стронция-90, цезия-137, калия-40, радия-226, и заметной – для тория-232, что подтверждает преимущественное загрязнение ЛРС РН через почву.

Данные, представленные на рисунках 4.11-4.15, показывают, что при увеличении УА стронция-90, цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226 в ВСП возрастала их УА в траве полыни горькой. Закономерности перехода описаны математическими зависимостями.

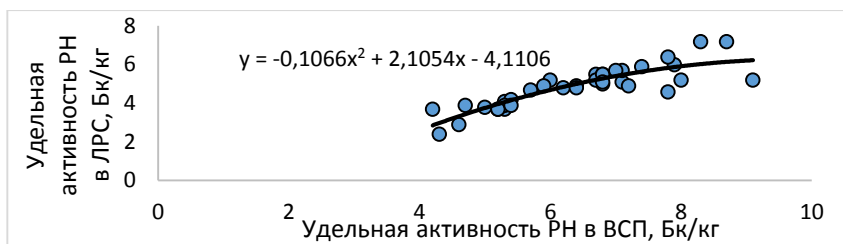


Рисунок 4.11 - Зависимость УА стронция-90 в траве полыни горькой от его УА в ВСП

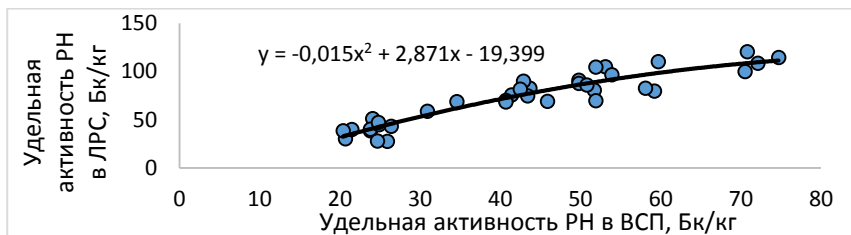


Рисунок 4.12 - Зависимость УА цезия-137 в траве полыни горькой от его УА в ВСП

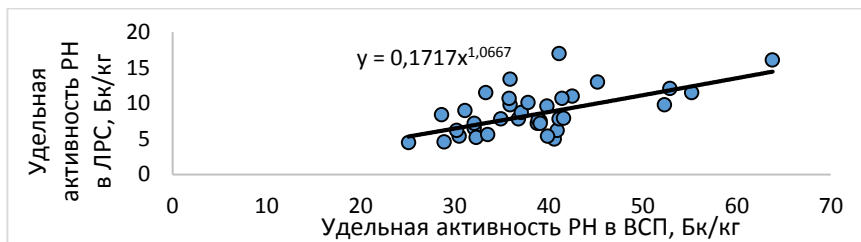


Рисунок 4.13 - Зависимость УА тория-232 в траве полыни горькой от его УА в ВСП

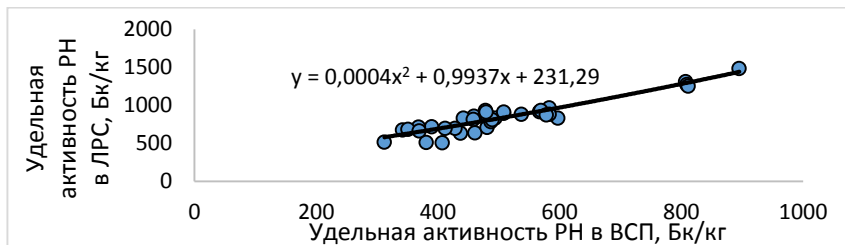


Рисунок 4.14 - Зависимость УА калия-40 в траве полыни горькой от его УА в ВСП

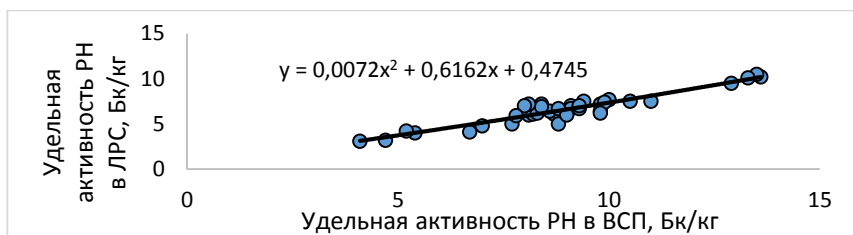


Рисунок 4.15 - Зависимость УА радия-226 в траве полыни горькой от его УА в ВСП

Анализ КН искусственных и естественных РН в траве полыни горькой (таблица 6) показал способность данного вида ЛРС к аккумуляции цезия-137 и калия-40 из ВСП. КН для цезия-137 варьировали от 1,07 до 2,12 (в среднем 1,70). Для калия-40 данные показатели были очень близки в числовом выражении к данным по радиоактивному цезию – варьировали от 1,35 до 1,98 при среднем значении 1,68, что также подтвердило одинаковый механизм аккумуляции данных изотопов из почвы – по калиевым каналам. Сходный характер накопления также имеют двухвалентные радиоизотопы стронция и радия. КН стронция-90 варьировали от 0,56 до 0,87 и в среднем составляют 0,76. Для радия-226 данный показатель в среднем для всех проанализированных образцов составил 0,74, варьировав от 0,61 до 0,89, что свидетельствовало об относительно высоком

уровне аккумуляции в траве полыни горькой данных РН. Наиболее низкие КН отмечены для тория-232: в среднем они составили 0,23, варьируя от 0,11 до 0,30 [46].

Таблица 6

Коэффициенты накопления РН в образцах травы полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.),

№ п/п	Территория заготовки образцов	Радиоизотоп				
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
1.	Территория Воронежского заповедника	0,74	1,56	0,20	1,66	0,74
2.	Территория Хоперского заповедника	0,77	2,12	0,22	1,46	0,81
3.	Территория Теллермановского леса	0,76	1,46	0,18	1,25	0,76
4.	Село Елань-Колено	0,83	1,07	0,21	1,39	0,61
5.	Село Нижнедевицк	0,57	1,83	0,21	1,48	0,77
6.	Улица города Острогожск	0,72	1,76	0,41	1,40	0,65
7.	Улица города Семилуки	0,59	1,34	0,37	1,76	0,68
8.	Улица города Нововоронеж	0,88	1,43	0,12	1,62	0,74
9.	ВЛЭ	0,82	1,85	0,16	1,96	0,77
10.	Агроценоз Лискинского р-на	0,56	1,89	0,18	1,98	0,74
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	0,87	1,83	0,29	1,69	0,70
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	0,81	1,72	0,26	1,66	0,74
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	0,78	1,63	0,23	1,62	0,72
14.	Агроценоз Грибановского р-на	0,82	1,62	0,24	1,87	0,73
15.	Агроценоз Хохольского р-на	0,76	1,34	0,15	1,64	0,75
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	0,77	1,14	0,18	1,86	0,71
17.	Агроценоз Репьевского р-на	0,82	1,69	0,22	1,80	0,57
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	0,70	1,86	0,27	1,89	0,86
19.	Агроценоз Панинского р-на	0,80	2,10	0,15	1,82	0,63
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	0,87	1,97	0,11	1,66	0,74
21.	Агроценоз Эртильского р-на	0,83	1,90	0,20	1,90	0,80
22.	Агроценоз Россошанского р-на	0,78	1,72	0,18	1,51	0,75
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	0,77	1,68	0,19	1,52	0,76

24.	Вблизи ООО «Бормаш»	0,71	1,70	0,16	1,35	0,67
25.	Улица города Борисоглебск	0,74	1,81	0,29	1,63	0,82
26.	Улица города Калач	0,81	1,90	0,27	1,65	0,89
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС»	0,75	1,53	0,30	1,66	0,75
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	0,81	1,50	0,23	1,63	0,78
29.	Вблизи Воронежского водохранилища	0,80	1,42	0,25	1,58	0,76
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	0,83	1,51	0,30	1,85	0,88
31.	Улица города Воронеж	0,65	1,70	0,21	1,55	0,74
32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском р-не	0,75	1,79	0,35	1,94	0,65
33.	Автоматгистраль А144	0,71	2,01	0,26	1,79	0,68
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском р-не	0,63	1,92	0,29	1,95	0,69
35.	Дорога обычного типа	0,72	1,90	0,18	1,69	0,75
36.	Железнодорожные пути	0,68	1,99	0,17	1,96	0,76
Среднее для Воронежской области		0,76	1,70	0,23	1,68	0,74

КН стронция-90, цезия-137, калия-40 из ВСП в траве полыни горькой (рисунки 4.16-4.20) имели тенденцию к снижению по мере увеличения УА РН в почве, что указывало на наличие физиологических механизмов регуляции их поступления в растение, а тория-232, радия-226 – напротив, возрастали.

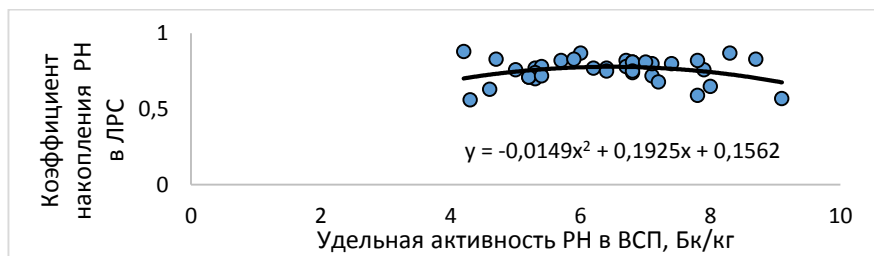


Рисунок 4.16 - Зависимость КН стронция-90 в траве полыни горькой от его УА в ВСП

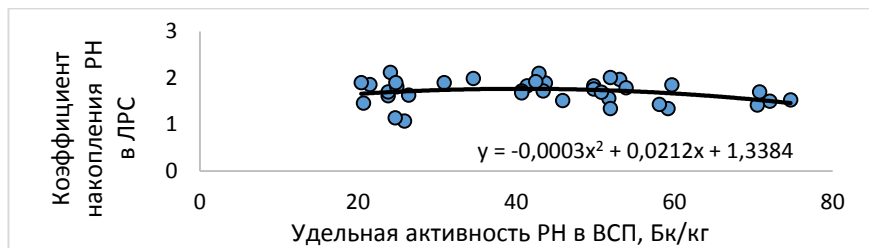


Рисунок 4.17 - Зависимость КН цезия-137 в траве полыни горькой от его УА в ВСП

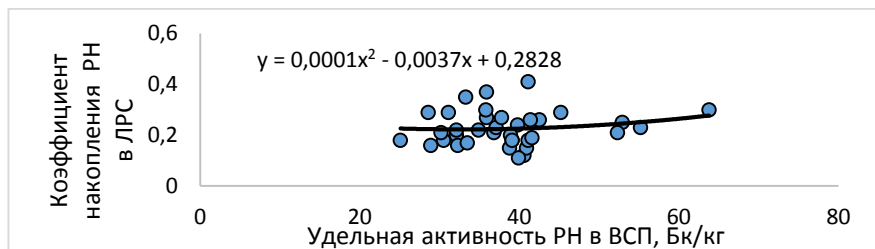


Рисунок 4.18 - Зависимость КН тория-232 в траве полыни горькой от его УА в ВСП

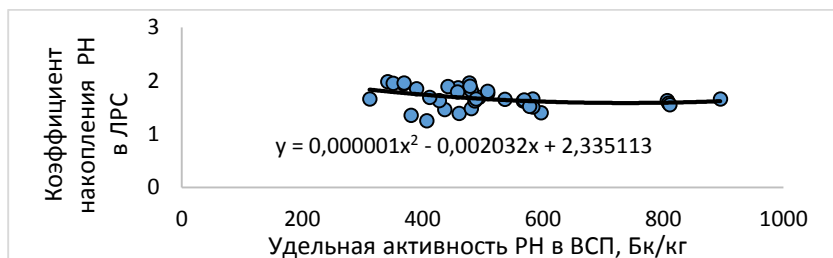


Рисунок 4.19 - Зависимость КН калия-40 в траве полыни горькой от его УА в ВСП

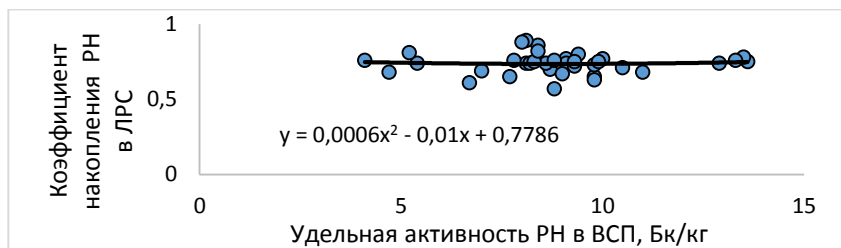


Рисунок 4.20 - Зависимость КН радия-226 в траве полыни горькой от его УА в ВСП

4.3. Накопление радионуклидов в траве тысячелистника обыкновенного *Achillea millefolium* L.

Накопление стронция-90 в траве тысячелистника обыкновенного (таблица 7) характеризуется значениями УА 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 ГФ XIV. Аккумуляция цезия-137 в траве тысячелистника обыкновенного характеризовалась более высокими абсолютными значениями, варьировавшими от 18,4 Бк/кг до 78,6 Бк/кг, а среднее значение УА 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 погрешности их определения не превышали 1,0, варьировав от 0,07 до 0,21, что дает основание признать все данное ЛРС соответствующим критерию радиационной безопасности (первая группа) [26, 47].

Накопление в траве тысячелистника обыкновенного природных РН характеризовалось невысокими числовыми значениями. УА тория-232 варьировала 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 характеризовали значения его УА от 2,7 Бк/кг до 7,7 Бк/кг, средняя УА составила 5,2 Бк/кг. ЭУА природных РН варьировала от 36,30 Бк/кг до 103,18 Бк/кг [47].

Полученные результаты определения УА природных и искусственных РН в траве тысячелистника обыкновенного, заготовленной на территории Воронежской области, отличали невысокие числовые значения и равномерность распределения по изучаемым районам заготовки сырья. Несколько более высокими значениями УА 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», 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 7
Результаты определений удельной активности РН в образцах травы тысячелистника обыкновенного
(Achillea millefolium L.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	УА РН, Бк/кг				Сумма показателей соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения	ЭУА, Бк/кг
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226	
1.	Территория Воронежского заповедника	3,6±1,3	52,3±10,4	3,2±2,3	316±42	3,7±2,1	36,3
2.	Территория Хоперского заповедника	3,2±1,6	22,1±7,7	3,4±1,9	408±53	3,2±1,9	44,34
3.	Территория Теллермановского леса	3,0±0,9	20,4±11,9	3,6±2,0	390±37	2,7±0,8	42,48
4.	Село Елань-Колено	2,8±0,7	26,7±8,6	2,6±1,0	483±56	3,7±1,0	50,55
5.	Село Нижнедевицк	5,1±2,6	47,2±17,8	5,3±2,8	415±54	4,4±1,8	48,64
6.	Улица города Острогожск	4,0±2,3	50,4±15,0	4,8±0,8	518±74	4,7±2,3	57,56
7.	Улица города Семилуки	4,1±1,8	57,7±10,7	2,6±1,9	607±69	5,6±2,0	63,61
8.	Улица города Нововоронеж	3,0±1,3	59,1±20,6	3,0±0,7	491±55	6,2±3,5	54,29

9.	ВЛЭ	3,2±0,8	59,6±16,0	3,5±2,7	534±64	5,8±1,7	0,17	58,41
10.	Агроценоз Лискинского р-на	2,8±1,4	44,1±18,5	7,7±1,7	408±59	4,1±1,1	0,12	50,83
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	3,4±1,0	40,5±10,5	3,2±2,7	513±52	5,3±2,4	0,12	55,63
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	3,6±0,6	36,8±13,9	3,8±2,2	597±68	4,3±1,5	0,11	62,97
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	3,2±1,3	27,8±12,1	3,4±1,6	590±68	6,1±1,9	0,09	63,62
14.	Агроценоз Грибановского р-на	3,0±0,9	24,1±9,0	3,6±2,2	511±63	5,7±2,4	0,08	56,37
15.	Агроценоз Хохольского р-на	4,9±1,5	53,7±19,3	2,8±1,9	621±67	5,2±1,5	0,16	64,73
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	3,4±1,9	23,8±10,5	3,7±0,6	512±59	5,6±1,9	0,08	56,49
17.	Агроценоз Репьевского р-на	4,7±1,3	53,5±12,4	5,6±1,1	529±58	6,3±2,2	0,16	61,19
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	3,2±1,3	18,4±10,0	6,7±2,3	438±65	6,7±1,7	0,06	54,83
19.	Агроценоз Панинского р-на	4,0±1,9	46,3±9,6	6,2±1,9	497±72	5,8±2,0	0,14	58,59
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	4,9±2,3	57,4±12,9	3,5±0,8	524±64	7,0±3,2	0,17	58,71
21.	Агроценоз Эртильского р-на	4,9±1,9	32,3±7,8	5,8±1,3	505±57	6,2±3,0	0,11	59,19
22.	Агроценоз Россошанского р-на	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»	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»	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»	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»	4,0±2,3	75,3±14,6	8,2±1,5	948±78	7,2±3,5	0,21	103,18

29.	Вблизи 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.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском р-не	4,3±1,2	55,6±17,5	6,5±2,5	406±45	4,1±1,5	0,16	49,09
33.	Автоматгистраль А144	3,1±0,8	56,6±12,8	7,7±2,5	442±64	3,0±2,0	0,16	52,79
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском р-не	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	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	5,3±0,9	35,9±14,2	6,8±3,0	380±45	4,9±1,8	0,12	47,94
Среднее для Воронежской области		3,7	44,1	4,9	525	5,2	0,13	58,79
Допустимая УА РН		200	400	-	-	-	<1	

Корреляционный анализ УА искусственных и естественных РН в ВСП и траве тысячелистника обыкновенного (таблица 3) показал наличие сильной взаимосвязи между данными числовыми показателями для стронция-90, цезия-137, калия-40, радия-226, что подтверждает преимущественное транспочвенное загрязнение ими ЛРС. Слабая корреляционная связь, установленная по УА тория-232 в почве и ЛРС, вероятно, связана с низкими и мало варьирующими числовыми значениями показателя в сырье.

Данные, представленные на рисунках 4.21-4.25 показывают, что при увеличении УА всех определяемых РН в ВСП возрастала их УА в траве тысячелистника обыкновенного. Закономерности перехода описаны математическими зависимостями.

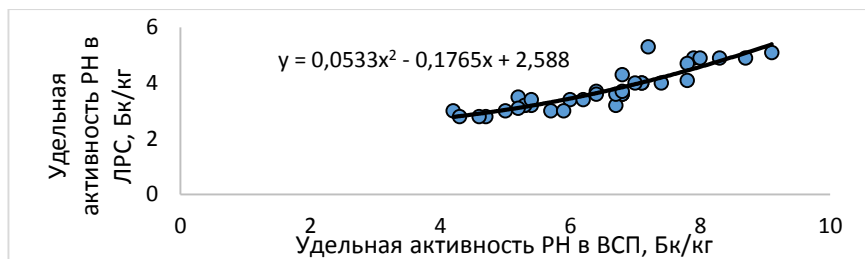


Рисунок 4.21 - Зависимость УА стронция-90 в траве тысячелистника обыкновенного от его УА в ВСП

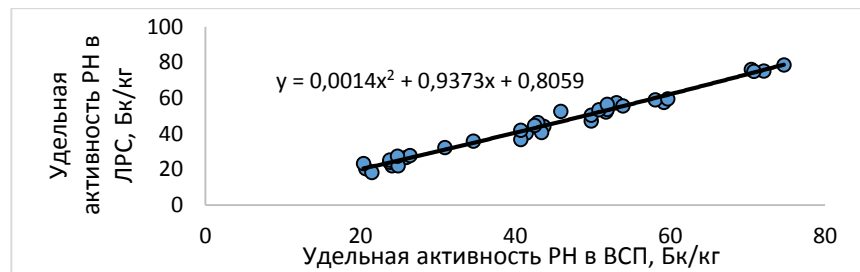


Рисунок 4.22 - Зависимость УА цезия-137 в траве тысячелистника обыкновенного от его УА в ВСП

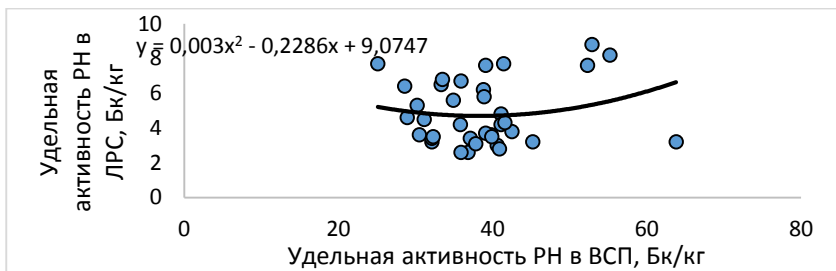


Рисунок 4.23 - Зависимость УА тория-232 в траве тысячелистника обыкновенного от его УА в ВСП

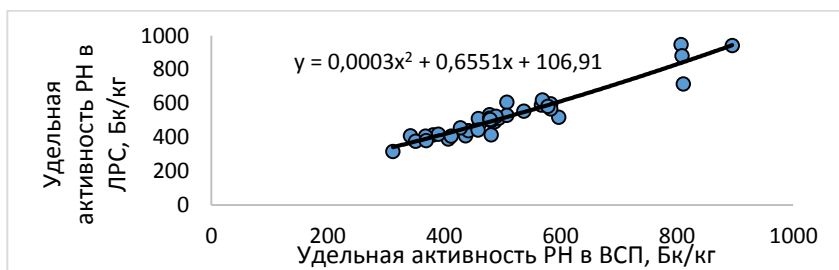


Рисунок 4.24 - Зависимость УА калия-40 в траве тысячелистника обыкновенного от его УА в ВСП

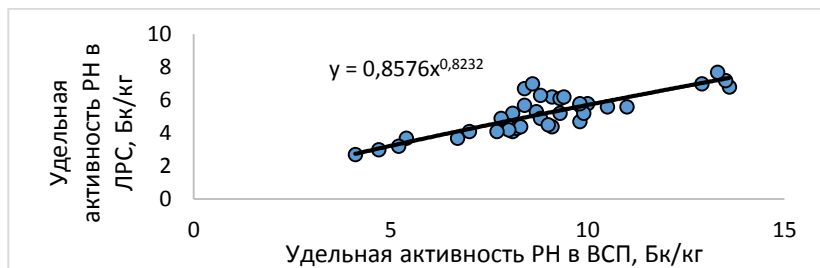


Рисунок 4.25 - Зависимость УА радия-226 в траве тысячелистника обыкновенного от его УА в ВСП

Анализ полученных расчетных КН РН (таблица 8) показал, что трава тысячелистника обыкновенного наиболее активно аккумулирует из ВСП калий-40 (КН варьируют от 0,86 до 1,12 при среднем значении 1,04) и цезий-137 (КН варьируют от 0,86 до 1,15 при среднем значении 1,02). Умеренно накапливается в траве тысячелистника обыкновенного стронций-90 - средний КН изотопа составил 0,59 и варьирует в образцах региона от 0,48 до 0,74, и радия-226 – средний КН составил 0,59, варьируя от

0,51 до 0,81. В наименьшей степени в траве тысячелистника обыкновенного аккумулируется торий-232: КН колебались от 0,07 до 0,31, среднее значение КН составило 0,13, что являлось наименьшим показателем для ЛРС Воронежской области [47].

Таблица 8

Коэффициенты накопления РН в образцах травы тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Радиоизотоп				
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
1.	Территория Воронежского заповедника	0,53	1,01	0,10	1,01	0,69
2.	Территория Хоперского заповедника	0,60	0,92	0,11	0,93	0,62
3.	Территория Теллермановского леса	0,60	0,99	0,12	0,96	0,66
4.	Село Елань-Колено	0,60	1,03	0,07	1,05	0,55
5.	Село Нижнедевицк	0,56	0,95	0,18	0,86	0,48
6.	Улица города Острогожск	0,56	1,01	0,12	0,87	0,48
7.	Улица города Семилуки	0,53	0,97	0,07	1,19	0,51
8.	Улица города Нововоронеж	0,71	1,02	0,07	1,01	0,68
9.	ВЛЭ	0,48	1,00	0,11	1,12	0,58
10.	Агроценоз Лискинского р-на	0,65	1,01	0,31	1,19	0,51
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	0,57	0,98	0,07	1,04	0,61
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	0,53	0,90	0,09	1,02	0,52
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	0,59	1,05	0,09	1,04	0,66
14.	Агроценоз Грибановского р-на	0,53	1,01	0,09	1,11	0,58
15.	Агроценоз Хохольского р-на	0,62	1,03	0,07	1,09	0,53
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	0,55	0,96	0,09	1,07	0,53
17.	Агроценоз Репьевского р-на	0,60	1,05	0,16	1,04	0,72
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	0,60	0,86	0,19	0,99	0,80
19.	Агроценоз Панинского р-на	0,56	1,08	0,13	1,03	0,59
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	0,59	1,08	0,07	1,07	0,81
21.	Агроценоз Эртильского р-на	0,56	1,05	0,15	1,05	0,66
22.	Агроценоз Россошанского р-на	0,54	0,94	0,10	0,97	0,53

23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	0,58	1,03	0,10	1,01	0,56
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	0,67	1,06	0,16	1,09	0,50
25.	Улица города Борисоглебск	0,60	0,89	0,14	1,06	0,68
26.	Улица города Калач	0,54	1,11	0,08	1,03	0,64
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС»	0,56	1,05	0,06	1,05	0,50
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	0,57	1,04	0,16	1,17	0,53
29.	Вблизи Воронежского водохранилища	0,54	1,08	0,18	1,09	0,58
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	0,51	1,15	0,12	1,07	0,53
31.	Улица города Воронеж	0,61	1,06	0,16	0,88	0,54
32.	Автоматрираль М4 «Дон» в Рамонском р-не	0,63	1,03	0,20	1,10	0,53
33.	Автоматрираль А144	0,60	1,09	0,19	0,97	0,64
34.	Автоматрираль М4 «Дон» в Павловском р-не	0,61	1,05	0,22	1,07	0,59
35.	Дорога обычного типа	0,63	1,15	0,19	0,99	0,56
36.	Железнодорожные пути	0,74	1,04	0,20	1,12	0,63
Среднее для Воронежской области		0,59	1,02	0,13	1,06	0,59

Для КН стронция-90, тория-232, калия-40, радия-226 в траве тысячелистника обыкновенного (рисунки 4.26-4.30) отмечены тенденции к снижению при увеличении их УА в почве, что свидетельствовало о наличии физиологических механизмов регуляции их поступления в растение. КН цезия-137, наоборот, несколько возрастали, что указывало на высокую способность к накоплению данного РН у растения.

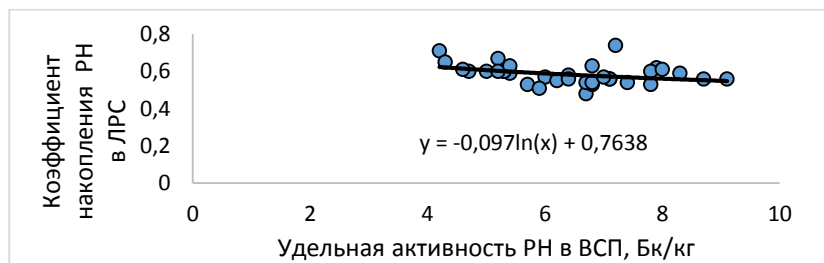


Рисунок 4.26 - Зависимость КН стронция-90 в траве тысячелистника обыкновенного от его УА в ВСП

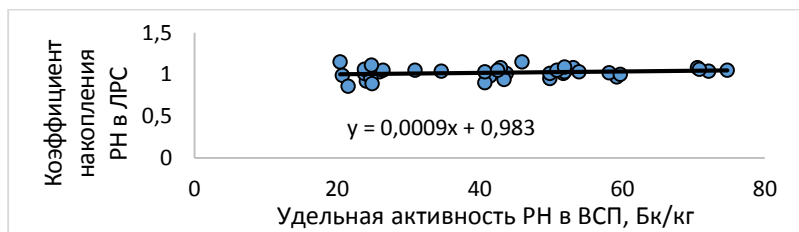


Рисунок 4.27 - Зависимость КН цезия-137 в траве тысячелистника обыкновенного от его УА в ВСП

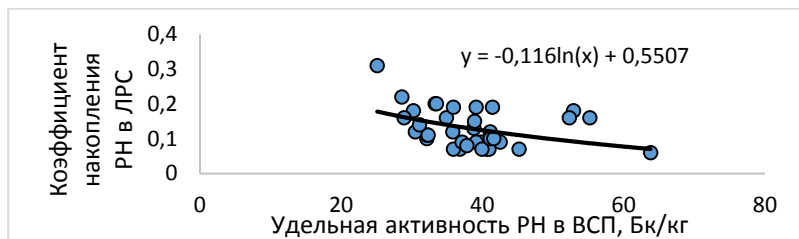


Рисунок 4.28 - Зависимость КН тория-232 в траве тысячелистника обыкновенного от его УА в ВСП

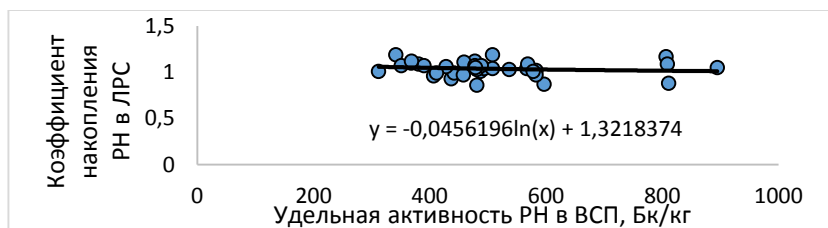


Рисунок 4.29 - Зависимость КН калия-40 в траве тысячелистника обыкновенного от его УА в ВСП

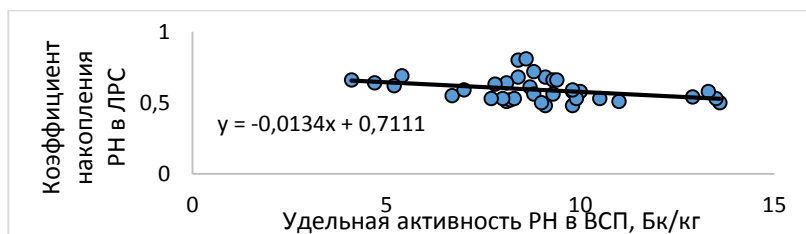


Рисунок 4.30 - Зависимость КН радия-226 в траве тысячелистника обыкновенного от его УА в ВСП

4.4. Накопление радионуклидов в траве пустырника пятилопастного *Leonurus quinquelobatus* Gilib.

УА стронция-90 в траве пустырника пятилопастного (таблица 9) характеризовалась 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. УА цезия-137, варьируя от 37,8 Бк/кг до 134,1 Бк/кг (в среднем - 78,8 Бк/кг), также не превышала пределов допустимого содержания данного РН в ЛРС.

Значения суммы показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения позволили считать заготовленную на территории Воронежской области траву пустырника пятилопастного соответствующей критерию радиационной безопасности (первая группа): данный показатель варьировал от 0,11 до 0,37 [26, 206].

УА РН калия-40 в траве пустырника пятилопастного отличался более высокими значениями, чем для других видов изучаемого ЛРС, варьировал от 614 Бк/кг до 1341 Бк/кг при среднем значении 919 Бк/кг. Содержание тория-232 не выделялось высокими показателями и характеризовалось значениями УА от 5,5 Бк/кг до 12,9 Бк/кг (в среднем для всех изученных образцов 7,7 Бк/кг). УА радия-226 варьировала от 2,8 Бк/кг до 7,6 Бк/кг (среднее для всех изученных образцов – 5,0 Бк/кг), что также являлось относительно невысоким уровнем накопления радиоизотопа. ЭУА природных РН варьировала от 69,21 Бк/кг до 141,61 Бк/кг [177].

Полученные результаты определения УА природных и искусственных РН в данном ЛРС, заготовленном на территории Воронежской области, 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 Левобережного района, вдоль водохранилища, вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук», которые расположены в ближайшей окружности от ТЭЦ.

Таблица 9

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

№ п/п	Территория заготовки образцов	УА РН, Бк/кг					Сумма показателей соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения	ЭУА, Бк/кг
		Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226			
	Sr-90							
1.	Территория Воронежского 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 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	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	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.	ВЛЭ	4,6±0,9	101,3±13,4	7,2±1,9	838±76	5,6±0,9	0,28	90,38
10.	Агроценоз Лисинского р-на	3,1±1,3	102,7±21,7	6,9±2,4	715±58	4,3±1,5	0,27	77,62
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	3,5±1,0	81,1±14,9	9,3±3,5	918±92	4,4±1,0	0,22	99,11
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	3,7±1,9	80,1±12,8	9,7±4,1	983±76	4,2±2,1	0,22	105,28
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	4,0±2,3	57,4±7,9	7,5±2,8	1015±108	5,4±1,9	0,16	106,5
14.	Агроценоз Грибановского р-на	4,2±1,8	43,2±19,0	7,8±3,0	898±78	5,0±0,8	0,13	95,96
15.	Агроценоз Хохольского р-на	3,9±1,2	105,7±20,6	8,2±4,4	1112±114	5,2±1,6	0,28	115,94
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	3,3±0,9	57,2±12,5	7,3±3,9	814±79	5,7±2,0	0,16	88,45
17.	Агроценоз Репьевского р-на	4,5±1,3	89,5±9,7	7,4±3,8	961±89	4,2±0,9	0,25	100,31
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	2,9±1,4	43,8±17,5	6,7±4,0	905±92	4,4±1,8	0,12	94,56
19.	Агроценоз Панинского р-на	3,7±1,8	87,4±17,4	7,5±4,5	941±87	5,3±1,4	0,24	99,74
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	3,9±0,9	97,3±12,8	6,7±3,2	950±86	5,0±2,0	0,26	99,21
21.	Агроценоз Эртильского р-на	4,3±1,3	65,1±7,8	5,9±0,9	883±90	5,2±0,7	0,18	92,34
22.	Агроценоз Россошанского р-на	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»	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»	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»	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»	3,7±1,9	126,5±16,3	12,1±4,7	1258±115	7,6±1,5	0,33	136,55

29.	Вблизи 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 р-не	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	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 р-не	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	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	4,1±1,3	65,9±15,4	6,7±2,2	732±93	4,7±1,8	0,19	79,29
Среднее для Воронежской области		3,9	78,8	7,7	919	5,0	0,22	97,69
Допустимая У/А РН		200	400	-	-	-	<1	

Детальный анализ корреляционной зависимости УА искусственных и естественных РН в ВСП и траве пустырника пятилопастного (таблица 3) показал наличие тесной взаимосвязи между данными числовыми показателями, что подтверждает преимущественное радионуклидное загрязнение ЛРС через почву. Данные, представленные на рисунках 4.31-4.35, показывают, что при увеличении УА стронция-90, цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226 в ВСП возрастала их УА в ЛРС. Закономерности перехода описаны математическими зависимостями с максимальным коэффициентом достоверности аппроксимации.

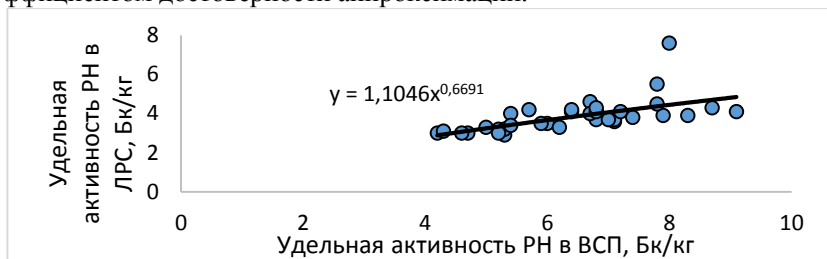


Рисунок 4.31 - Зависимость УА стронция-90 в траве пустырника пятилопастного от его УА в ВСП

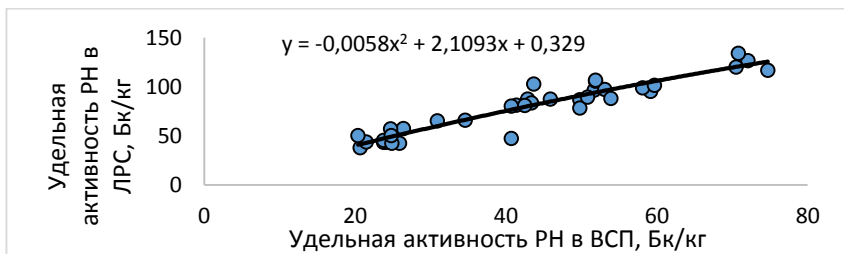


Рисунок 4.32 - Зависимость УА цезия-137 в траве пустырника пятилопастного от его УА в ВСП

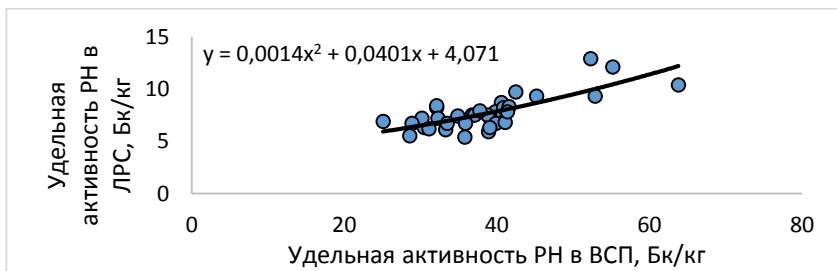


Рисунок 4.33 - Зависимость УА тория-232 в траве пустырника пятилопастного от его УА в ВСП

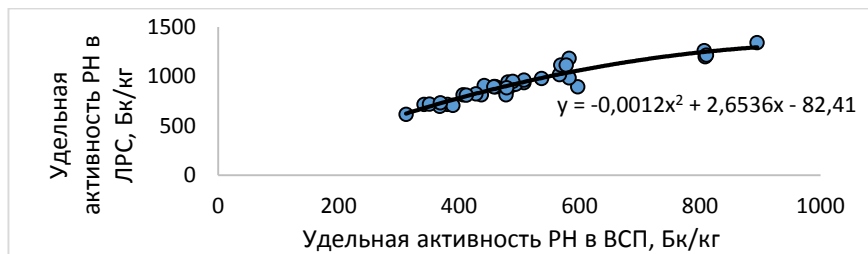


Рисунок 4.34 - Зависимость УА калия-40 в траве пустырника пятилопастного от его УА в ВСП

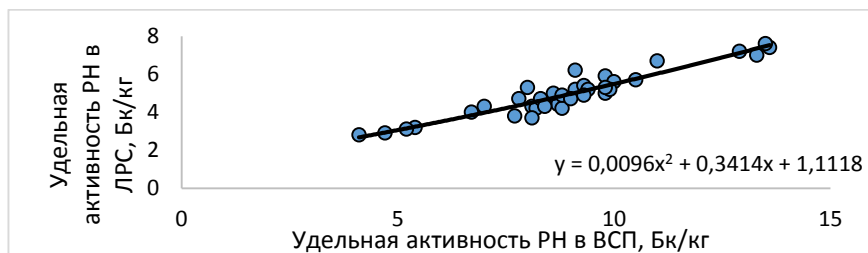


Рисунок 4.35 - Зависимость УА радия-226 в траве пустырника пятилопастного от его УА в ВСП

КН РН в траве пустырника пятилопастного (таблица 10) показали активную аккумуляцию ЛРС из ВСП калия-40 (КН варьировали от 1,50 до 2,16 при среднем значении 1,85) и цезия-137 (КН варьировали от 1,16 до 2,47 при среднем значении 1,87). С относительно невысокой активностью накапливался в траве пустырника пятилопастного стронций-90 - средний КН изотопа составил 0,61 и варьировал от 0,47 до 0,95, и радий-226 – средний КН составил 0,56, варьировав от 0,48 до 0,68. В наименьшей степени в траве пустырника пятилопастного накапливался торий-232: среднее значение КН составило 0,20 (варьировало от 0,13 до 0,27).

Таблица 10

Коэффициенты накопления РН в образцах травы пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Радиоизотоп				
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
1.	Территория Воронежского заповедника	0,60	1,87	0,26	1,97	0,59
2.	Территория Хоперского заповедника	0,60	1,80	0,26	1,86	0,60

3.	Территория Теллермановского леса	0,66	1,83	0,21	2,00	0,68
4.	Село Елань-Колено	0,64	1,64	0,20	1,94	0,60
5.	Село Нижнедевицк	0,45	1,74	0,24	1,87	0,57
6.	Улица города Острогожск	0,51	1,57	0,20	1,50	0,60
7.	Улица города Семилуки	0,71	1,61	0,19	1,84	0,61
8.	Улица города Нововоронеж	0,71	1,70	0,21	1,86	0,68
9.	ВЛЭ	0,69	1,70	0,22	1,75	0,56
10.	Агроценоз Лискинского р-на	0,72	2,35	0,27	2,09	0,53
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	0,58	1,96	0,21	1,86	0,51
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	0,54	1,97	0,23	1,69	0,51
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	0,74	2,17	0,20	1,79	0,58
14.	Агроценоз Грибановского р-на	0,74	1,82	0,20	1,96	0,51
15.	Агроценоз Хохольского р-на	0,49	2,04	0,20	1,95	0,53
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	0,53	2,32	0,17	1,70	0,54
17.	Агроценоз Репьевского р-на	0,58	1,76	0,21	1,89	0,48
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	0,55	2,04	0,19	2,05	0,52
19.	Агроценоз Панинского р-на	0,52	2,04	0,15	1,96	0,54
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	0,47	1,83	0,13	1,94	0,58
21.	Агроценоз Эртильского р-на	0,49	2,11	0,15	1,84	0,55
22.	Агроценоз Россошанского р-на	0,60	1,92	0,16	2,02	0,57
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	0,64	1,16	0,20	1,93	0,56
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	0,62	1,90	0,23	1,88	0,52
25.	Улица города Борисоглебск	0,60	1,70	0,20	1,92	0,51
26.	Улица города Калач	0,60	2,02	0,21	1,82	0,46
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС»	0,66	1,56	0,19	1,50	0,54
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	0,53	1,75	0,24	1,56	0,56
29.	Вблизи Воронежского водохранилища	0,51	1,70	0,19	1,48	0,53
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	0,59	1,90	0,15	1,81	0,66
31.	Улица города Воронеж	0,95	1,89	0,27	1,50	0,56
32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском р-не	0,63	1,63	0,18	1,89	0,49
33.	Автоматгистраль А144	0,58	2,06	0,19	1,95	0,62

34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском р-не	0,65	1,90	0,19	2,05	0,61
35.	Дорога обычного типа	0,63	2,47	0,16	1,97	0,53
36.	Железнодорожные пути	0,57	1,90	0,20	2,16	0,60
Среднее для Воронежской области		0,61	1,87	0,20	1,85	0,56

Для КН определяемых РН в траве пустырника пятилопастного отмечены тенденции к снижению при увеличении их УА в ВСП, что говорит о наличии физиологических механизмов регуляции поступления их в ЛРС. Закономерности перехода описаны математическими зависимостями (рисунки 4.36-4.40).

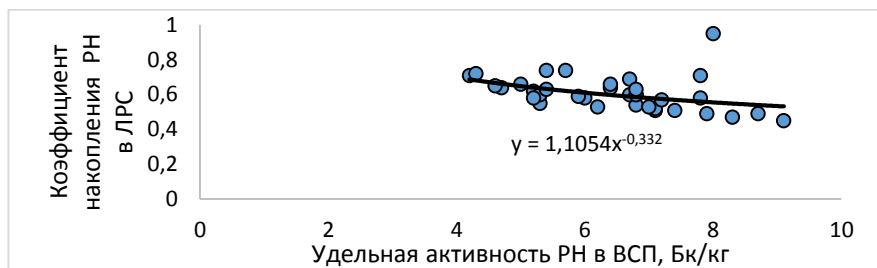


Рисунок 4.36 - Зависимость КН стронция-90 в траве пустырника пятилопастного от его УА в ВСП

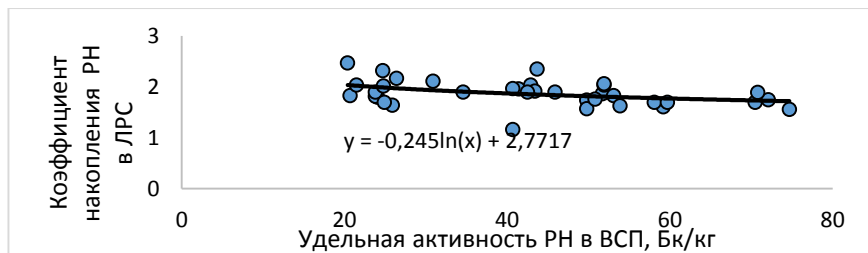


Рисунок 4.37 - Зависимость КН цезия-137 в траве пустырника пятилопастного от его УА в ВСП

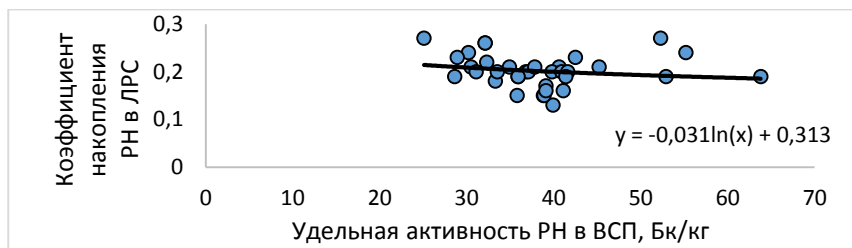


Рисунок 4.38 - Зависимость КН тория-232 в траве пустырника пятилопастного от его УА в ВСП

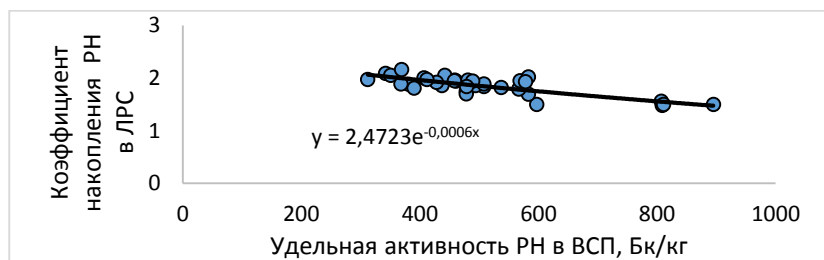


Рисунок 4.39 - Зависимость КН калия-40 в траве пустырника пятилопастного от его УА в ВСП

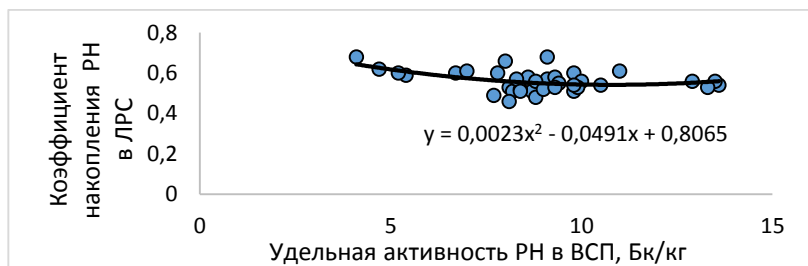


Рисунок 4.40 - Зависимость КН радия-226 в траве пустырника пятилопастного от его УА в ВСП

4.5. Накопление радионуклидов в листьях подорожника большого *Plantago major* L.

УА в листьях подорожника большого стронция-90 в среднем составила 7,1 Бк/кг и варьировала от 5,3 Бк/кг до 10,4 Бк/кг, что в десятки раз меньше предельно допустимых норм (таблица 11). Аккумуляция цезия-137 отмечена на более высоком уровне и составила от 54,1 Бк/кг до 167,3 Бк/кг (среднее значение составило 106,6 Бк/кг), что не превышало установленного ГФ XIV норматива [26, 40]. Рассчитанные значения суммы показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения для листьев подорожника большого позволили признать данное ЛРС, заготовленное в Воронежской области, соответствующим критерию радиационной безопасности (первая группа): их числовые значения составили от 0,17 до 0,45.

УА природных РН в листьях подорожника большого нельзя считать высокими в сравнении с ранее проведенными исследованиями и результатами 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. УА 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 [40]. Полученные результаты определения УА природных и искусственных РН в данном ЛРС, заготовленном на территории Воронежской области, соответствуют непрерывному равномерному распределению. Несколько более высокие значения УА природных РН, а также суммы показателя соответствия и погрешности его определения отмечены в образцах, заготовленных вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС», а также на улице Воронежа, вдоль водохранилища, вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук», которые расположены в ближайшем соседстве с ТЭЦ.

Корреляционный анализ УА искусственных и естественных РН в ВСП и листьях подорожника большого (таблица 3) показал наличие весьма заметной взаимосвязи для стронция-90, цезия-137, калия-40, радия-226, и заметной – для тория-232, что подтверждает преимущественное загрязнение ЛРС РН через почву.

Изучение УА искусственных и природных РН в ВСП и листьях подорожника большого (рисунки 4.41-4.45) показало наличие прямой зависимости между этими показателями. Закономерности перехода РН из ВРС в ЛРС описаны математическими зависимостями.

Таблица 11
Результаты определений удельной активности РН в образцах листьев подорожника большого
(*Plantago major* L.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	УА РН, Бк/кг				Сумма показателей соответствия требованиям радиационной безопасности и потребности его определения	ЭУА, Бк/кг
		Сs-137	Th-232	K-40	Ra-226		
		Sr-90					
1.	Территория Воронежского заповедника	6,4±1,8	115,9±15,9	12,4±3,7	416±57	4,8±2,1	58,36
2.	Территория Хоперского заповедника	6,0±2,4	77,3±23,8	11,7±4,2	539±89	4,2±1,7	67,92
3.	Территория Теллермановского леса	6,1±1,5	63,9±9,7	14,3±5,7	606±64	3,9±0,6	77,03
4.	Село Елань-Колено	5,8±0,8	69,9±12,9	10,8±4,8	682±82	7,3±1,9	82,72
5.	Село Нижнедевицк	10,4±1,6	123,3±17,9	9,8±3,9	689±85	8,6±2,1	83,35
6.	Улица города Острогожск	7,8±2,8	128,1±13,0	11,7±2,0	853±90	8,9±1,3	100,88
7.	Улица города Семилуки	8,9±1,4	163,1±21,9	9,3±4,1	716±102	10,1±0,9	86,63
8.	Улица города Нововоронеж	5,4±1,3	136,8±14,8	14,7±5,5	635±54	9,2±1,8	85,46
9.	ВЛЭ	7,6±0,8	153,7±15,0	15,4±6,0	614±72	9,6±0,7	84,88
10.	Агроценоз Лискинского р-на	4,8±1,6	129,6±8,9	12,3±4,7	556±80	8,3±1,6	74,33
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	5,9±1,7	136,1±11,0	13,0±3,9	718±54	8,4±1,6	89,92

12.	Агроценоз Подгоренского р-на	7,2±2,3	118,9±9,2	14,2±2,9	831±51	8,3±0,5	0,33	101,55
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	6,3±1,3	79,5±8,0	14,5±4,8	854±78	8,7±2,6	0,23	104,41
14.	Агроценоз Грибановского р-на	6,4±2,7	61,3±8,4	17,4±5,9	704±60	10,2±1,7	0,19	96,18
15.	Агроценоз Хохольского р-на	7,8±1,9	142,9±22,1	16,5±5,0	918±54	10,1±1,8	0,40	114,17
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	6,8±3,7	63,1±7,4	17,1±3,0	679±75	10,6±1,2	0,19	93,94
17.	Агроценоз Репеньевского р-на	8,2±0,8	138,6±22,5	18,4±4,3	751±62	8,7±2,2	0,39	100,21
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	5,3±1,5	64,3±16,0	19,5±6,1	653±97	8,2±0,9	0,19	92,32
19.	Агроценоз Панинского р-на	8,4±1,8	89,5±13,7	12,6±3,4	689±65	8,7±2,1	0,27	87,09
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	8,7±1,9	115,4±16,3	18,4±2,5	911±100	8,2±0,8	0,33	114,11
21.	Агроценоз Эртильского р-на	8,9±0,6	81,2±11,8	13,3±4,9	937±85	9,3±1,7	0,25	110,92
22.	Агроценоз Россосанского р-на	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»	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»	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»	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»	7,4±1,5	157,6±11,4	18,5±2,9	1157±110	10,1±2,1	0,43	138,28
29.	Вблизи 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 р-не	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	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 р-не	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	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	7,7±2,0	98,4±9,5	11,1±3,0	497±56	7,2±2,1	0,28	66,36
Среднее для Воронежской области		7,1	106,6	14,0	742	8,2	0,30	93,17
Допустимая УА РН		200	400	-	-	-	<1	

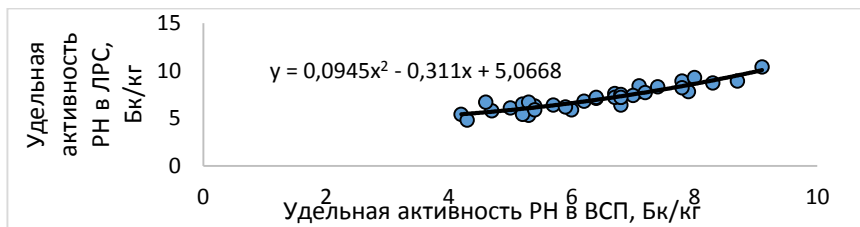


Рисунок 4.41 - Зависимость УА стронция-90 в листьях подорожника большого от его УА в ВСП

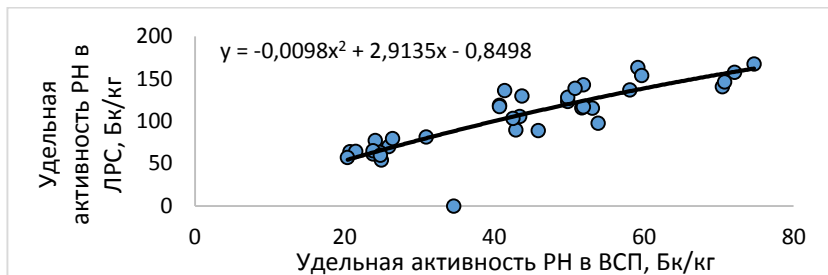


Рисунок 4.42 - Зависимость УА цезия-137 в листьях подорожника большого от его УА в ВСП

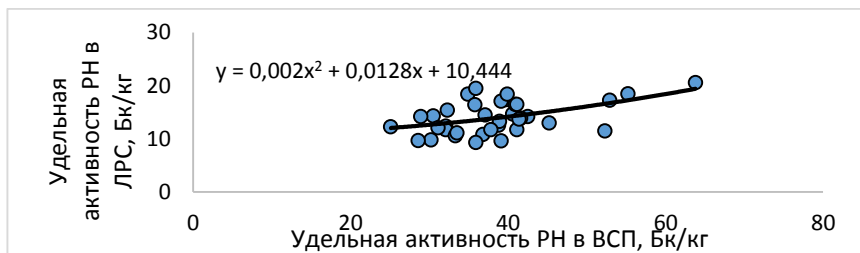


Рисунок 4.43 - Зависимость УА тория-232 в листьях подорожника большого от его УА в ВСП

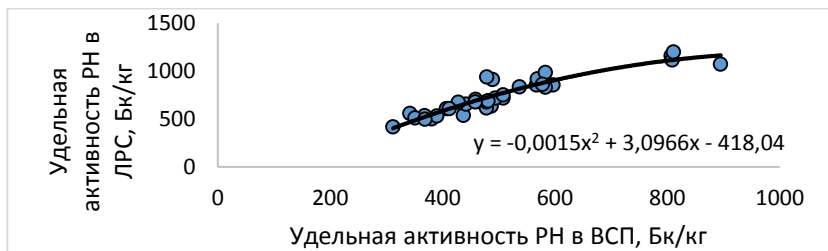


Рисунок 4.44 - Зависимость УА калия-40 в листьях подорожника большого от его УА в ВСП

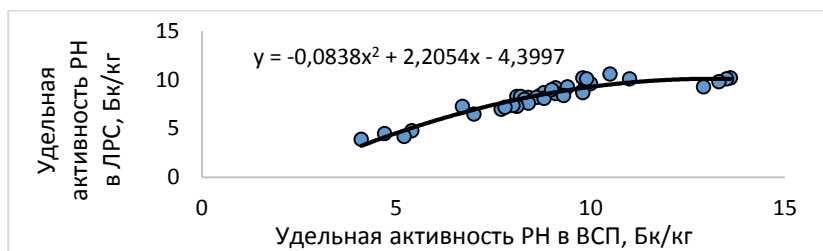


Рисунок 4.45 - Зависимость УА радия-226 в листьях подорожника большого от его УА в ВСП

Для листьев подорожника большого отмечено интенсивное аккумулярование из ВСП цезия-137, КН которого варьировали от 1,81 до 3,29 и в среднем составили 2,55 (таблица 12). Относительно высокий уровень концентрирования в листьях подорожника большого также отмечен для близкого по строению изотопа – калия-40, средний КН которого составил 1,47 при диапазоне его численных колебаний от 1,23 до 1,96. Активно накапливались в листьях подорожника большого двухвалентные радиоизотопы: для стронция-90 средний КН составил 1,12 (показатель в изученных образцах варьирует от 0,94 до 1,29), для радия-226 – 0,93 (расчетный показатель колебался в данном виде ЛРС от 0,72 до 1,02). Невысокие КН отмечены для тория-232: в среднем они составили 0,37, варьируя от 0,24 до 0,49.

Таблица 12

**Коэффициенты накопления РН в образцах листьев подорожника
большого (*Plantago major* L.)**

№ п/ п	Территория заготовки образцов	Радиоизотоп				
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
1.	Территория Воронежского заповедника	0,94	2,24	0,39	1,33	0,89
2.	Территория Хоперского заповедника	1,13	3,21	0,36	1,23	0,81
3.	Территория Теллермановского леса	1,22	3,09	0,47	1,49	0,95
4.	Село Елань-Колено	1,23	2,70	0,29	1,48	1,09
5.	Село Нижнедевицк	1,14	2,48	0,32	1,43	0,95
6.	Улица города Острогожск	1,10	2,57	0,28	1,43	0,91
7.	Улица города Семилуки	1,14	2,76	0,26	1,41	0,92
8.	Улица города Нововоронеж	1,29	2,35	0,36	1,30	1,01
9.	ВЛЭ	1,13	2,57	0,48	1,28	0,96
10.	Агроценоз Лискинского р-на	1,12	2,97	0,49	1,63	1,02
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	0,98	3,29	0,29	1,45	0,97
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	1,06	2,92	0,33	1,43	1,01
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	1,17	3,01	0,39	1,51	0,94
14.	Агроценоз Грибановского р-на	1,12	2,58	0,44	1,53	1,04
15.	Агроценоз Хохольского р-на	0,99	2,75	0,40	1,61	1,02
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	1,10	2,55	0,41	1,42	1,01
17.	Агроценоз Репьевского р-на	1,05	2,73	0,53	1,48	0,99
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	1,00	2,99	0,54	1,48	0,98
19.	Агроценоз Панинского р-на	1,18	2,09	0,26	1,43	0,89
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	1,05	2,17	0,37	1,86	0,95
21.	Агроценоз Эртильского р-на	1,02	2,63	0,34	1,96	0,99
22.	Агроценоз Россошанского р-на	1,07	2,44	0,38	1,69	0,96
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	1,11	2,88	0,33	1,49	0,92
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	1,25	2,74	0,49	1,31	1,00
25.	Улица города Борисоглебск	1,26	2,17	0,39	1,57	0,90
26.	Улица города Калач	1,10	2,41	0,31	1,55	0,90
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС»	1,13	2,24	0,38	1,20	0,75
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	1,06	2,19	0,37	1,43	0,75
29.	Вблизи Воронежского водохранилища	1,12	1,99	0,36	1,38	0,74
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	1,05	1,94	0,46	1,36	0,93
31.	Улица города Воронеж	1,16	2,07	0,24	1,48	0,72

32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Ра- монском р-не	1,06	1,81	0,32	1,45	0,91
33.	Автоматгистраль А144	1,04	2,25	0,33	1,48	0,96
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Пав- ловском р-не	1,46	2,43	0,34	1,46	0,93
35.	Дорога обычного типа	1,09	2,80	0,25	1,48	0,90
36.	Железнодорожные пути	1,07	2,84	0,33	1,47	0,92
Среднее для Воронежской области		1,12	2,55	0,37	1,47	0,93

Для КН определяемых РН в листьях подорожника большого отмечены тенденции к снижению при увеличении их УА в ВСП, что говорит о наличии физиологических механизмов регуляции их поступления в растение. Закономерности перехода описаны на рисунках 4.46–4.50.

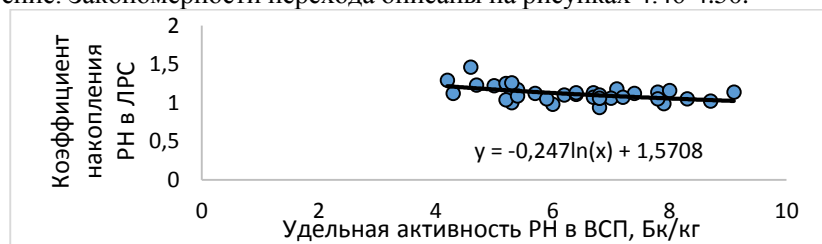


Рисунок 4.46 - Зависимость КН стронция-90 в листьях подорожника большого от его УА в ВСП

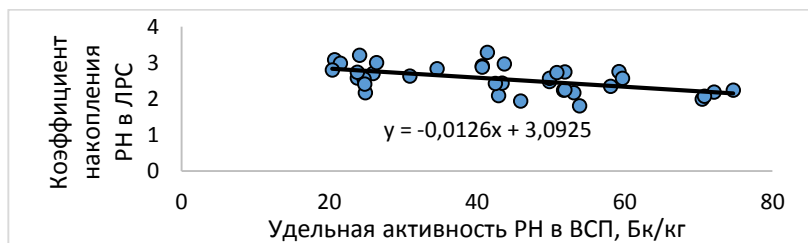


Рисунок 4.47 - Зависимость КН цезия-137 в листьях подорожника большого от его УА в ВСП

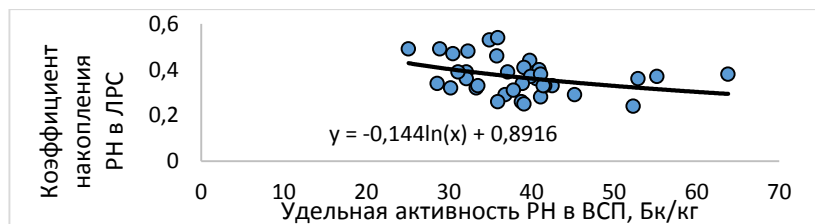


Рисунок 4.48 - Зависимость КН тория-232 в листьях подорожника большого от его УА в ВСП

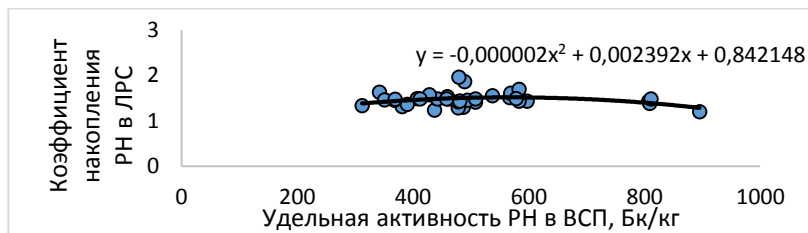


Рисунок 4.49 - Зависимость КН калия-40 в листьях подорожника большого от его УА в ВСП

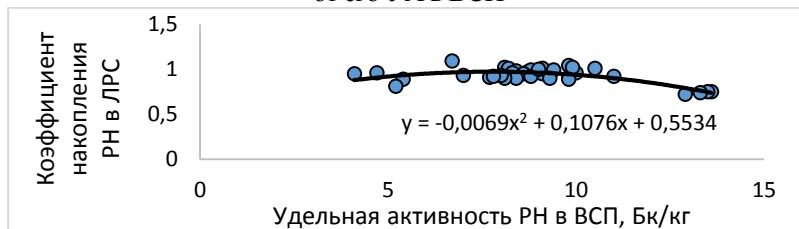


Рисунок 4.50 - Зависимость КН радия-226 в листьях подорожника большого от его УА в ВСП

4.6. Накопление радионуклидов в листьях крапивы двудомной *Urtica dioica* L.

УА стронция-90 в листьях крапивы двудомной (таблица 13) характеризовался 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. УА цезия-137 в листьях крапивы двудомной, варьировав от 29,7 Бк/кг до 99,5 Бк/кг (среднее по региону значение 59,6 Бк/кг), также не превышал допустимого содержания данного РН в ЛРС [26]. 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 листья крапивы двудомной соответствующими критерию радиационной безопасности (первая группа): данный показатель принимал числовые значения от 0,10 до 0,29 [26, 40].

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

№ п/п	Территория заготовки образцов	УА РН, Бк/кг				Сумма показателей соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения	ЭУА, Бк/кг
		Ст-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226	
1.	Территория Воронежского заповедника	7,2±1,8	57,9±27,3	11,4±3,5	514±54	5,7±2,4	66,78
2.	Территория Хоперского заповедника	6,4±2,6	30,4±10,9	10,8±2,9	617±76	5,5±1,9	75,07
3.	Территория Теллермановского леса	5,5±1,9	29,7±15,2	12,3±4,1	634±80	4,8±2,8	77,85
4.	Село Елань-Колено	5,2±2,0	34,3±14,0	17,4±5,0	732±48	7,4±1,5	95,9
5.	Село Нижнедевицк	10,2±0,8	60,1±23,9	14,5±2,8	767±86	10,3±2,6	98,18
6.	Улица города Острогожск	7,6±1,3	72,3±21,0	17,9±3,5	869±76	10,2±2,0	111,68
7.	Улица города Семилуки	8,3±1,8	74,5±18,6	14,1±4,8	877±77	10,9±3,5	108,16
8.	Улица города Нововоронеж	4,5±2,4	77,9±24,7	18,6±3,0	793±90	9,7±3,7	105,25
9.	ВЛЭ	6,9±1,5	74,1±17,9	16,5±2,5	787±86	10,4±2,6	102,68
10.	Агроценоз Лискинского р-на	4,0±1,2	69,5±21,5	14,1±4,2	591±64	9,3±2,1	80,82
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	6,1±3,2	67,4±13,2	19,6±5,7	786±87	9,8±3,7	106,02
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	7,2±1,8	64,3±18,6	17,4±3,8	853±64	9,4±2,5	108,79
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	5,6±2,7	41,9±10,5	15,9±4,9	876±95	9,8±3,6	109,31
14.	Агроценоз Грибановского р-на	5,9±1,8	36,2±21,8	16,3±2,7	839±92	10,3±3,5	107
15.	Агроценоз Хохольского р-на	7,8±2,6	74,3±17,4	17,3±5,9	891±74	10,1±2,0	112,78
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	6,9±1,7	38,1±10,6	19,0±6,1	832±90	10,7±2,8	110,28
17.	Агроценоз Рельевского р-на	8,4±2,0	65,3±24,7	14,5±5,9	905±102	9,5±3,0	109,8
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	6,2±1,4	29,4±13,8	17,6±6,8	814±97	9,7±4,0	105,84
19.	Агроценоз Панинского р-на	7,9±2,8	57,5±17,0	18,3±2,7	839±93	10,3±1,8	109,6
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	9,6±1,7	72,3±19,1	17,2±5,3	876±100	9,2±2,7	110,4
21.	Агроценоз Эртильского р-на	10,1±3,3	51,6±12,4	19,1±1,9	816±54	9,8±3,9	108,07

22.	Агроценоз Россопанского р-на	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»	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»	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»	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.	Вблизи Воронежского водохрани- лища	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±93	10,7±1,8	0,29	126,53
32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамон- ском р-не	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	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 Павлов- ском р-не	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	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	7,4±1,9	48,5±12,1	14,8±5,9	512±83	8,8±3,8	0,18	74,12
Среднее для Воронежской области		6,8	59,6	15,9	791	9,3	0,18	101,2
Допустимая УА РН		200	400	-	-	-	<1	

УА тория-232 в листьях крапивы двудомной отличалась чуть более высокими значениями, чем для других видов изучаемого ЛРС - от 10,8 Бк/кг до 19,9 Бк/кг (в среднем для всех изученных образцов 15,9 Бк/кг). Аккумуляция калия-40 находилась 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 [40]. Результаты определения УА природных и искусственных РН в данном ЛРС, заготовленном на территории Воронежской области, отличает равномерный характер распределения по региону. Несколько более высокие значения УА и ЭУА природных РН, отмечены в ЛРС, заготовленном вблизи ТЭЦ, ОАО «Воронежсинтезкаучук», на берегу водохранилища, на улице г. Воронежа.

Анализ корреляционной зависимости УА РН в ВСП и листьях крапивы двудомной (таблица 3) показал наличие весьма заметной взаимосвязи между данными числовыми показателями для стронция-90, цезия-137, калия-40, радия-226, и заметной – для тория-232, что подтвердило преимущественное радионуклидное загрязнение ЛРС через почву. Данные, представленные на рисунках 4.51-4.55, показывают, что при увеличении УА стронция-90, цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226 в ВСП возрастала их УА в листьях крапивы двудомной.

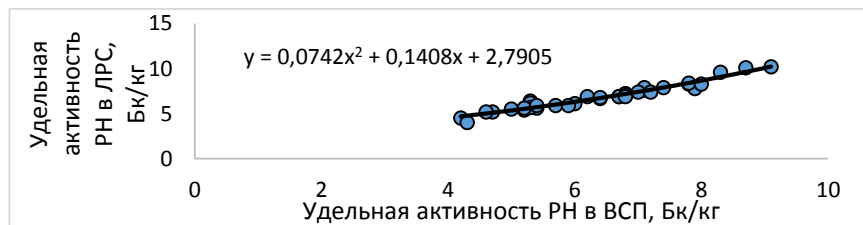


Рисунок 4.51 - Зависимость УА стронция-90 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

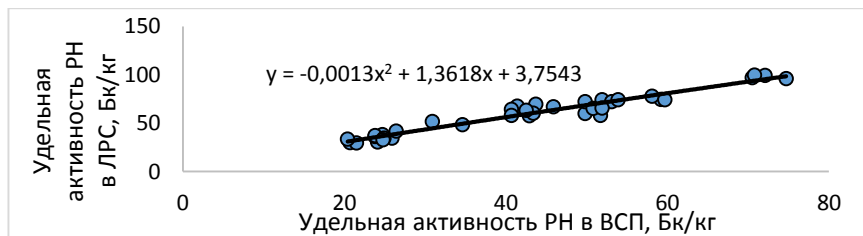


Рисунок 4.52 - Зависимость УА цезия-137 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

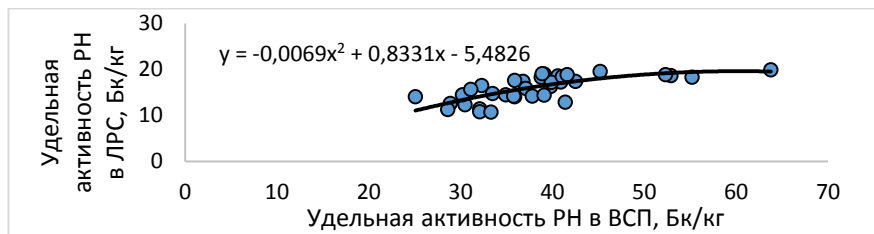


Рисунок 4.53 - Зависимость УА тория-232 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

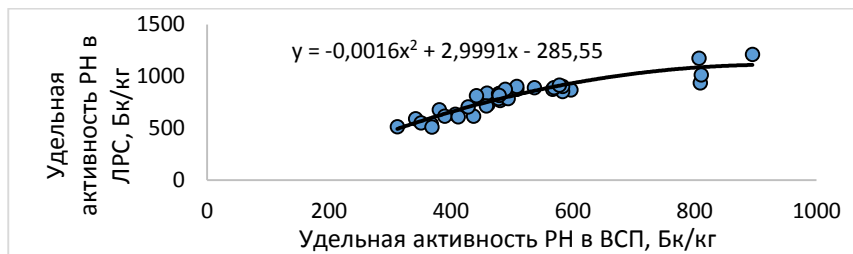


Рисунок 4.54 - Зависимость УА калия-40 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

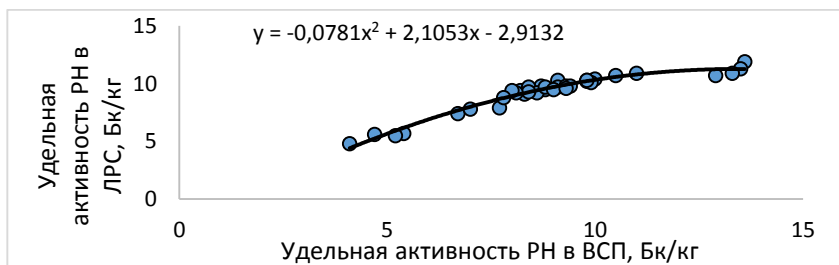


Рисунок 4.55 - Зависимость УА радия-226 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

Анализ КН искусственных и естественных РН в листьях крапивы двудомной (таблица 14) показал способность данного вида ЛРС к аккумуляции цезия-137 и калия-40 из ВСП. КН цезия-137 варьировали от 1,12 до 1,64 (в среднем 1,41). Для калия-40 КН были близки к данным по радиоактивному цезию – варьировали от 1,16 до 1,84 при среднем значении 1,59, что также подтверждает одинаковый механизм аккумуляции данных изотопов из почвы. Сходный характер накопления также имеют двухвалентные радиоизотопы стронция и радия. КН стронция-90 варьируют от 0,93 до 1,21 и в среднем составляли 1,07. Для радия-226 данный показа-

тель в среднем составил 1,06, варьируя от 0,83 до 1,19, что свидетельствуют об относительно высоком уровне аккумуляции в ЛРС. Невысокие КН отмечены для тория-232: в среднем они составили 0,42, варьируя от 0,31 до 0,56 [40].

Таблица 14

**Коэффициенты накопления РН в образцах листьев крапивы
двудомной (*Urtica dioica* L.)**

№ п/п	Территория заготовки образцов	Радиоизотоп				
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
1.	Территория Воронежского заповедника	1,06	1,12	0,36	1,65	1,06
2.	Территория Хоперского заповедника	1,21	1,26	0,34	1,41	1,06
3.	Территория Теллермановского леса	1,10	1,43	0,40	1,56	1,17
4.	Село Елань-Колено	1,11	1,32	0,47	1,59	1,10
5.	Село Нижнедевицк	1,12	1,21	0,48	1,59	1,13
6.	Улица города Острогожск	1,07	1,45	0,44	1,46	1,04
7.	Улица города Семилуки	1,06	1,26	0,39	1,73	0,99
8.	Улица города Нововоронеж	1,07	1,34	0,46	1,63	1,07
9.	ВЛЭ	1,03	1,24	0,51	1,65	1,04
10.	Агроценоз Лискинского р-на	0,93	1,59	0,56	1,73	1,15
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	1,02	1,63	0,43	1,59	1,13
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	1,06	1,58	0,41	1,46	1,15
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	1,04	1,59	0,43	1,54	1,05
14.	Агроценоз Грибановского р-на	1,04	1,52	0,41	1,83	1,05
15.	Агроценоз Хохольского р-на	0,99	1,43	0,42	1,57	1,02
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	1,11	1,54	0,45	1,74	1,02
17.	Агроценоз Репьевского р-на	1,08	1,29	0,42	1,78	1,08
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	1,17	1,37	0,49	1,84	1,15
19.	Агроценоз Панинского р-на	1,11	1,34	0,38	1,74	1,05
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	1,16	1,36	0,34	1,79	1,07
21.	Агроценоз Эртильского р-на	1,16	1,67	0,49	1,70	1,04
22.	Агроценоз Россошанского р-на	1,03	1,39	0,43	1,55	1,10
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	1,05	1,43	0,45	1,59	1,10
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	1,04	1,56	0,44	1,78	1,06
25.	Улица города Борисоглебск	1,08	1,39	0,50	1,65	1,11
26.	Улица города Калач	1,03	1,32	0,38	1,66	1,14
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС»	1,06	1,29	0,37	1,35	0,88
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	1,06	1,38	0,36	1,46	0,84

29.	Вблизи Воронежского водохрани- лища	1,07	1,38	0,39	1,16	0,82
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	1,00	1,46	0,40	1,58	1,18
31.	Улица города Воронеж	1,04	1,41	0,40	1,25	0,83
32.	Автомagистраль М4 «Дон» в Ра- монском р-не	1,01	1,37	0,32	1,46	1,03
33.	Автомagистраль А144	1,08	1,27	0,31	1,56	1,19
34.	Автомagистраль М4 «Дон» в Пав- ловском р-не	1,13	1,48	0,40	1,58	1,11
35.	Дорога обычного типа	1,09	1,64	0,37	1,48	1,03
36.	Железнодорожные пути	1,03	1,40	0,44	1,51	1,13
Среднее для Воронежской области		1,07	1,41	0,42	1,59	1,06

Степень перехода цезия-137, калия-40, тория-232, радия-226 из ВСП в листья крапивы двудомной (рисунки 4.56-4.60) имели тенденцию к снижению по мере увеличения УА РН в почве, что свидетельствовало о физиологической возможности регуляции их аккумуляции в растении. КН стронция-90, напротив, возрастали при увеличении содержания РН в ВСП, что указывало на высокие способности ЛРС к аккумуляции изотопов стронция.

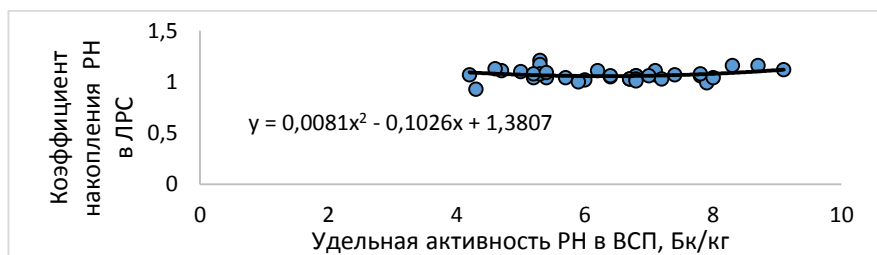


Рисунок 4.56 - Зависимость КН стронция-90 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

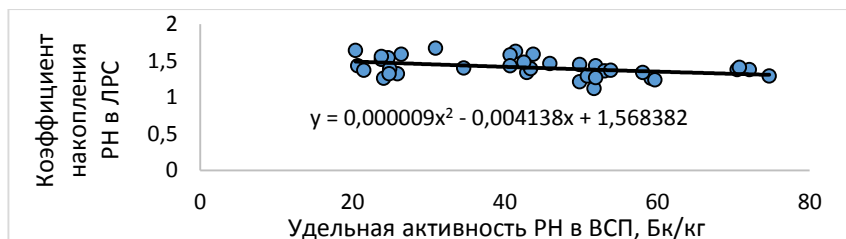


Рисунок 4.57 - Зависимость КН цезия-137 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

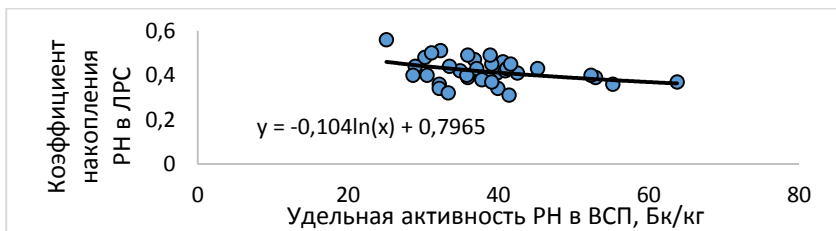


Рисунок 4.58 - Зависимость КН тория-232 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

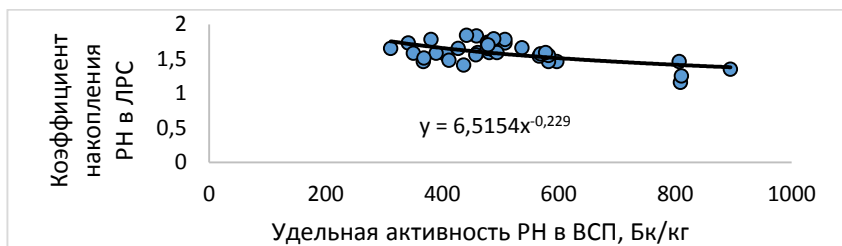


Рисунок 4.59 - Зависимость КН калия-40 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

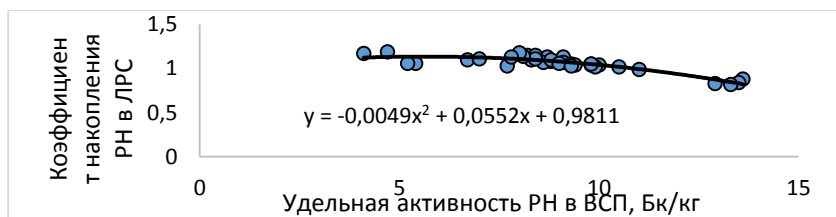


Рисунок 4.60 - Зависимость КН радия-226 в листьях крапивы двудомной от его УА в ВСП

4.7. Накопление радионуклидов в цветках липы сердцевидной *Tilia cordata* Mill.

Накопление стронция-90 в цветках липы сердцевидной (таблица 15) характеризовались значениями УА от 2,0 Бк/кг до 3,1 Бк/кг при среднем показателе 2,4 Бк/кг для всех анализируемых образцов данного ЛРС, что на два порядка меньше предельно допустимых УА. Аккумуляция цезия-137 в цветках липы сердцевидной характеризовалась более высокими абсолютными значениями, варьиравшими 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 УА цезия-137 и стронция-90, для всех проанализированных цветков липы сердцевидной не превышали 1,0, варьируя от 0,03 до 0,08, что позволило признать ЛРС соответствующими критерию радиационной безопасности (первая группа) [26, 49].

Накопление в цветках липы сердцевидной природных РН также отличалось невысокими числовыми значениями. Так, УА тория-232 варьировала 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 характеризовали значения его УА от 2,3 Бк/кг до 6,6 Бк/кг, средняя УА составила 4,1 Бк/кг. ЭУА природных РН в целом варьировала от 37,27 Бк/кг до 71,62 Бк/кг [49].

Результаты определения УА природных и искусственных РН в цветках липы сердцевидной отличали невысокие числовые значения и равномерность распределения. Корреляционный анализ УА искусственных и естественных РН в ВСП и цветках липы сердцевидной (таблица 3) показал наличие сильной взаимосвязи между данными числовыми показателями для цезия-137, калия-40, радия-226, и заметной – для тория-232, стронция-90, что преимущественное радионуклидное загрязнение ЛРС через почву.

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, Бк/кг
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226	
1.	Территория Воронежского заповедника	2,6±0,8	26,3±1,8	4,6±1,6	325±54	2,8±0,9	38,03
2.	Территория Хоперского заповедника	2,1±0,6	10,1±2,6	4,2±2,8	416±32	2,4±0,6	45,3
3.	Территория Теллермановского леса	2,5±1,0	8,5±1,0	5,3±2,0	419±67	2,3±1,1	46,9
4.	Село Елань-Колено	2,7±1,3	9,6±0,6	5,7±2,7	451±41	3,7±0,6	51,7
5.	Село Нижнедевицк	3,0±0,6	17,2±17	6,3±1,9	493±38	5,4±0,9	57,96
6.	Улица города Острогожск	3,1±0,8	17,4±1,4	5,9±2,7	610±50	4,7±0,4	67,27
7.	Улица города Семилуки	2,8±0,6	19,2±2,0	6,2±3,5	445±67	5,2±1,2	53,31
8.	Улица города Нововоронеж	2,5±0,7	19,5±2,1	5,2±1,8	459±52	4,9±0,7	52,97
9.	ВЛЭ	2,1±0,5	20,7±1,7	4,7±0,6	442±42	4,7±0,5	50,59
10.	Агроценоз Лискинского р-на	2,1±0,9	14,3±2,4	5,2±1,9	369±59	4,0±0,9	43,97
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	2,2±1,2	13,5±1,6	6,7±2,8	483±67	3,9±0,8	56,08
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	2,7±1,1	12,7±1,2	6,9±3,6	493±66	4,5±0,5	57,84
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	2,0±0,6	13,4±1,9	7,3±2,8	515±84	4,6±1,0	60,44
14.	Агроценоз Грибановского р-на	2,1±1,0	14,2±1,1	5,7±0,9	483±54	4,9±0,4	55,78
15.	Агроценоз Хохольского р-на	2,6±0,7	21,5±2,0	6,0±3,9	517±76	4,7±0,8	59,03

16.	Агроценоз Новохоперского р-на	2,3±0,9	10,3±0,9	6,3±2,7	497±48	5,2±0,3	0,04	58,12
17.	Агроценоз Репьевского р-на	2,5±0,5	19,7±1,8	5,7±3,5	462±60	3,9±0,7	0,06	52,89
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	2,1±0,8	13,9±1,4	5,9±4,0	485±44	3,7±0,9	0,05	55,02
19.	Агроценоз Панинского р-на	2,4±1,1	20,4±2,7	4,9±1,7	499±77	4,0±0,6	0,06	55,28
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	2,9±1,0	22,1±1,6	4,7±2,0	523±48	4,1±0,8	0,07	57,28
21.	Агроценоз Эртильского р-на	3,1±1,3	12,3±2,3	6,2±3,6	505±63	4,3±1,0	0,05	57,81
22.	Агроценоз Россошанского р-на	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»	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 «ВООГРЭС»	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.	Вблизи 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 Вороне- неж	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 р-не	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	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 р-не	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	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	2,4±1,1	14,7±2,4	4,1±1,0	434±83	3,1±0,9	0,05	47,49
Среднее для Воронежской области		2,4	15,9	5,6	478	4,1	0,05	54,44
Допустимая УА РН		200	400	-	-	-	<1	

Данные, представленные на рисунках 4.61-4.65, показывают, что при увеличении УА стронция-90, цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226 в ВСП возрастала их УА в цветках липы сердцевидной.

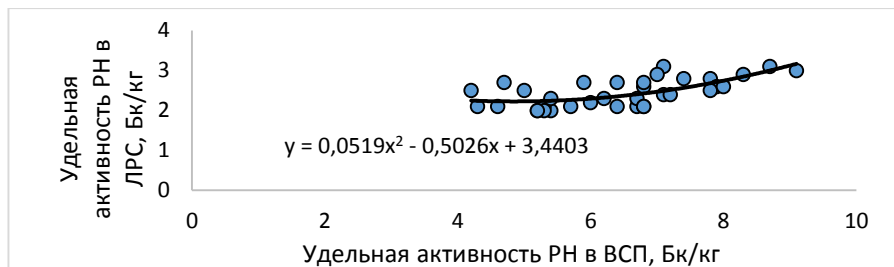


Рисунок 4.61 - Зависимость УА стронция-90 в цветках липы сердцевидной от его УА в ВСП

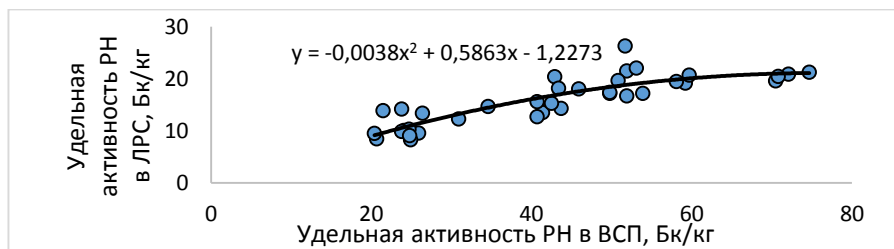


Рисунок 4.62 - Зависимость УА цезия-137 в цветках липы сердцевидной от его УА в ВСП

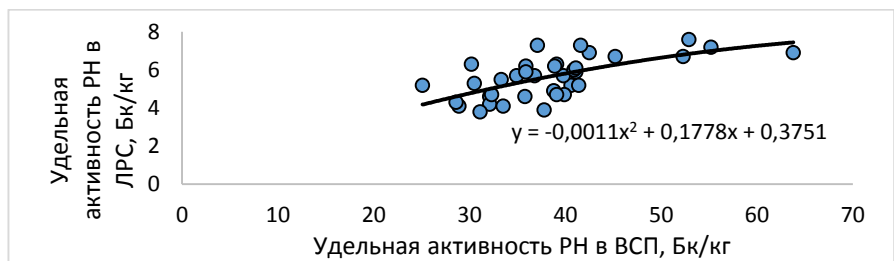


Рисунок 4.63 - Зависимость УА тория-232 в цветках липы сердцевидной от его УА в ВСП

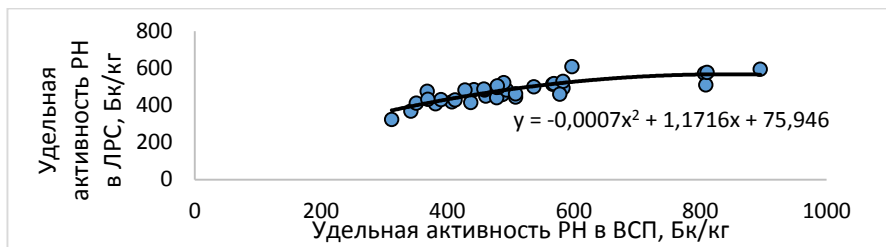


Рисунок 4.64 - Зависимость УА калия-40 в цветках липы сердцевидной от его УА в ВСП

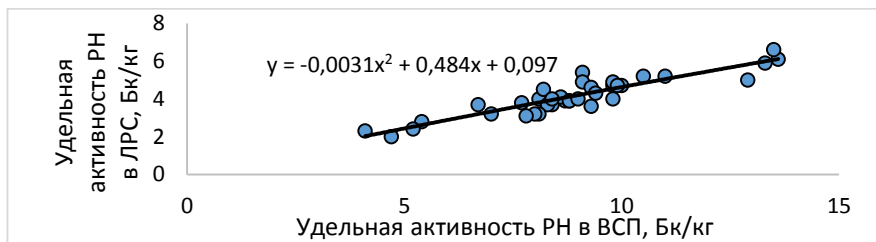


Рисунок 4.65 - Зависимость УА радия-226 в цветках липы сердцевидной от его УА в ВСП

Цветки липы сердцевидной показали себя наиболее инертным видом ЛРС из изучаемых, аккумулирующим естественные и искусственные РН с наименьшей интенсивностью (таблица 16). Так, стронций-90 и цезий-137 содержались в образцах ЛРС примерно в одинаковом эквивалентном количестве, о чем свидетельствуют КН РН, которые составили 0,39, при этом диапазон варьирования расчетного показателя аккумуляции варьировал для стронция-90 от 0,31 до 0,60, а для цезия-137 - от 0,29 до 0,65. Наиболее высокие КН в цветках липы сердцевидной отмечены для калия-40: они колебались от 0,71 до 1,29 и в среднем составляли 0,98. Средние значения КН радия-226 составили 0,47 и варьировали от 0,39 до 0,59. РН, аккумулирующимся в цветках липы сердцевидной в наименьшей степени, оказался торий-232: КН колебались от 0,09 до 0,21 (в среднем - 0,15) [49].

Таблица 16

**Коэффициенты накопления РН в образцах цветков липы
сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.)**

№ п/ п	Территория заготовки образцов	Радиоизотоп				
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
1.	Территория Воронежского заповедника	0,38	0,51	0,14	1,04	0,52
2.	Территория Хоперского заповедника	0,40	0,42	0,13	0,95	0,46
3.	Территория Теллермановского леса	0,50	0,41	0,17	1,03	0,56
4.	Село Елань-Колено	0,57	0,37	0,15	0,98	0,55
5.	Село Нижнедевицк	0,33	0,35	0,21	1,02	0,59
6.	Улица города Острогожск	0,44	0,35	0,14	1,02	0,48
7.	Улица города Семилуки	0,36	0,32	0,17	0,88	0,47
8.	Улица города Нововоронеж	0,60	0,34	0,13	0,94	0,54
9.	ВЛЭ	0,31	0,35	0,15	0,92	0,47
10.	Агроценоз Лискинского р-на	0,49	0,33	0,21	1,08	0,49
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	0,37	0,33	0,15	0,98	0,45
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	0,40	0,31	0,16	0,85	0,55
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	0,37	0,51	0,20	0,91	0,49
14.	Агроценоз Грибановского р-на	0,37	0,60	0,14	1,05	0,50
15.	Агроценоз Хохольского р-на	0,33	0,41	0,15	0,91	0,47
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	0,37	0,42	0,15	1,04	0,50
17.	Агроценоз Репьевского р-на	0,32	0,39	0,16	0,91	0,44
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	0,40	0,65	0,16	1,10	0,44
19.	Агроценоз Панинского р-на	0,34	0,48	0,10	1,04	0,41
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	0,35	0,42	0,09	1,07	0,48
21.	Агроценоз Эртильского р-на	0,36	0,40	0,16	1,05	0,46
22.	Агроценоз Россошанского р-на	0,34	0,42	0,14	0,91	0,45
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	0,33	0,38	0,18	0,80	0,44
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	0,38	0,42	0,14	1,07	0,44
25.	Улица города Борисоглебск	0,38	0,33	0,12	1,13	0,48
26.	Улица города Калач	0,31	0,37	0,10	0,93	0,40
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС»	0,42	0,29	0,13	0,67	0,45
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	0,41	0,29	0,14	0,71	0,49
29.	Вблизи Воронежского водохранилища	0,38	0,28	0,16	0,63	0,44
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	0,46	0,39	0,13	1,11	0,40
31.	Улица города Воронеж	0,33	0,29	0,14	0,71	0,39

32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамон-ском р-не	0,31	0,32	0,17	1,29	0,49
33.	Автоматгистраль А144	0,38	0,32	0,13	1,07	0,43
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Пав-ловском р-не	0,46	0,36	0,15	1,18	0,46
35.	Дорога обычного типа	0,43	0,47	0,12	1,04	0,39
36.	Железнодорожные пути	0,33	0,42	0,12	1,28	0,40
Среднее для Воронежской области		0,39	0,39	0,15	0,98	0,47

КН всех определяемых РН в цветках липы сердцевидной (рисунки 4.66-4.70) имели тенденцию к снижению по мере увеличения УА РН в ВСП, что указывало на наличие физиологических механизмов регуляции их поступления в ЛРС.

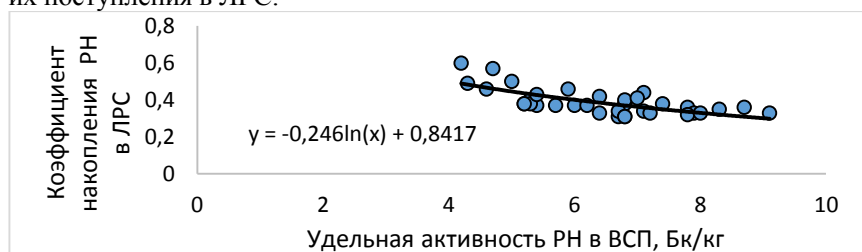


Рисунок 4.66 - Зависимость КН стронция-90 в цветках липы сердцевидной от его УА в ВСП

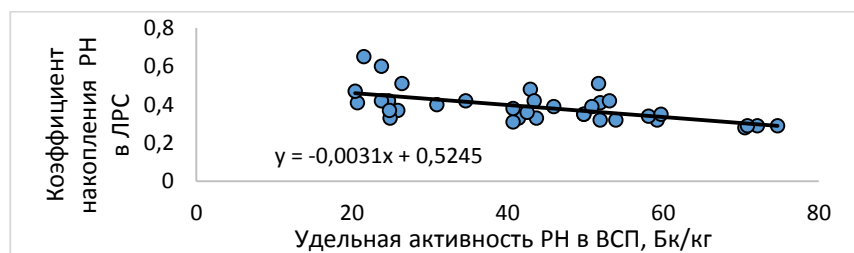


Рисунок 4.67 - Зависимость КН цезия-137 в цветках липы сердцевидной от его УА в ВСП

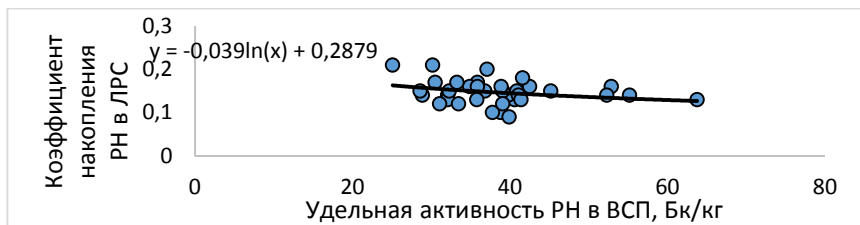


Рисунок 4.68 - Зависимость КН тория-232 в цветках липы сердцевидной от его УА в ВСП

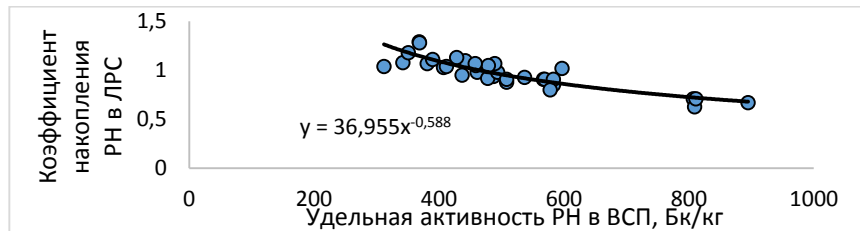


Рисунок 4.69 - Зависимость КН калия-40 в цветках липы сердцевидной от его УА в ВСП

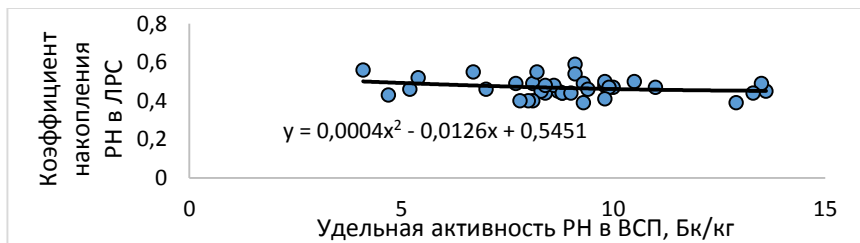


Рисунок 4.70 - Зависимость КН радия-226 в цветках липы сердцевидной от его УА в ВСП

4.8. Накопление радионуклидов в цветках пижмы обыкновенной *Tanacetum vulgare* L.

Накопление стронция-90 в цветках пижмы обыкновенной (таблица 17) характеризовалось средним значением УА РН 13,8 Бк/кг при его варьировании от 2,8 Бк/кг до 5,6 Бк/кг. Данные значения примерно в 50 раз меньше предельно допустимой УА стронция-90, установленного ГФ XIV. 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 УА. 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 позволило признать ЛРС соответствующим критерию радиационной безопасности (первая группа) [48].

УА тория-232 в цветках пижмы обыкновенной принимала числовые значения от 3,8 Бк/кг до 8,1 Бк/кг при среднем для образцов данного ЛРС 6,3 Бк/кг. Значения УА калия-40 варьировали от 284 Бк/кг до 627 Бк/кг (в среднем 447 Бк/кг). Для радия-226 УА составила от 2,8 Бк/кг до 5,7 Бк/кг (в среднем 3,9 Бк/кг). ЭУА природных РН в целом варьировала от 38,03 Бк/кг до 68,71 Бк/кг. Полученные данные можно считать невысокими относительно других ЛРС [48].

Значения УА определяемых РН в цветках пижмы обыкновенной отличались небольшим диапазоном варьирования и относительной равномерностью распределения. Несколько более высокими значениями УА цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226, сумм показателей соответствия и погрешностей их определения, ЭУА природных РН выделялись образцы, собранные вблизи ТЭЦ, а также вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук», водохранилища, на улице г. Воронежа [177].

Анализ корреляционной зависимости УА искусственных и естественных РН в ВСП и цветках пижмы обыкновенной (таблица 3) показал наличие весьма заметной взаимосвязи между данными числовыми показателями для стронция-90, цезия-137, калия-40, радия-226, что подтвердило преимущественное транспочвенное загрязнение ими ЛРС. Умеренная корреляционная связь, установленная по УА тория-232 в почве и ЛРС, вероятно, связана с низкими числовыми значениями показателя в ЛРС. При увеличении УА всех определяемых РН в ВСП возрастала их УА в цветках пижмы обыкновенной (рисунки 4.71–4.75) [48].

Таблица 17

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, Бк/кг
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226		
1.	Территория Воронежского 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 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	2,8±0,7	21,2±4,8	6,4±3,0	384±28	3,0±0,6	0,07	45,88
5.	Село Нижнедевиц	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.	ВЛЭ	4,2±0,6	37,5±5,2	6,0±1,7	408±43	4,0±0,6	0,11	48,52
10.	Агроценоз Лискинского р-на	2,4±0,4	29,6±3,0	5,7±3,0	297±62	3,6±0,7	0,09	37,74
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	4,1±0,8	30,0±4,2	5,2±2,2	473±52	3,7±0,4	0,10	53,03
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	4,4±0,6	31,2±4,0	5,0±1,9	549±48	3,6±0,6	0,10	59,51
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	3,8±0,8	21,8±3,8	7,4±2,9	532±63	3,9±0,8	0,07	61,4
14.	Агроценоз Грибановского р-на	3,9±0,9	16,3±2,8	7,2±3,3	422±61	4,3±0,5	0,06	51,64
15.	Агроценоз Хохольского р-на	5,1±1,0	34,5±4,5	7,9±1,6	521±72	4,2±1,0	0,11	61,36
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	3,7±0,6	20,2±1,9	7,6±3,7	434±70	4,5±1,2	0,07	53,44
17.	Агроценоз Репьевского р-на	3,9±0,8	34,1±4,0	8,1±2,5	502±61	4,0±0,7	0,10	59,71
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	3,2±0,5	16,3±2,7	6,8±3,1	427±34	3,7±0,8	0,06	50,97
19.	Агроценоз Панинского р-на	3,8±0,7	29,1±2,8	6,2±4,4	444±65	3,6±0,6	0,09	51,62
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	4,5±0,6	30,4±5,2	6,0±2,0	423±73	3,9±0,7	0,10	49,77
21.	Агроценоз Эртильского р-на	4,7±0,6	22,1±4,8	5,9±3,8	425±70	4,2±0,5	0,08	50,12
22.	Агроценоз Россошанского р-на	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»	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»	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 «ВОРГЭС»	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»	4,5±1,2	48,4±3,0	6,9±2,6	601±83	5,2±1,2	0,14	68,26

29.	Вблизи 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 р-не	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	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 р-не	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	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	4,3±0,6	25,5±2,7	6,0±3,1	364±56	3,4±0,7	0,09	43,96
Среднее для Воронежской области		3,8	29,2	6,3	447	3,9	0,09	52,44
Допустимая УА РН		200	400	-	-	-	<1	

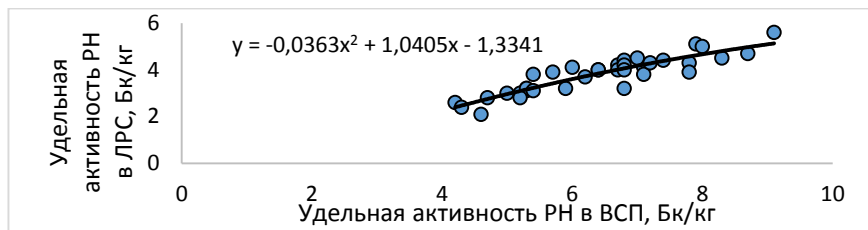


Рисунок 4.71 - Зависимость УА стронция-90 в цветках пижмы обыкновенной от его УА в ВСП

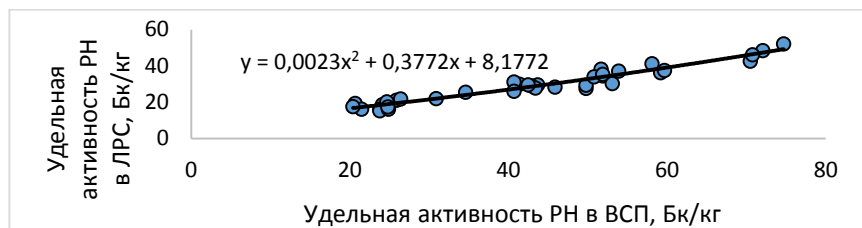


Рисунок 4.72 - Зависимость УА цезия-137 в цветках пижмы обыкновенной от его УА в ВСП

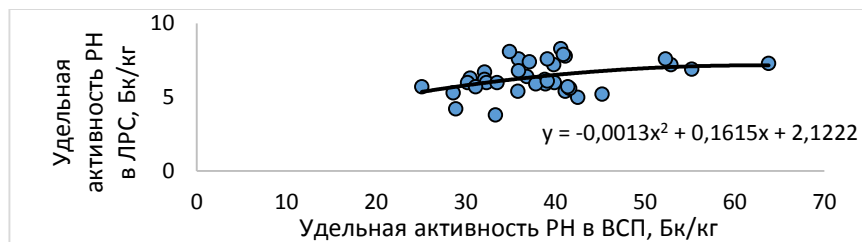


Рисунок 4.73 - Зависимость УА тория-232 в цветках пижмы обыкновенной от его УА в ВСП

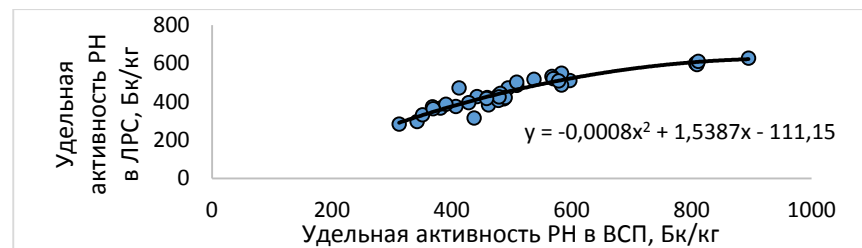


Рисунок 4.74 - Зависимость УА калия-40 в цветках пижмы обыкновенной от его УА в ВСП

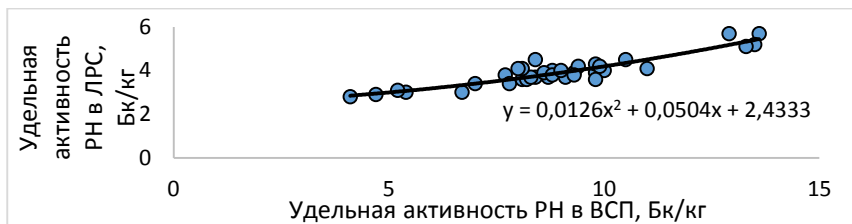


Рисунок 4.75 - Зависимость УА радия-226 в цветках пижмы обыкновенной от его УА в ВСП

Для цветков пижмы обыкновенной характерны невысокие значения КН РН из ВСП (таблица 18). В наибольшей степени в данном ЛРС аккумулировался природный калия-40: КН варьировали от 0,72 до 1,15 и в среднем составляли 0,90. КН цезия-137 составляли от 0,55 до 0,94 при среднем значении 0,70. Аккумуляция стронция-90 и радия-226 цветками пижмы обыкновенной из ВСП была оценена как умеренная. КН стронция-90 принимали числовые значения от 0,47 до 0,70, в среднем составляли 0,59. КН радия-226 варьировали от 0,38 до 0,68 при среднем значении 0,46. РН, аккумулирующимся в данном виде ЛРС в наименьшей степени, являлся торий-232: КН колебались от 0,11 до 0,23 и в среднем составили 0,17 [177].

Таблица 18

Коэффициенты накопления РН в образцах цветков пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Радиоизотоп				
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
1.	Территория Воронежского заповедника	0,47	0,74	0,21	0,91	0,56
2.	Территория Хоперского заповедника	0,58	0,78	0,19	0,72	0,60
3.	Территория Теллермановского леса	0,60	0,94	0,21	0,92	0,68
4.	Село Елань-Колено	0,60	0,82	0,17	0,83	0,45
5.	Село Нижнедевицк	0,62	0,55	0,20	0,86	0,42
6.	Улица города Острогожск	0,58	0,59	0,19	0,86	0,40
7.	Улица города Семилуки	0,55	0,61	0,21	0,96	0,37
8.	Улица города Нововоронеж	0,62	0,71	0,20	0,85	0,41
9.	ВЛЭ	0,63	0,63	0,19	0,85	0,40
10.	Агроценоз Лискинского р-на	0,56	0,68	0,23	0,87	0,44

11.	Агроценоз Ольховатского р-на	0,68	0,72	0,12	0,96	0,43
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	0,65	0,77	0,12	0,94	0,44
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	0,70	0,83	0,20	0,94	0,42
14.	Агроценоз Грибановского р-на	0,68	0,68	0,18	0,92	0,44
15.	Агроценоз Хохольского р-на	0,65	0,66	0,19	0,92	0,42
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	0,60	0,82	0,18	0,91	0,43
17.	Агроценоз Репьевского р-на	0,50	0,67	0,23	0,99	0,45
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	0,60	0,76	0,19	0,97	0,44
19.	Агроценоз Панинского р-на	0,54	0,68	0,13	0,92	0,37
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	0,54	0,57	0,12	0,87	0,45
21.	Агроценоз Эртильского р-на	0,54	0,72	0,15	0,89	0,45
22.	Агроценоз Россошанского р-на	0,60	0,64	0,13	0,84	0,45
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	0,63	0,64	0,13	0,88	0,43
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	0,58	0,65	0,15	0,96	0,44
25.	Улица города Борисоглебск	0,60	0,65	0,18	0,92	0,54
26.	Улица города Калач	0,62	0,71	0,16	0,96	0,51
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС»	0,63	0,70	0,14	0,70	0,42
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	0,64	0,67	0,14	0,74	0,39
29.	Вблизи Воронежского водохранилища	0,59	0,60	0,15	0,73	0,38
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	0,54	0,62	0,15	0,99	0,51
31.	Улица города Воронеж	0,63	0,65	0,16	0,75	0,44
32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском р-не	0,59	0,69	0,11	1,02	0,49
33.	Автоматгистраль А144	0,54	0,68	0,14	0,91	0,62
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском р-не	0,46	0,70	0,19	0,95	0,49
35.	Дорога обычного типа	0,57	0,86	0,16	1,15	0,41
36.	Железнодорожные пути	0,60	0,74	0,18	1,07	0,44
Среднее для Воронежской области		0,59	0,70	0,17	0,90	0,46

Для КН как естественных, так и искусственных РН из ВСП в цветках пижмы обыкновенной (рисунки 4.76-4.80) отмечены тенденции к снижению при увеличении их УА в почве, что говорит о наличии физиологических механизмов регуляции их поступления в генеративные органы растения.

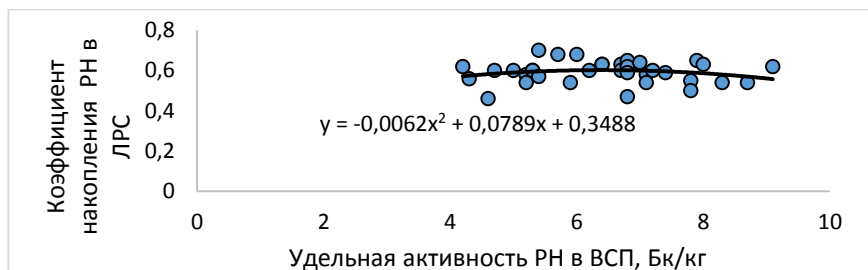


Рисунок 4.76 - Зависимость КН стронция-90 в цветках пижмы обыкновенной от его УА в ВСП

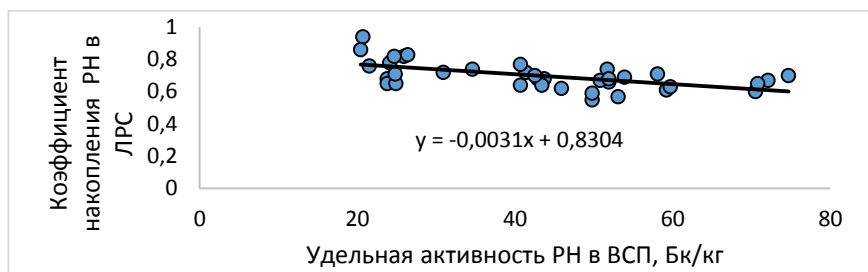


Рисунок 4.77 - Зависимость КН цезия-137 в цветках пижмы обыкновенной от его УА в ВСП

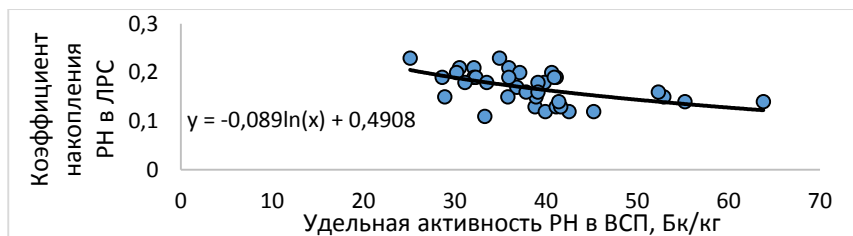


Рисунок 4.78 - Зависимость КН тория-232 в цветках пижмы обыкновенной от его УА в ВСП

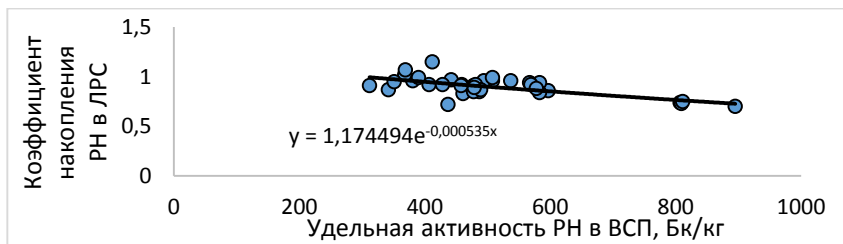


Рисунок 4.79 - Зависимость КН калия-40 в цветках пижмы обыкновенной от его УА в ВСП

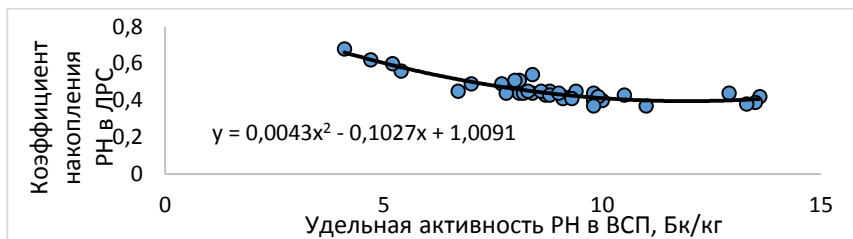


Рисунок 4.80 - Зависимость КН радия-226 в цветках пижмы обыкновенной от его УА в ВСП

4.9. Накопление радионуклидов в корнях одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* F.H.Wigg

УА стронция-90 в отобранных образцах корней одуванчика лекарственного (таблица 19) варьировала от 8,0 Бк/кг до 16,8 Бк/кг. Среднее значение УА данного РН для все анализируемых образцов 12,0 Бк/кг, что в 16 раз меньше предельно допустимой УА (200 Бк/кг). УА цезия-137 в образцах изучаемого ЛРС принимала числовые значения от 20,1 Бк/кг до 78,1 Бк/кг при среднем значении 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, не превышали 1,0 (от 0,10 до 0,26 при среднем 0,17), что позволило признать все изученные образцы данного ЛРС соответствующими критерию радиационной безопасности (первая группа) [50, 177].

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, Бк/кг
		Si-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-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	8,2±1,8	26,1±5,5	11,2±2,6	472±31	7,8±2,1	0,11	64,84
5.	Село Нижнедонец	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.	ВЛЭ	11,6±2,3	57,4±5,1	10,6±2,6	493±38	12,7±3,2	0,20	70,85
10.	Агроценоз Лисинского р-на	8,2±2,0	44,6±4,8	9,8±3,1	361±51	9,3±3,7	0,15	54,53
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	11,0±2,3	40,2±3,6	13,3±2,2	513±19	9,6±2,5	0,16	73,06
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	11,4±1,9	43,1±6,1	13,2±4,2	611±59	9,9±1,8	0,16	82,05
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	11,0±2,6	29,3±3,8	12,4±3,7	527±61	10,7±2,6	0,13	74,25

14.	Агроценоз Грибановского р-на	11,4±3,1	22,1±5,3	14,7±2,9	503±47	10,9±2,1	0,11	75,28
15.	Агроценоз Хохольского р-на	13,7±2,9	54,3±2,9	15,2±4,1	684±31	10,7±3,4	0,20	92,02
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	11,7±1,6	22,7±3,8	14,1±3,0	522±39	12,4±3,0	0,12	77,71
17.	Агроценоз Репьевского р-на	14,6±3,0	57,4±6,8	12,4±2,8	516±45	10,8±1,8	0,22	73,36
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	10,1±2,1	23,1±4,0	13,3±4,4	491±31	12,9±3,2	0,11	74,38
19.	Агроценоз Панинского р-на	13,9±1,9	40,2±4,3	13,4±4,2	462±39	13,1±3,7	0,17	72,1
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	15,8±1,5	55,7±5,8	14,7±3,7	439±52	11,3±1,9	0,22	69,92
21.	Агроценоз Эртильского р-на	16,8±3,3	30,4±6,1	15,6±2,5	497±40	12,4±2,5	0,16	77,41
22.	Агроценоз Россошанского р-на	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»	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 «ВОРГЭС»	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 «Воронежентехзаучук»	13,4±2,5	78,1±5,5	25,7±3,3	853±51	14,2±2,9	0,26	124,38
29.	Вблизи 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 р-не	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	9,4±1,0	52,7±5,8	13,7±1,9	506±33	6,9±1,6	0,18	70,25

34.	Автоматрираль М4 «Дон» в Павловском р-не	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	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	13,8±2,7	37,1±5,0	14,7±3,9	397±38	10,6±2,5	0,16	65,44
Среднее для Воронежской области		12,0	43,6	14,1	528	10,9	0,17	76,76
Допустимая УАРН		200	400	-	-	-	<1	

Содержание тория-232 в ЛРС характеризовалось значениями УА 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. Значения предельно допустимой УА естественных РН (тория-232, калия-40 и радия-226) для ЛРС в настоящее время не нормируются. ЭУА природных РН в целом варьировала от 48,77 Бк/кг до 128,06 Бк/кг [50].

Распределение числовых значений УА РН по местам заготовки ЛРС относительно равномерное. Для образцов корней одуванчика лекарственного, заготовленных на 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. Корреляционный анализ УА искусственных и естественных РН в ВСП и корнях одуванчика лекарственного (таблица 3) показал наличие весьма заметной взаимосвязи между данными числовыми показателями, что подтвердило преимущественное транспочвенное их загрязнение.

Данные, представленные на рисунках 4.81-4.85, показывают, что при увеличении УА стронция-90, цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226 в ВСП возрастала их УА в корнях одуванчика лекарственного. Закономерности перехода описаны математическими зависимостями.

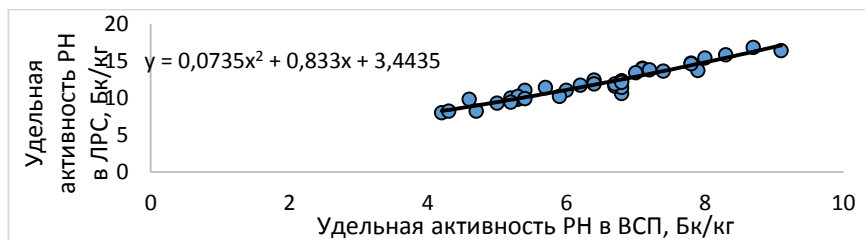


Рисунок 4.81 - Зависимость УА стронция-90 в корнях одуванчика лекарственного от его УА в ВСП

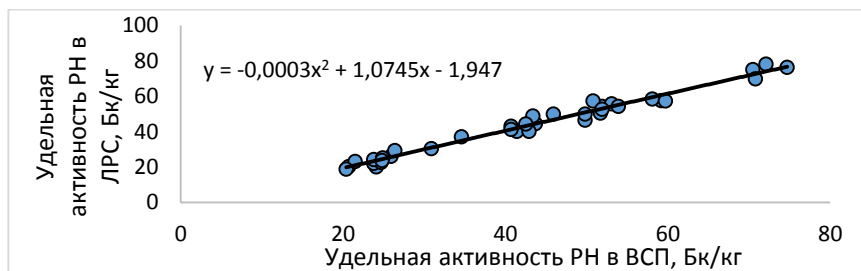


Рисунок 4.82 - Зависимость УА цезия-137 в корнях одуванчика лекарственного от его УА в ВСП

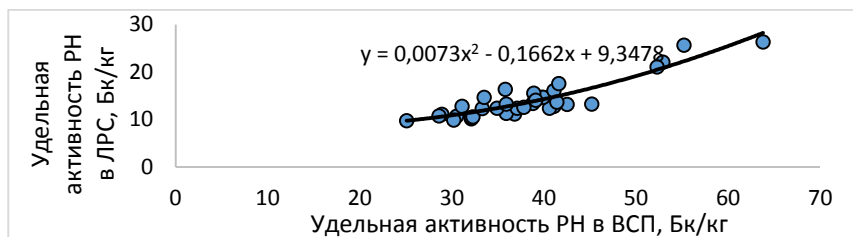


Рисунок 4.83 - Зависимость УА тория-232 в корнях одуванчика лекарственного от его УА в ВСП

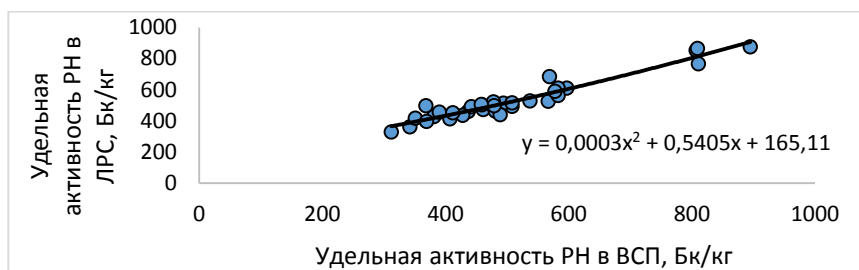


Рисунок 4.84 - Зависимость УА калия-40 в корнях одуванчика лекарственного от его УА в ВСП

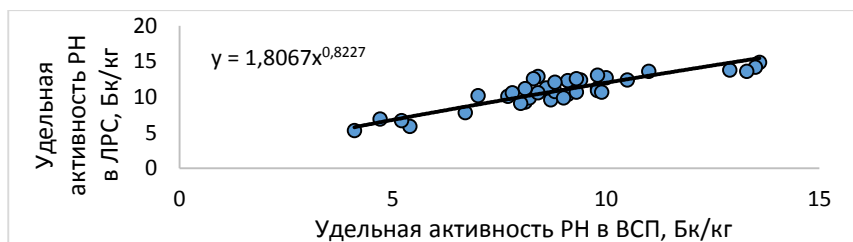


Рисунок 4.85 - Зависимость УА радия-226 в корнях одуванчика лекарственного от его УА в ВСП

Корни одуванчика лекарственного более склонны к аккумуляции из ВСП стронция-90 и радия-226 (таблица 20). Так, КН стронция-90 варьировала от 1,56 до 2,13, а радия-226 – от 1,02 до 1,47. На близком к 1,0 уровне аккумуляровались РН калия и цезия. КН цезия-137 варьировали от 0,83 до 1,12, калия-40 - от 0,90 до 1,35. КН тория-232 в корнях одуванчика лекарственного колебались на относительно высоком уровне - от 0,29 до 0,51 – по сравнению с другими анализируемыми видами ЛРС [177].

Таблица 20

Коэффициенты накопления РН в образцах корней одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Радиоизотоп				
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
1.	Территория Воронежского заповедника	1,56	0,97	0,32	1,05	1,09
2.	Территория Хоперского заповедника	1,85	0,83	0,32	1,05	1,29
3.	Территория Теллермановского леса	1,86	0,98	0,35	1,01	1,29
4.	Село Елань-Колено	1,74	1,01	0,30	1,02	1,16
5.	Село Нижнедевицк	1,80	0,93	0,33	0,99	1,14
6.	Улица города Острогожск	1,97	1,00	0,31	1,02	1,14
7.	Улица города Семилуки	1,88	0,97	0,31	0,97	1,24
8.	Улица города Нововоронеж	1,90	1,01	0,31	1,00	1,35
9.	ВЛЭ	1,73	0,96	0,33	1,03	1,27
10.	Агроценоз Лискинского р-на	1,91	1,02	0,39	1,06	1,15
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	1,83	0,97	0,29	1,04	1,10
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	1,68	1,06	0,31	1,05	1,21
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	2,04	1,11	0,33	0,93	1,15
14.	Агроценоз Грибановского р-на	2,00	0,93	0,37	1,10	1,11
15.	Агроценоз Хохольского р-на	1,73	1,05	0,37	1,20	1,08
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	1,89	0,92	0,33	1,09	1,18
17.	Агроценоз Репьевского р-на	1,87	1,13	0,36	1,02	1,23
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	1,91	1,07	0,37	1,11	1,54
19.	Агроценоз Панинского р-на	1,96	0,94	0,27	0,96	1,34
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	1,90	1,05	0,29	0,90	1,31

21.	Агроценоз Эртильского р-на	1,93	0,98	0,40	1,04	1,32
22.	Агроценоз Россошанского р-на	1,78	1,12	0,37	0,97	1,52
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	1,94	1,01	0,42	1,02	1,38
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	1,92	1,02	0,38	1,12	1,10
25.	Улица города Борисоглебск	1,92	1,01	0,41	1,02	1,26
26.	Улица города Калач	1,81	0,96	0,33	0,98	1,38
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС»	1,86	1,02	0,49	0,98	1,10
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	1,91	1,08	0,51	1,06	1,05
29.	Вблизи Воронежского водохранилища	1,84	1,07	0,46	1,07	1,02
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	1,73	1,09	0,46	1,17	1,14
31.	Улица города Воронеж	1,93	0,99	0,45	0,95	1,07
32.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском р-не	1,78	1,01	0,37	1,35	1,31
33.	Автоматгистраль А144	1,81	1,02	0,33	1,10	1,47
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском р-не	2,13	1,04	0,38	1,19	1,46
35.	Дорога обычного типа	1,83	0,92	0,36	1,10	1,35
36.	Железнодорожные пути	1,92	1,07	0,44	1,17	1,36
Среднее для Воронежской области		1,86	1,01	0,37	1,05	1,24

Для КН цезия-137, стронция-90, калия-40, радия-226 в корнях одуваника лекарственного отмечены тенденции к снижению при увеличении их УА в ВСП, что позволило сделать вывод о наличии физиологических механизмов регуляции их поступления в растение. При этом КН тория-232, наоборот, возрастали, что свидетельствовало о возможности их высокого накопления в ЛРС (рисунки 4.86-4.90).

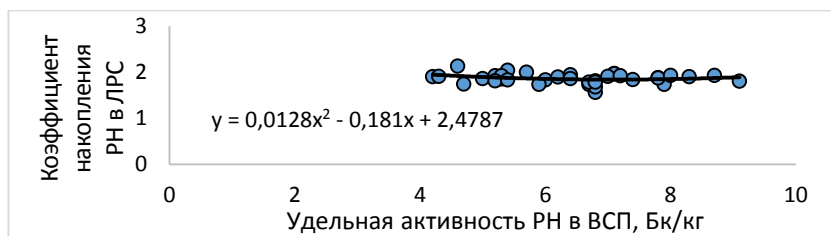


Рисунок 4.86 - Зависимость КН стронция-90 в корнях одуваника лекарственного от его УА в ВСП

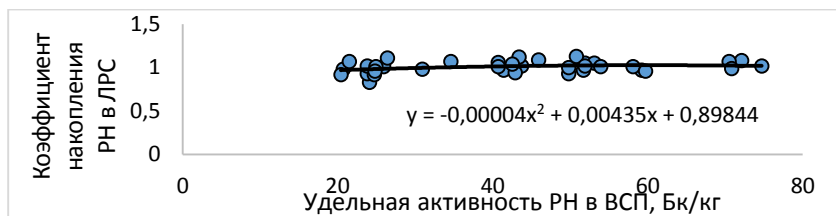


Рисунок 4.87 - Зависимость КН цезия-137 в корнях одуванчика лекарственного от его УА в ВСП

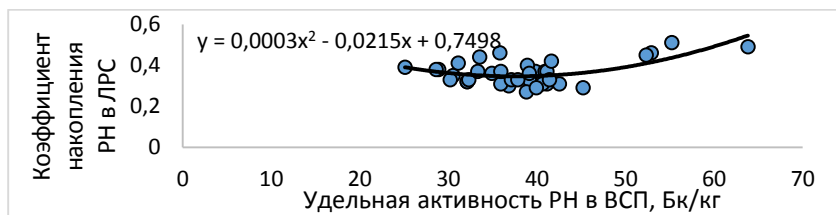


Рисунок 4.88 - Зависимость КН тория-232 в корнях одуванчика лекарственного от его УА в ВСП

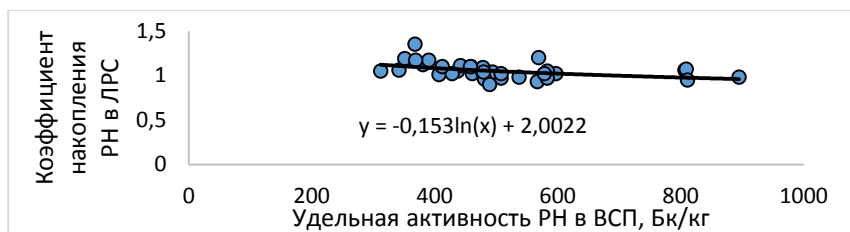


Рисунок 4.89 - Зависимость КН калия-40 в корнях одуванчика лекарственного от его УА в ВСП

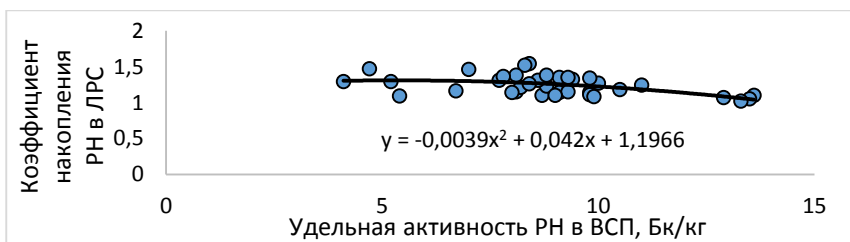


Рисунок 4.90 - Зависимость КН радия-226 в корнях одуванчика лекарственного от его УА в ВСП

4.10. Накопление радионуклидов в корнях лопуха большого *Arctium lappa* L.

Накопление стронция-90 в корнях лопуха большого (таблица 21) характеризовалось средним значением УА РН 12,6 Бк/кг при варьировании его от 8,2 Бк/кг до 16,3 Бк/кг, что на порядок меньше предельно допустимой УА стронция-90. УА цезия-137 в изучаемых образцах варьировала от 26,1 Бк/кг до 75,8 Бк/кг при среднем значении 46,4 Бк/кг, что также значительно меньше ПДК. Значения сумм показателей соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешностей их определения (составили от 0,12 до 0,25), что позволило признать изученные образцы ЛРС соответствующими критерию радиационной безопасности (первая группа) [28, 45].

УА природных РН в корнях лопуха большого принимала числовые значения от 11,3 Бк/кг до 32,3 Бк/кг при среднем для всех изученных образцов данного ЛРС 19,0 Бк/кг для тория-232; от 308 Бк/кг до 943 Бк/кг при среднем 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. ЭУА природных РН в целом варьировала от 52,85 Бк/кг до 146,41 Бк/кг [45].

Значения УА определяемых РН в ЛРС отличались небольшим диапазоном варьирования и относительной равномерностью распределения для изучаемых территорий заготовки сырья. Наибольшие значения сумм показателей соответствия и погрешностей их определения ЭУА природных РН, а также УА цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226 отмечены в ЛРС, заготовленном вблизи ТЭЦ и на территориях, попадающих в зону ее влияния.

Детальный анализ корреляционной зависимости активностей искусственных и естественных РН в ВСП и корнях лопуха большого (таблица 3) показал наличие весьма заметной взаимосвязи между данными числовыми показателями, что подтверждало преимущественное радионуклидное загрязнение ЛРС через почву. Изучение УА искусственных и природных РН в ВСП и корнях лопуха большого (рисунки 4.91.1-4.95) показало наличие прямой зависимости между этими показателями. Закономерности перехода РН из ВРС в ЛРС описаны математическими зависимостями.

Таблица 21
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, Бк/кг
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-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	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	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.	В.ЛГЭ	12,9±5,0	58,6±4,3	17,4±4,8	498±64	20,3±7,3	0,21	87,74
10.	Агроценоз Лискинского р-на	8,2±2,5	51,0±7,5	12,1±3,8	356±49	15,6±4,9	0,17	63,37
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	13,1±4,9	42,9±5,8	24,3±2,9	474±67	18,9±6,2	0,17	93,15
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	14,6±5,1	43,7±6,8	22,1±5,1	614±73	20,0±2,8	0,18	103,99
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	10,0±3,9	29,6±3,0	19,6±4,0	553±81	16,1±1,8	0,12	91,35

14.	Агроценоз Грибановского р-на	11,2±5,8	27,8±4,1	16,4±3,8	493±62	19,8±6,3	0,13	85,49
15.	Агроценоз Хохольского р-на	15,7±2,9	57,3±5,6	23,1±5,9	550±70	19,6±7,9	0,22	99,13
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	13,1±4,0	29,2±4,8	18,3±4,5	510±23	20,4±5,4	0,14	90,09
17.	Агроценоз Решевского р-на	15,2±3,9	57,3±3,9	14,8±3,0	497±70	15,9±4,0	0,22	79,87
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	11,0±5,1	27,1±2,9	19,3±6,2	450±93	17,3±7,4	0,12	82,89
19.	Агроценоз Панинского р-на	13,9±4,0	46,8±5,0	16,4±3,1	518±29	18,6±3,8	0,19	86,54
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	15,7±3,8	54,3±2,6	21,1±6,9	511±93	18,9±4,0	0,21	92,32
21.	Агроценоз Эртильского р-на	16,3±2,2	37,1±4,9	21,4±5,0	484±64	19,4±3,7	0,17	90,78
22.	Агроценоз Россошанского р-на	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±6,21	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»	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.	Вблизи 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.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Рамонском р-не	13,3±1,9	54,7±5,6	15,6±7,3	421±31	14,7±2,9	0,20	72,87

33.	Автоматгистраль А144	10,9±3,6	58,3±8,3	16,9±6,2	461±47	9,8±7,5	0,20	73,26
34.	Автоматгистраль М4 «Дон» в Павловском р-не	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	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	13,8±4,2	36,6±3,0	17,2±3,2	389±52	15,7±6,9	0,16	73,07
Среднее для Воронежской области		12,6	46,4	19,0	526	17,0	0,18	89,05
Допустимая УА РН		200	400	-	-	-	<1	

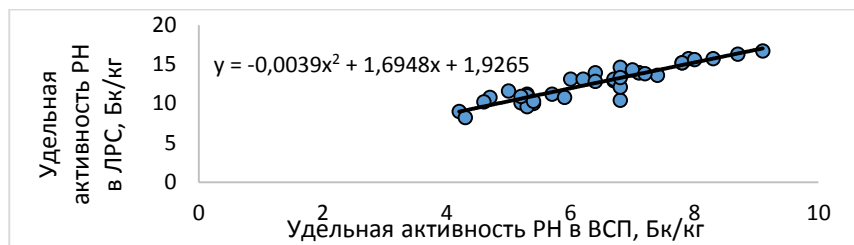


Рисунок 4.91 - Зависимость УА стронция-90 в корнях лопуха большого от его УА в ВСП

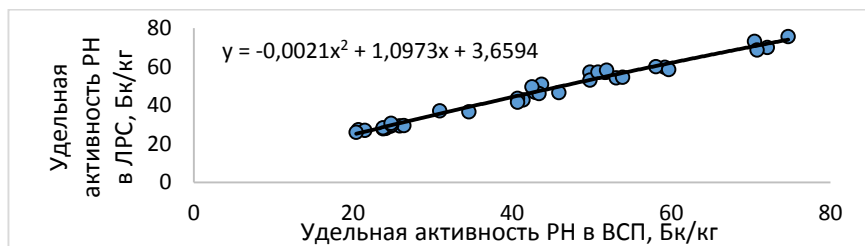


Рисунок 4.92 - Зависимость УА цезия-137 в корнях лопуха большого от его УА в ВСП

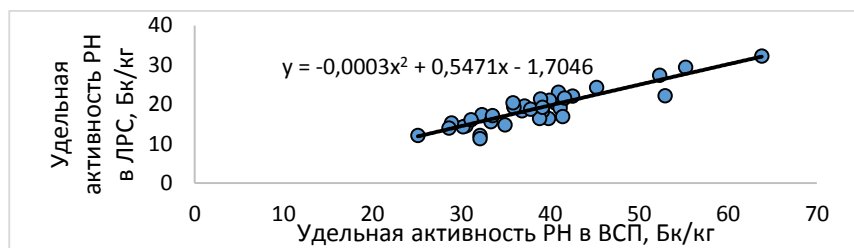


Рисунок 4.93 - Зависимость УА тория-232 в корнях лопуха большого от его УА в ВСП

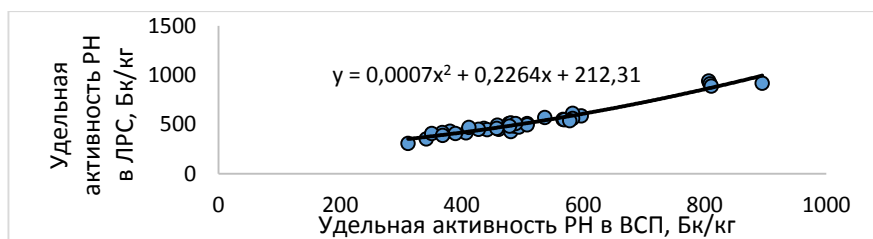


Рисунок 4.94 - Зависимость УА калия-40 в корнях лопуха большого от его УА в ВСП

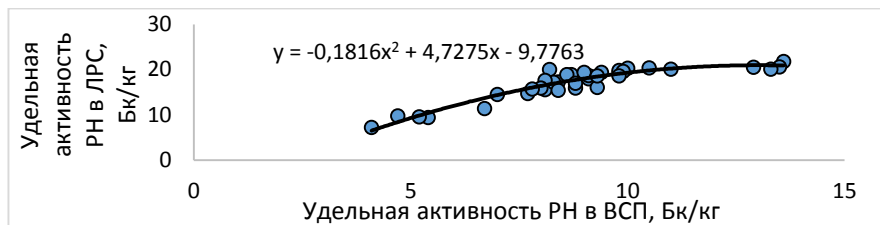


Рисунок 4.95 - Зависимость УА радия-226 в корнях лопуха большого от его УА в ВСП

Корни лопуха большого проявляли высокую концентрирующую способность в отношении стронция-90 и радия-226 (таблица 22). Так, среднее значение КН стронция составило 1,98, а диапазон варьирования – от 1,78 до 2,32. Диапазон числовых значений КН радия-226 – от 1,51 до 2,44 (в среднем 1,93). Относительно высокий уровень накопления отмечен для цезия-137 и калия-40: КН цезия-137 варьировали от 0,97 до 1,32 (среднее - 1,11), для калия-40 – от 0,94 до 1,17 (среднее - 1,04). Аккумуляция тория-232 относительно других определяемых РН значительно ниже, КН составили от 0,34 до 0,58, а в среднем по региону - 0,49, однако, относительно анализируемых видов ЛРС данный показатель наиболее высок, что позволило назвать корни лопуха большого наиболее активными накопителями радиоактивного тория [45].

Таблица 22

Коэффициенты накопления РН в образцах корней лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.)

№ п/п	Территория заготовки образцов	Радиоизотоп				
		Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
1.	Территория Воронежского заповедника	1,53	1,10	0,38	0,99	1,74
2.	Территория Хоперского заповедника	2,11	1,17	0,35	1,05	1,85
3.	Территория Теллермановского леса	2,32	1,32	0,48	1,03	1,76
4.	Село Елань-Колено	2,30	1,14	0,50	0,98	1,70
5.	Село Нижнедевицк	1,84	1,15	0,47	0,89	1,98
6.	Улица города Острогожск	1,96	1,07	0,49	0,99	1,98
7.	Улица города Семилуки	1,95	1,01	0,54	1,00	1,83
8.	Улица города Нововоронеж	2,14	1,03	0,50	0,99	2,05
9.	ВЛЭ	1,93	0,98	0,54	1,04	2,03

10.	Агроценоз Лискинского р-на	1,91	1,17	0,48	1,04	1,93
11.	Агроценоз Ольховатского р-на	2,18	1,04	0,54	0,96	2,17
12.	Агроценоз Подгоренского р-на	2,15	1,07	0,52	1,05	2,44
13.	Агроценоз Петропавловского р-на	1,85	1,12	0,53	0,98	1,73
14.	Агроценоз Грибановского р-на	1,96	1,17	0,41	1,07	2,02
15.	Агроценоз Хохольского р-на	1,99	1,10	0,56	0,97	1,98
16.	Агроценоз Новохоперского р-на	2,11	1,18	0,43	1,07	1,94
17.	Агроценоз Репьевского р-на	1,95	1,13	0,42	0,98	1,81
18.	Агроценоз Воробьевского р-на	2,08	1,26	0,54	1,02	2,06
19.	Агроценоз Панинского р-на	1,96	1,09	0,34	1,08	1,90
20.	Агроценоз Верхнехавского р-на	1,89	1,02	0,42	1,04	2,20
21.	Агроценоз Эртильского р-на	1,87	1,20	0,55	1,01	2,06
22.	Агроценоз Россошанского р-на	1,96	1,06	0,44	0,97	2,07
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	2,17	1,02	0,52	0,94	1,93
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	1,94	1,19	0,53	1,14	2,16
25.	Улица города Борисоглебск	1,81	1,20	0,52	1,06	1,83
26.	Улица города Калач	1,78	1,24	0,50	1,06	2,17
27.	Вблизи ТЭЦ-1 «ВОГРЭС»	2,00	1,01	0,60	1,03	1,60
28.	Вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук»	2,04	0,97	0,59	1,17	1,53
29.	Вблизи Воронежского водохранилища	1,84	1,04	0,46	1,13	1,51
30.	Вблизи международного аэропорта Воронеж	1,83	1,02	0,57	1,05	1,99
31.	Улица города Воронеж	1,95	0,97	0,58	1,10	1,59
32.	Автоматрираль М4 «Дон» в Рамонском р-не	1,96	1,01	0,47	1,14	1,91
33.	Автоматрираль А144	2,10	1,12	0,41	1,01	2,09
34.	Автоматрираль М4 «Дон» в Павловском р-не	2,22	1,17	0,49	1,17	2,07
35.	Дорога обычного типа	1,91	1,28	0,49	1,15	2,00
36.	Железнодорожные пути	1,92	1,06	0,51	1,15	2,01
Среднее для Воронежской области		1,98	1,11	0,49	1,04	1,93

КН цезия-137, стронция-90 и радия-226 в корнях лопуха большого снижались при увеличении их УА в ВСП, что указывало на наличие физиологических механизмов регуляции их поступления в растение. При этом КН тория-232, калия-40, наоборот, возрастали, что свидетельствовало о возможности их высокого накопления в ЛРС (рисунки 4.96-4.100) [36, 45, 205].

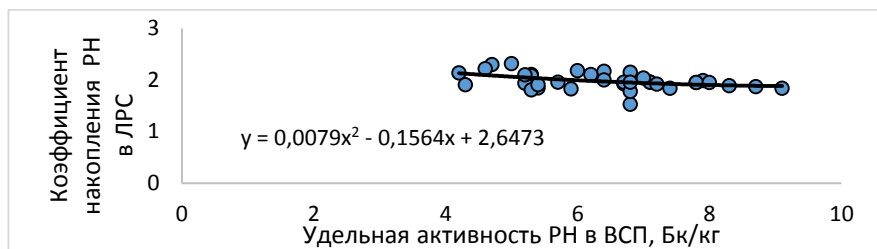


Рисунок 4.96 - Зависимость КН стронция-90 в корнях лопуха большого от его УА в ВСП

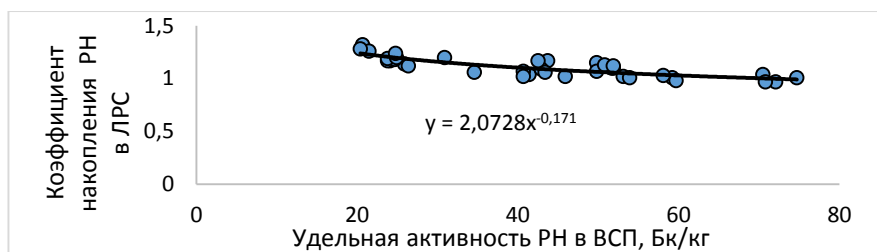


Рисунок 4.97 - Зависимость КН цезия-137 в корнях лопуха большого от его УА в ВСП

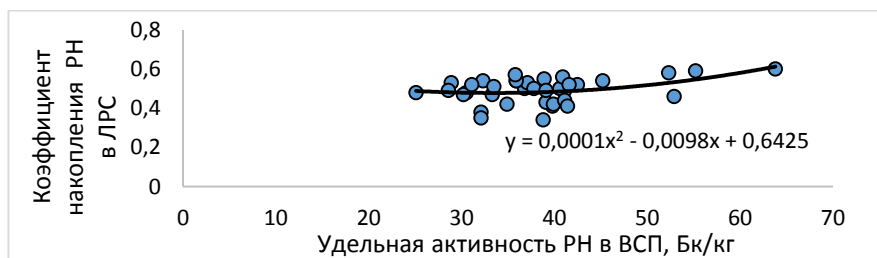


Рисунок 4.98 - Зависимость КН тория-232 в корнях лопуха большого от его УА в ВСП

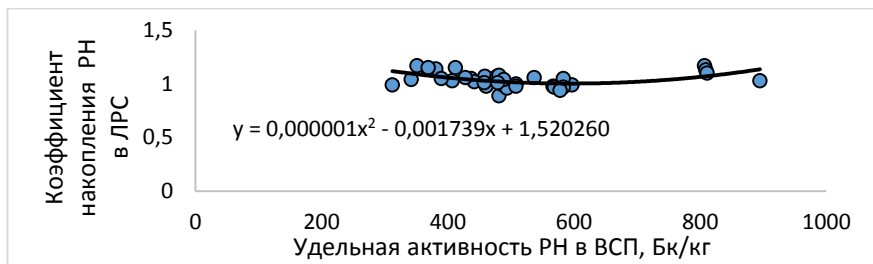


Рисунок 4.99 - Зависимость КН калия-40 в корнях лопуха большого от его УА в ВСП

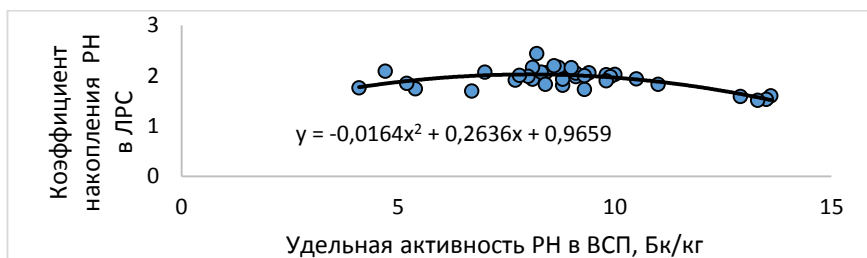


Рисунок 4.100 - Зависимость КН радия-226 в корнях лопуха большого от его УА в ВСП

4.11. Проверка согласованности и достоверности результатов определения радионуклидов в объектах исследования

Проверка согласованности и достоверности результатов выполненного эксперимента осуществлена методами математико-статистической обработки распределения данных на однородность измерений. Проводилась проверка однородности дисперсий УА РН в ЛРС от концентраций их в ВСП по критерию Кохрена [51, 52, 121].

Для сравнения нескольких дисперсий наиболее распространенным и применимым является критерий Кохрена, предполагающий независимость распределенных по нормальному закону данных (таблица 23). Производился расчет арифметического среднего – \bar{X} ; стандартного отклонения – S ; дисперсии – S^2 ; расчетного и критического значений критерия Кохрена соответственно – G и $G_{\text{крит}}$, при уровне значимости $\alpha=0,05$ [121]. Исследование параметров УА РН среди районов сбора сырья позволили получить значения критерия Кохрена. В целом полученные значения критерия Кохрена при $G < G_{\text{крит}}$ обосновывают гипотезу о согласованности и однородности результатов эксперимента.

Таблица 23

Статистическая обработка результатов определения УА РН в ЛРС

№ п/п	ЛРС	S ² max, тыс	Σ S ² , тыс	Критерий со- гласия	
				G	G _{крит}
1	Трава горца птичьего	275,5	3480	0,079	0,12
2	Трава полыни горькой	423,5	5203,1	0,081	
3	Трава тысячелистника обыкновенного	171,7	2035,9	0,084	
4	Трава пустырника пятилопастного	343,5	6007,2	0,057	
5	Листья подорожника большого	269,3	3557,1	0,068	
6	Листья крапивы двудомной	278,5	4454,7	0,063	
7	Цветки липы сердцевидной	72,5	1622	0,045	
8	Цветки пижмы обыкновенной	74,7	1427,8	0,052	
9	Корни одуванчика лекарственного	143	1977,5	0,072	
10	Корни лопуха большого	165,8	1984,2	0,084	

Межгрупповая статистическая обработка средних значений УА РН в разных видах ЛРС приведена в таблице 24. Исследование параметров УА РН для ЛРС позволили получить значения критерия Кохрена ($G < G_{\text{крит}}$), которые обуславливают гипотезу о согласованности и однородности результатов эксперимента [51, 121].

Таблица 24

Межгрупповая статистическая обработка средних значений УА РН в ЛРС

№ п/п	ЛРС	X _{ср}	S	S ²	Критерия согласия	
					G	G _{крит}
1	Трава горца птичьего	150,32	129,36	16736,38	0,19	0,33
2	Трава полыни горькой	187,32	199,57	39831,50		
3	Трава тысячелистника обыкновенного	116,58	180,3	32509,52		
4	Трава пустырника пятилопастного	202,88	194,01	37640,58		
5	Листья подорожника большого	175,58	180,4	32544,84		
6	Листья крапивы двудомной	176,52	252,41	63713,37		
7	Цветки липы сердцевидной	101,2	216,03	235,75		
8	Цветки пижмы обыкновенной	98,04	204,85	122,58		
9	Корни одуванчика лекарственного	121,72	211,29	347,87		
10	Корни лопуха большого	11,768	17,50	306,46		

Исследование средних значений УА РН среди районов заготовки образцов позволили получить $G=0,19 < G_{\text{крит}}=0,33$ и при максимальной дисперсии $S^2_{\text{max}}=161267,1$ и сумме дисперсий $\Sigma S^2=846046$, что обуславливает согласованность и однородность данных и подтверждает, что доверительный интервал вероятности принимаемой гипотезы позволяет обосновать совместимость полученных результатов и при уровне значимости $\alpha=0,05$ и подтвердить влияние УА РН в ВСП на их накопление в ЛРС в Воронежской области.

Заключение

Критический обзор и обобщение научных публикаций показали, что результаты существующих исследований ЛРС некоторых субъектов РФ варьируют и не позволяют экстраполировать их на другие регионы, что указывает на необходимость проведения региональных эколого-фармакогностических исследований качества ЛРС [51].

Проведены фундаментальные региональные эколого-фармакогностические исследования качества ЛРС на предмет накопления радиоизотопов на примере Воронежской области. 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 загрязнение ЛРС радионуклидами через почву. При увеличении УА всех определяемых РН в ВСП возрастала их УА в ЛРС.

Все изученные образцы ЛРС удовлетворяли 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 превышал 167,3 Бк/кг (в листьях подорожника большого), 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: 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 большого), радия-226 – 21,8 Бк/кг (в корнях лопуха большого), ЭУА природных РН при этом не превышала 165,05 Бк/кг (в траве полыни горькой). На основе проведенных исследований предложено внести дополнительный числовой показатель в ОФС.1.5.3.0001.15: ЭУА природных РН – не более 165 Бк/кг [43].

Полученные результаты определения УА природных и искусственных 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 осадков от выбросов ТЭЦ, которая до начала 2000-х годов функционировала на каменном угле, содержащем в качестве естественной примеси различные изотопы, поступающие вместе с золой и 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 загрязнение ЛРС радионуклидами через почву. При увеличении УА всех определяемых РН в ВСП возрастала их УА в ЛРС [36].

Выявлена неравномерность распределения радиоизотопов в различных органах растений:

Стронций-90 в наибольшей степени накапливался в корнях (КН стремятся к 2,0), также относительно высок его уровень аккумуляции был в изучаемых листьях растений (КН более 1,0). Составлен ряд убывания средних значений УА стронция-90 в изучаемых видах ЛРС: корни лопуха большого → 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: листья подорожника большого → трава пустырника пятилопастного → трава полыни горькой → листья крапивы двудомной → трава горца птичьего → корни лопуха большого → 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 аккумулировался с большей эффективностью (КН от 0,37 до 0,49). Составлен ряд убывания средних значений УА тория-232: корни лопуха большого → 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: трава пустырника пятилопастного → трава полыни горькой → листья крапивы двудомной → листья подорожника большого → трава горца птичьего → корни одуванчика лекарственного → корни лопуха большого → трава тысячелистника обыкновенного → цветки липы сердцевидной → цветки пижмы обыкновенной.

Наибольшая УА радия-226 отмечена в корнях (средние КН варьируют от 1,24 до 1,93) и листьях (КН от 0,93 до 1,06) изучаемых видов растений. Ряд убывания средних значений УА радия-226: корни лопуха большого → 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 [205].

Средние числовые значения сумм показателя соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешности его определения для изученных видов ЛРС позволили построить следующий ряд убывания: листья подорожника большого → трава пустырника пятилопастного → трава полыни горькой → листья крапивы двудомной = корни лопуха большого → корни одуванчика лекарственного → трава горца птичьего → трава тысячелистника обыкновенного → цветки пижмы обыкновенной → цветки липы сердцевидной. На основе проведенных исследований и полученных расчетных данных можно 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.

Анализ зависимостей КН техногенных РН в ЛРС от их УА в ВСП показал преимущественное снижение темпов аккумуляции радиоизотопов в сырье при увеличении их содержания в почве, что свидетельствовало о возможности физиологической регуляции поступления их в растения. Сохранение прямой зависимости между данными показателями стронция-90 отмечено лишь для листьев крапивы двудомной, цезия-137 – для травы тысячелистника обыкновенного, что указывало на высокие фиторемедиационные способности этих видов в отношении данных РН. Большинство выведенных зависимостей КН природных РН от

УА их в ВСП показало снижение темпов аккумуляции в ЛРС определяемых изотопов при увеличении их концентраций в почвах. Прямая зависимость КН тория-232 от УА его в ВСП выявлена в корнях лопуха большого и одуванчика лекарственного, травах полыни горькой и горца птичьего; калия-40 – в траве горца птичьего и корнях лопуха большого; радия-226 – в травах полыни горькой и горца птичьего, что необходимо учитывать при формировании подходов к нормированию природных РН в ЛРС.

В большей степени изучаемыми видами ЛРС накапливался цезий-137 и калий-40 (средние КН составили 1,36 и 1,34 соответственно). Аккумуляция цезия-137 и калия-40 из почв и распределение их по частям растения сходно друг с другом и со стабильным калием-39. Накопление стронция-90 и радия-226 для изучаемых видов ЛРС носило сходный характер (средние КН 0,99 и 0,85 соответственно), что также объясняется их близостью их атомного строения между собой и со стабильным кальцием.

В условиях радиоактивного заражения к группе высокого риска загрязнения из изученных видов ЛРС относятся листья подорожника большого, листья крапивы двудомной, корни одуванчика лекарственного, корни лопуха большого. В цветках РН накапливаются в наименьшей степени (КН техногенных РН составляют от 0,39 до 0,70). При этом КН природных РН, в частности, калия-40 близки к 1,0. Это говорит о вероятном наличии биологического механизма защиты генеративных органов растительных организмов от облучения, что представляет интерес для дальнейших исследований.

Список используемых сокращений

АЭС – атомная электростанция
БАВ – биологически активные вещества
БАД – биологически активные добавки
ВЛЭ – высоковольтные линии электропередач
ВСП – верхние слои почв
ГФ – Государственная фармакопея
ГХЦГ – гексахлорциклогексан
ДДТ – дихлордифенилтрихлорметилметан
КН – коэффициент накопления
ЛРП – лекарственный растительный препарат
ЛРС – лекарственное растительное сырье
НД – нормативная документация
ОФС – общая фармакопейная статья
ПДК – предельно допустимая концентрация
РН – радионуклиды
ТМ - тяжелые металлы
ТМиМ – тяжелые металлы и мышьяк
ТЭЦ – теплоэлектроцентраль
УА – удельная активность
ФС – фармакопейная статья
ХОП – хлорорганические пестициды
ЭУА – эффективная удельная активность

Список литературы

1. Акционерное общество «Минудобрения»: [Электронный ресурс]. Воронеж, 2019. URL: <https://minudo.ru>. (Дата обращения: 26.11.2019).
2. Алякин А.А. Химический состав эфирных масел *Artemisia absinthium* L. и *Artemisia vulgaris* L. произрастающих на территории Красноярского края / А.А. Алякин, А.А. Ефремов, А.С. Ангаскиева, В.В. Гребенникова // Химия растительного сырья. - 2011. - №3. - С. 123–127.
3. Анализ миграции тяжелых металлов в системе «почва–растение» при эколого-геологической оценке окружающей среды вокруг полигона ТКО в г. Тамбов / Н.О. Милютина [и др.] // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. - 2020. - № 3. - С. 55-63.
4. Архипова Н.С. Влияние городского техногенного загрязнения на физиологические характеристики одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinalis* Wigg.) / Н.С. Архипова, Л.Р. Гильмуллина, А.И. Замалтдинова // Естественнонаучные исследования в Чувашии. - 2021. - № 7. - С. 3-12.
5. Бабкина Л.А. Аккумуляция цинка тысячелистником обыкновенным *Achillea millefolium* L. / Л.А. Бабкина, Е.В. Королев // В сборнике: Окружающая среда: комфортность и экологическая безопасность. Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции. Редколлегия: М.В. Протасова (отв. ред.) [и др.]. Курск, 2021. С. 198-204.
6. Бабкина Л.А. Особенности аккумуляции тяжелых металлов листьями подорожника большого (*Plantago major* L.) в условиях урбанизированных территорий / Л.А. Бабкина, Д.С. Лукьянчиков, О.В. Лукьянчикова // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7. № 1 (22). С. 19-24.
7. Бадалян Э.В. Изучение возможности совершенствования технологии сока подорожника / Э.В. Бадалян, Э.Ф. Степанова, А.М. Темиргулатова, И.Н. Зилфикаров // Современные наукоемкие технологии. – 2011. - №1. – С. 32-33.
8. Балыкин Д.Н. Радионуклиды ²³⁸U, ²³²Th, ⁴⁰K, ¹³⁷CS в почвах и донных отложениях территории космодрома "Восточный" (Амурская область) / Д.Н. Балыкин, А.В. Пузанов, С.Н. Балыкин, А.В. Салтыков, Т.А. Рождественская // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. – 2019. - №3 (54). – С. 98-104.
9. Бекман И.Н. Радиоэкология и экологическая радиохимия. – М.: Издатель Мархотин П.Ю., 2018 – 400 с.

10. Беликов А.С. Радиационно-гигиенические защитные свойства строительных материалов / А.С. Беликов, В. Ф. Запрудин // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. - 2010. - № 8 (149). - С. 7-12.
11. Биоразнообразие города Воронежа / под ред. О. П. Негрובה. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. – 98 с.
12. Богатина Н.И. Влияние электрических полей на растения / Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского: Серия «Биология, химия». - 2011. - № 1. - С. 10-17.
13. Бузук Г.Н. Фармакогностическая характеристика полыни горькой *Artemisia absinthium* L. Обзор литературы / Г.Н. Бузук, Е.Г. Эльяшевич // Вестник фармации. - 2009. - № 4 (46). - С. 87-97.
14. Буркова Е.А. Антиоксидантные свойства экстрактов цветков липы сердцелистной (*Tilia cordata*) / Е.А. Буркова, В.Р. Хабибрахманова, А.В. Канарский // Вестник Технологического университета. - 2015. - Т. 18. - № 16. - С. 38-40.
15. Бускунова Г.Г. Особенности накопления тяжелых металлов в *Tanacetum vulgare* L. в условиях техногенного загрязнения / Г.Г. Бускунова, Г.Р. Ильбулова // Экологические проблемы промышленных городов. - 2019. - №1 - С. 24-27.
16. Васильева Т.Н. Определение фиторемедиаторов Pb, Cd, Zn в Оренбургском районе Оренбургской области / Т.Н. Васильева // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2014. - № 6 (167). - С. 13-17.
17. Великанова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа. LAMBERT Academic Publishing, 2013. - 211 с.
18. Великая Т.В. Определение качественного состава крапивы двудомной (*URTICA DIOICA* L.) методом ТСХ / Т.В. Великая, К.К. Кожанова, С.К. Жетеров, О. Дрегерт // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. - № 1-3 (43). – с. 78-80.
19. Веселова, Д.В. Использование в современной медицине цветков липы сердцевидной / Д.В. Веселова, Э.Ф. Степанова // Фармация и фармакология. -2016.- № 1(14). - С. 4-9.
20. Воробьев Г.В. Адаптивные возможности одуванчика лекарственного в условиях загрязнения атмосферы автомобильным транспортом / Г.В. Воробьев [и др.] // Экология. - 2014. - № 2. - С. 91.
21. Воронежская энциклопедия : в 2 т. / Гл. ред. М. Д. Карпачёв. – Воронеж : Центр духовного возрождения Чернозёмного края, 2008. – Т. 1 :– 524 с.

22. Воронкова Е.В. Цитогенетические исследования влияния ЭМП на растительных объектах в натуральных условиях / Е.В.Воронкова [и др.]. –М.: Материалы 1-ой российской конференции «Проблемы электромагнитной безопасности человека. Фундаментальные и прикладные исследования», 28-29 ноября 1996 г. – С. 110.
23. Воропаев В.Н. Многолетняя динамика содержания стронция-90 в профиле почвы чернозёма выщелоченного / В.Н. Воропаев, Б.А. Сотников // Экология Центрально-Черноземной области Российской Федерации. - 2016. - № 1 (35). - С. 6-9.
24. Высочина, Г.И. Динамика содержания и компонентного состава флавоноидов *Polygonum aviculare* / Г.И. Высочина // Растительные ресурсы, 1999. - Т. 35, №3. - С. 67-74
25. Гладышев А.А. Продуцирование биологически активных веществ в тканях *Urtica dioica* L. на шламовом поле криолитового производства / А.А. Гладышев, Н.Ф. Гусев, А.С. Королев, О.Н. Немерешина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2012. - Т. 4. - № 36-1. - С. 215-218.
26. Государственная фармакопея Российской Федерации. – XIV изд. – Режим доступа: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>.
27. Государственная фармакопея Российской Федерации. – XIII изд. – Режим доступа: <http://pharmacopoeia.ru/gosudarstvennaya-farmakopeya-xiiionline-gf-13-online>.
28. Государственная фармакопея. – XI изд. – М. : Медицина, 1990. – Вып. 1. – 168 С.
29. 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.
30. Грязнов М.Ю. Изучение биологических особенностей пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) в Нечерноземной зоне России: дис. ... канд. биол. наук : 06.01.13 / М.Ю. Грязнов. М., 2006, - 138 с.
31. Данилов М.С. Некоторые биологические свойства подорожника большого / М.С. Данилов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 8 (94). С. 71-73.
32. Датхаев У.М. Наличие седативного свойства ЛР пустырник / У.М. Датхаев, Э.Н. Капсаламова, Э.И. Елеуова, Е.К. Оразбеков // Вестник Казахского национального медицинского университета. - 2014. - № 1. - С. 339-341.
33. 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.

34. Джувеликян Х.А. Влияние техногенных факторов на городские и пригородные ландшафты Центрального Черноземья. // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Химия, биология, фармация. – 2010. – №1. – С. 68-75.
35. Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в городском округе город Воронеж в 2017 году: [Электронный ресурс]. Воронеж, 2017. <http://36.rospotrebnadzor.ru/download/apxiv/gd2017.pdf> (Дата обращения: 17.04.2018).
36. Дьякова Н.А. Изучение накопления радионуклидов лекарственным растительным сырьем Центрального Черноземья / Н.А. Дьякова // Вестник Смоленской Государственной Медицинской Академии. – 2022. – Т. 21, №3. – С. 171-176.
37. Дьякова Н.А. Анализ взаимосвязи между накоплением поллютантов и основных биологически активных групп веществ в лекарственном растительном сырье на примере травы горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.) и листьев подорожника большого (*Plantago major* L.) / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, А.А. Мындра // Химико-фармацевтический журнал. - 2015. - Т. 49, № 6. - С. 25-28.
38. 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.
39. Дьякова Н.А. Изучение влияния электромагнитного поля на анатомические признаки и химический состав лекарственных растений на примере горца птичьего и подорожника большого / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, Л.И. Фирсова, А.А. Мындра // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. - 2014. - № 4. - С. 114-118.
40. 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.
41. 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.

42. Дьякова Н.А. Методические рекомендации по заготовке лекарственного растительного сырья в Воронежской области / Н.А. Дьякова; под ред. А.И. Сливкина. – Воронеж : Издательский Дом ВГУ, 2022. – 160 с.
43. Дьякова Н.А. От оценки радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья Воронежской области к вопросам нормирования природных радионуклидов / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, О.В. Тринеева // Химико-фармацевтический журнал. – 2022. – Т. 56, №8. – С. 47-51.
44. Дьякова Н.А. Оценка радионуклидного загрязнения верхних слоев почв Воронежской / Н.А. Дьякова // Новости науки в АПК. - 2021. – № 2. – С. 61-65.
45. 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.
46. 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.
47. Дьякова Н.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье на примере травы тысячелистника обыкновенного / Н.А. Дьякова, С.П. Гапонов, А.И. Сливкин // Традиционная медицина. - 2019. - №4. – С. 48-52.
48. 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.
49. 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.
50. 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.

51. Дьякова Н.А. Теоретическое и экспериментальное обоснование эколого-фармакогностической оценки качества лекарственного растительного сырья (на примере Воронежской области): дисс. ...докт. фарм. наук / Н.А. Дьякова. Воронежский государственный университет, Воронеж, 2022. – 452 с.
52. Дьякова Н.А. Экологическая оценка сырьевых ресурсов лекарственных растений Воронежской области / Н.А. Дьякова: Монография. – Воронеж: Цифровая полиграфия, 2022. – 264 с.
53. Дьякова Н.А. Экологическое состояние лекарственного растительного сырья Центрального Черноземья / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин // Фармация. - 2015. - № 1. - С. 3-6.
54. 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.
55. Егорова И.Н. Содержание тяжелых металлов и радионуклидов в сырьевых лекарственных растениях Кемеровской области: автореф. дисс. ...канд. биол. наук / И.Н. Егорова. Томский государственный университет. Томск, 2010. – 21 с.
56. Елагина Д.С. Содержание тяжелых металлов в горце птичьим и пижме обыкновенной в условиях урбанизированных территорий / Д.С. Елагина, Н.С. Архипова, М.Ш. Сибгатуллина, С.С. Рязанов // Вестник ВГУ, серия: Химия. Биология. Фармация. – 2017. - № 1. – с.57-66.
57. Еремина А.А. Влияние условий произрастания на развитие листьев липы сердцевидной в г. Горно- Алтайске / А.А. Еремина, Г.Г. Соколова // Ломоносовские чтения на Алтае. – 2005. – №4. – С. 11-15.
58. Ерошов А.И. Поступление радия-226 и тория-232 из почвы в растения / А.И. Ерошов, И.Н. Марцұл, А.И. Антоненков // Сахаровские чтения 2012 года: Экологические проблемы XXI века. Материалы 12-й международной научной конференции. - 2012. - С. 234-235.
59. Ефремов И.В. Методы прогнозирования содержания цезия-137 в растениях степной зоны / И.В. Ефремов // Оренбургские горизонты: прошлое, настоящее, будущее. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 275-летию Оренбургской губернии и 85-летию Оренбургской области. 2019.- С. 412-416.
60. Ефремов И.В. Особенности миграции РН цезия-137 и стронция-90 в системе почва-растение / И.В. Ефремов, Н.Н. Рахимова, Е.Л. Янчук // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2005. - № 12 (50). - С. 42-46.

61. Ефремов И.В. Фракционное распределение цезия-137 в пробах почвы / И.В. Ефремов // Сертификация и управление качеством экосистем на Южном Урале. Тезисы докладов Российской научно-технической конференции. 1997. - С. 75-76.
62. Журавлева М.А. Загрязнение полосы отвода железной дороги в юго-восточном округе Москвы / М.А. Журавлева, Н.И. Зубарев // Наука и техника транспорта. - 2012. - № 4. - С. 80-87.
63. Загрязнение верхних слоев почв Воронежской области тяжелыми металлами, мышьяком, естественными и искусственными радионуклидами: Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2022620085 РФ : Н.А. Дьякова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУ"; заявл. 27.12.2021 ; опубли. 12.01.2022.
64. Загурская Ю.В. Состав фенольных соединений сырьевой части *Leonurus quinquelobatus* Gilib. из различных регионов Западной Сибири / Ю. В. Загурская, В. Г. Васильев, А. Л. Богатырев, И. И. Баяндина // Вестник Кемеровского государственного университета – 2014. – № 4 (60). – Т. 3. – С. 232 – 235.
65. Зарубина Н.В. Аминокислотный состав цветков и листьев липы / Н.В. Зарубина, Д.М. Попов // Фармация. – 2012.- №5. – С. 21-23.
66. Зубарева, К.Э. Влияние выбросов автомобильного транспорта на элементный состав листьев подорожника большого / К.Э. Зубарева, К.В. Качкин, Т.И. Сиромля // Химия растительного сырья. - 2011. - №2. - С. 159–164
67. Иванов Е.Д. Аккумуляция цезия-137 колпаком кольчатым / Е.Д. Иванов // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России. Сборник статей XVIII Международной научно-практической конференции. 2020. - С. 50-53.
68. Иванов Е.Д. Накопление цезия-137 продуцентами экосистемы Содринского болота / Е.Д. Иванов // Актуальные проблемы природопользования и природообустройства. Сборник статей II Международной научно-практической конференции. 2019. - С. 132-135.
69. Игамбердиева П.К. Исследование количества микроэлементов лекарственных растений Южной Ферганы и перспективы их применения при лечении железодефицитной анемии / П.К. Игамбердиева, Б.С. Мамаджанов, Н.Г. Саидахмадова // Современная медицина: актуальные вопросы. - 2015. - № 44-45. - С. 80-87.
70. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2015. – 232 с.
71. Использование методов биоиндикации и биотестирования в оценке состояния природного комплекса в зоне влияния Кирово-Чепецкого

- химического комбината / С.Г. Скугорева [и др.] // Вестник института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. - 2012. - № 3. - С. 30-37.
72. Итоги разработки системы биоанализа на региональной основе в мониторинге сред обитания / В.Б. Любимов [и др.] // Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований. - 2011. - № 1 (2). - С. 49-60.
73. Кавеленова Л.М. К особенностям изменений экзофизиологических параметров зрелых листьев липы сердцевидной в естественных насаждениях Красносамарского леса / Л.М. Кавеленова, Ю.А. Куриленко, Ю.В. Смирнов // Вестник СамГУ. – 2006. - №4. – С. 66-74.
74. Казанцев И.В. Экологическая оценка влияния железнодорожного транспорта на содержание тяжелых металлов в почвах и растениях полосы отвода: автореферат дисс... канд. биол. наук. Тольятти, 2008. - 20 с.
75. Кайгородов Р.В. Содержание минеральных элементов, пигментов и низкомолекулярных антиоксидантов в листьях *Tilia cordata* Mill. в транспортной зоне урбанизированных экосистем / Р.В. Кайгородов, Е.И. Попова // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2018. Вып. 3. С. 318-324.
76. Кайзер М.И. Активность цезия-137 в почвах горного Алтая / М.И. Кайзер, В.Ю. Сафонова // Свидетельство о регистрации базы данных 2020620789, 18.05.2020. Заявка № 2020620578 от 03.04.2020.
77. Кайзер М.И. Калий-40 в почвах и растениях юго-восточного Алтая / И.М. Кайзер // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий. Материалы VII-й Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Горно-Алтайского государственного университета. 2019. С. 378-382.
78. Калдыбаев Б.К. Содержание стронция-90 и цезия-137 в отдельных видах дикорастущих растений Прииссыкулья / Б.К. Калдыбаев // Наука и новые технологии. - 2010. - № 1. - С. 59-61
79. Калдыбаев Б.К. Содержание стронция-90 и цезия-137 в почвенном покрове Прииссыкулья / Б.К. Калдыбаев // Наука и новые технологии. - 2009. - № 7. - С. 65-68.
80. Калдыбаев Б.К. Содержание тяжелых естественных РН в растительном покрове Прииссыкулья / Б.К. Калдыбаев // Наука и новые технологии. - 2010. - № 2. - С. 152-156.
81. Караева И.Т. Результаты определения минерального состава инулинсодержащих растений, произрастающих в РСО-Алания / И.Т. Караева, А.В. Хмелевская, С.К. Черчесова // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2016. - Т. 53, № 3. - С. 133-136.

82. Кароматов И.Д. Лекарственное растение полынь горькая -химический состав, лечебные свойства / И.Д. Кароматов, С.И. Каххорова // Биология и интегративная медицина. - 2018. - № 9 (26). - С. 84-101.
83. Кароматов И.Д. Лечебные свойства лекарственного растения одуванчик / И.Д. Кароматов, М.С. Давлатова // Биология и интегративная медицина. - 2018. - № 9 (26). - С. 145-164.
84. Кароматов, И.Д. Липа сердцевидная / И.Д. Кароматов, А.Т. Абдувохидов // Биология и интегративная медицина. - 2017. - № 8. - С. 134-141.
85. Карпюк М.С. Содержание эссенциальных и токсичных элементов в надземной части *Urtica dioica* L. на шламовом поле криолитового завода / М.С. Карпюк, А.А. Гладышев, В.В. Трубников // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. - № 12 (131). - С. 85-86.
86. Кириенко Н.Н. Влияние автотранспортного загрязнения биотопа на биохимическую активность *Arctium lappa* и *Plantago major* / Н.Н. Кириенко, П.С. Терлеева, Г.Г. Первышина // Вестник КрасГАУ. - 2009. - № 7 (34). - С. 70-72.
87. Клинская Е.О. Оценка загрязнения окружающей среды Биробиджана по содержанию свинца в одуванчике лекарственном (*Taraxacum officinale*) / Е.О. Клинская // Региональные проблемы. - 2005. - № 6-7. - С. 73-76.
88. Клемпер, А. В. Сравнительное содержание мышьяка, фторидов и тяжёлых металлов в некоторых видах лекарственного растительного сырья / А.В. Клемпер, И.В. Гравель, И. В. Павлушков // Традиционная медицина. - 2013. – № 5. – С. 238-240.
89. Койгельдина А.Е. Гамма-спектральный анализ семян пшеницы / А.Е. Койгельдина, А.А. Ахметова // Вестник ИрГСХА. – 2012. - №49. – С.20-25.
90. Коломиец Н.Э. Стандартизация листьев крапивы двудомной / Н.Э. Коломиец, Г.И. Калинин, Н.Н. Сапронова // Фармация. - 2011. - №6. - С. 22-24.
91. Коломиец Н.Э. Химический состав и биологическая активность метаболитов видов рода *Arctium* L. / Н.Э. Коломиец [и др] // Химия растительного сырья. - 2021. - № 2. - С. 29-57.
92. Колпакова И.И. Количественное содержание флавоноидов в пустырнике пятилопастном, произрастающего в Тульской области / И.И. Колпакова, О.И. Бойкова, Н.Н. Жуков // Проблемы научной мысли. - 2019. - Т. 7, № 3. - С. 6-8.
93. Колчанов Р. А. Сравнительный анализ выноса свинца из почвы растениями Белгородской области / Р. А. Колчанов, Л. В. Колчанова, Н. Г. Габрук // Научные ведомости БелГУ – С. 89 – 93.

94. Колчанов Р.А. Содержание цезия-137 в лекарственных растениях на территории Белгородской области / Р. А. Колчанов, А. Ф. Колчанов // Научные ведомости БелГУ – 2009. – № 11(66). – С. 14-17.
95. Кондрашкина М.И. Одуванчик лекарственный как индикатор заброшенных пахотных земель / М.И. Кондрашкина, В.П. Самсонова // Проблемы агрохимии и экологии. - 2010. - № 1. - С. 24-27.
96. Кончина Т.А. Влияние техногенного загрязнения на некоторые биологические характеристики рудеральных растений / Т.А. Кончина, М.В. Гузнищева // Молодой ученый. – 2015. – №23.2 (103). – С. 118-122.
97. Копытько Я.Ф. Применение, химический состав и стандартизация сырья и препаратов *Urtica* (обзор) / Я.Ф. Копытько, Е.С. Лапинская, Т.А. Сокольская // Хим.-фармац. журн. - 2011. - Том 45. - №10. - С. 32-40.
98. Королёв А.С. Особенности накопления биоэлементов в надземной части *Artemisia absinthium* L. на шламовом поле криолитового завода / А. С. Королёв, А. А. Гладышев, И.С. Юткина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2014. - № 5 (49). - С. 159-161.
99. Коротков И.В. Оптимизация методов стандартизации сырья полыни горькой / И.В. Коротков, В.Д. Белоногова, Е.О. Абызова // Медицинский альманах. - 2012. - № 1 (20). - С. 220-222.
100. Косман В. М. Изучение экстракции иридоидных гликозидов травы пустырника различными растворителями / В. М. Косман, О. Н. Пожарицкая, А. Н. Шиков, В. Г. Макаров // Химико-фармацевтический журнал. Том 36 – 2002. – № 2. – С. 43 – 45.
101. Кочукова А.А. Особенности развития *Tanacetum vulgare* L. с учётом влияния абиотических и антропогенных факторов / А.А. Кочукова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. - №1. – с. 134-137.
102. Крошечкина И.Ю. Комплексная оценка загрязнений балластного слоя железнодорожного полотна / И.Ю. Крошечкина, Н.И. Зубрев // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс, 2014. - № 1 (17). - С. 100-102.
103. Крутченко О.Ю. Исследование нейротропной активности растительных сборов с пустырником пятилопастным / О.Ю. Крутченко, Б.А. Самура // Вестник фармации. - 2010. - № 1 (61). - С. 72-75.
104. Кудряшова А.И. Динамика роста в онтогенезе листьев липы около автомобильной дороги / А.И. Кудряшова // Научные ведомости. – 2007. - №5. – С. 76-84.

105. Куркин В.А. Фармакогнозия: Учебник для фармацевтических вузов (факультетов). 2-е изд. перераб. и доп. – Самара: ООО «Офорт», ГОУ ВПО «СамГМУ», 2007. – 1239 с.
106. Куркина А.В. Исследование флавоноидного состава цветков пижмы обыкновенной / А.В. Куркина // Химия растительного сырья. – 2011. – №4. – с. 209-212.
107. Куролап С.А. Комплексный подход к оценке состояния почвенного покрова урбанизированной территории на примере города Воронежа / С.А. Куролап, Л.О. Середа // Экологические системы и приборы. – 2017. – № 12. – С. 8-16.
108. Куцик Р.В. Тысячелистник обыкновенный. *Achillea millefolium* L. (Аналитический обзор) / Р.В. Куцик, Б.М. Зузук // Провизор. – 2002. – № 14. – С. 34-38.
109. Латышевская Н.И. Экологические проблемы заготовки лекарственного растительного сырья в рекреационной зоне промышленного центра / Н.И. Латышевская, А.С. Стрекалова // Вестник ОГУ. – 2006. – №5. – С. 192-194.
110. Лобова О.В. Влияние городских условий на морфологическое строение листьев и побегов липы мелколистной / О.В. Лобова // Лесной вестник. – 1998. – №4. – С. 116-121.
111. Лукашов Р.И. Одуванчик лекарственный. Часть 2. Фармакологические свойства / Р.И. Лукашов, Н.С. Гурина // Рецепт. – 2019. – Т. 22, № 2. – С. 259-265.
112. Мамиева Е.Б. Влияние загрязнения окружающей среды на основные эпидермальные клетки липы сердцевидной, или мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) на примере г. Белгорода / Е.Б. Мамиева, Л.В. Ширнина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1. – С. 40-44.
113. Маракаев О.А. Техногенный стресс и его влияние на листовые древесные растения (на примере парков г. Ярославля) / О.А. Маракаев, Н.С. Смирнова, Н.В. Загоскина. // Экология. – 2006. – №6. – С. 410-414.
114. Матина П.Н. Сравнение пространственного распространения природных РН тория-232 и калия-40 в почвах юго-востока Томской области / П.Н. Матина, Г.А. Колотков // Современные проблемы географии. Межвузовский сборник научных трудов. Составители В.В. Занозин, М.М. Июлин, А.Н. Бармин, А.З. Карабаева, М.В. Валов. Астрахань, 2019. С. 3-5.
115. Махонина Г.И. Распределение стронция-90 и цезия-137 по компонентам биогеоценоза / Г.И. Махонина, Н.В. Тимофеев-Ресовский, А.А. Титлянова, А.Н. Тюрюканов // Доклады Академии наук СССР. – 1961. – Т. 140. № 5. – С. 1209-1212.

116. 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.
117. Международный аэропорт Воронеж: [Электронный ресурс]. Воронеж, 2021. URL: <https://voz.aero.ru>. (Дата обращения: 27.09.2021).
118. Мекаревич В.И. Разработка двух типов стандартных образцов удельной активности РН цезия-137, калия-40 и стронция-90 в пшенице / В.И. Мекаревич, О.А. Плеснецова // Стандартные образцы. – 2008. - №1. – С. 45-51.
119. Меньших Т.Б. Цезий-137 и стронций-90 в водной растительности водоема В-3 ТКВ / Т.Б. Меньших, Л.В. Никитина Л.В. // Вопросы радиационной безопасности. - 2007. - № 2 (46). - С. 59-65.
120. Методические рекомендации 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» – Москва, 2020. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74835247/> (Дата обращения: 17.04.2021).
121. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Руководство для экономистов / Э. Фёрстер, Э. Рёнц, пер. с нем. и пред. В. М. Ивановой. - М.: Финансы и статистика, 1983. - 304 с.
122. Минакова О.А. Содержание токсичных и радиоактивных элементов в почве и продукции стационарного опыта с удобрениями в Центральном Черноземном регионе / О.А. Минакова, Д.А. Куницын, Л.В. Александрова // Агрохимия. – 2018. – №3. – С. 77-82.
123. Мингареева Е.В. Радионуклиды 226Ra, 232Th, 40K, 137Cs в почвах на звонцовых и ленточных глинах / Е.В. Мингареева, Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева // Биосфера. - 2018. - Т. 10. № 3. - С. 207-217.
124. Мисин В.М. Сезонная динамика изменения содержания антиоксидантов фенольного типа в листьях подорожника большого и одуванчика / В.М. Мисин, Н.Н. Сажина, А.Ю. Завьялов // Химия растительного сырья. – 2010. - №3. – 103-106.
125. Мильшина Л.А. Влияние абиотических факторов окружающей среды на компонентный состав эфирного масла пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) / Л.А. Мильшина, А.А. Ефремов, Г.Г. Первышина // Вестник КрасГАУ. - 2010. - №8. - С.139-143.
126. Москвитина Н.В. Экологическая опасность отходов предприятий железнодорожного транспорта / Н.В. Москвитина, П.П. Пурыгин // Известия Тульского гос ун-та. - 2006 – С. 125-131
127. 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).

128. Мухалидгалиев А.Г. Изучение противоопухолевой активности препаратов пустырника туркестанского и пустырника пятилопастного / А.Г. Мухалидгалиев, А.А. Рахимова, К.Д. Рахимов // Актуальные проблемы фармации. - №2. - 1991.- С. 82-85.
129. Мяделец М.А. Содержание химических элементов и биологически активных веществ в листьях подорожника большого (*Plantago major* L.) в условиях антропогенно нарушенных местообитаний / М.А. Мяделец, Т.И. Сиромля, О.В. Охлопкова, К.В. Качкин // Сибирский медицинский журнал. - 2015. - Т. 132, № 1. - С. 94-97.
130. Новицкий Ю.И. Реакция растений на магнитные поля / Ю.И. Новицкий. – М.: Наука. – 1978. – 130 с.
131. Оленников, Д.Н. Методика количественного определения суммарного содержания полифруктанов в корнях лопуха (*Arctium* spp.) / Д.Н. Оленников, Л.М. Танхаева // Химия растительного сырья. – 2010. – №1. – С. 115–120.
132. Онистратенко Н.В. Одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale* как перспективный инструмент биодиагностики состояния городской среды / Н.В. Онистратенко // Природные системы и ресурсы. - 2021. - Т. 11, № 3. - С. 14-21.
133. ООО «БорМаш»: [Электронный ресурс]. Воронеж, 2019. URL: <https://www.bormash.ru>. (Дата обращения: 27.11.2019).
134. Орлин Н.А. Извлечение флавоноидов из пажитки обыкновенной / Н.А. Орлин // Успехи современного естествознания. - 2005. - № 8. - С. 47.
135. ПАО “КВАДРА”: [Электронный ресурс]. Воронеж, 2013. URL: <https://voronezh.quadra.ru>. (Дата обращения: 17.04.2015).
136. Парамонова Т.А. Сравнительный анализ поступления цезия-137 и калия-40 в травянистую растительность на радиоактивно загрязненной территории Тульской области / Т.А. Парамонова, Н.А. Романцова // Живые и биокосные системы. - 2013. - № 5. - С. 4-9.
137. Парфенов А.А. Аминокислоты травы пустырника пятилопастного / А.А. Парфенов, Н.С. Фурса // Фармация. - 2007. - № 7. - С. 6-7.
138. Платонов В.В. Химический состав органического вещества полыни горькой (*Artemisia absinthium* L., семейство сложноцветных) / В.В. Платонов В.В. [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. - 2019. - № 5. - С. 149-162.
139. Позняк С.С. Содержание некоторых тяжелых металлов в растительности полевых и луговых агрофитоценозов в условиях техноген-

- ного загрязнения почвенного покрова / С.С. Позняк // Вестник Томского государственного университета. Биология. - 2011. - № 1 (13). - С. 123-137.
140. Полякова, В.А. Изменение основных морфометрических и некоторых биохимических показателей высшего наземного растения подорожника большого (*Plantago major*) в зависимости от степени загрязнения почв города Самары тяжелыми металлами / В.А. Полякова, О.Н. Макурина // В мире научных открытий. - 2010. - №5. - С. 53-57
141. Попп Я.И. Содержание цинка, меди и кадмия в различных видах лекарственных растений, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби / Я.И. Попп, Т.И. Бокова // Вестник НГАУ. - 2017. - № 1 (42). - С. 84-92.
142. Попова, Е.И. Морфо-биологическая изменчивость *Plantago major* и *Plantago media* в зависимости от антропогенной нагрузки: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук / Е.И. Попова. - Пермь: ТГПИ, 2009. - 20 с.
143. 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).
144. Прохорычева Н.П. Содержание радия-226 в почвах Калининградской области / Н.П. Прохорычева, Д.И. Жердев, В.И. Свистельников // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. - 2006. - № 1. - С. 11-14.
145. Пучков А.В. Радиационные параметры гидробионтов условно чистой территории Ненецкого автономного округа / А.В. Пучкова, Е.Ю. Яковлев, С.В. Дружинин // Успехи современного естествознания. - 2020. - №6. - С. 118-122.
146. Пятигорская Н.В. GMP для производства лекарственных препаратов из растительного сырья / Н.В. Пятигорская, А.Т. Ногаева, В.В. Береговых, И.А. Самылина // Фармация. - 2010. - №4. - С. 34-37.
147. Радиоактивное загрязнение хозяйственно полезных видов растений природных экосистем приграничных территорий Гомельской и Брянской областей / Л. М. Сапегин [и др.] // Экологический вестник - 2012. - № 1 (19). - С. 108 - 115.
148. Райзер, Ю.П. Физика газового разряда / Ю.П. Райзер. - М.: Наука, 1992. - 536 с.
149. Рачкова Н.Г. Моделирование подвижности радия-226 по данным его профильного распределения в загрязненной подзолистой почве

- / Н.Г. Рачкова, Л.М. Шапошникова // Успехи современного естествознания. - 2021. - № 10. - С. 69-74.
150. Регистр лекарственных средств России : справочник лекарственных препаратов. – URL: <https://www.rlsnet.ru> (дата обращения: 25.10.2018).
151. Решение совет евразийской экономической комиссии от 26.01.2018 №15 «Об утверждении Правил надлежащей практики выращивания, сбора, обработки и хранения исходного сырья растительного происхождения». URL: <https://docs.cntd.ru/document/556622149> (Дата обращения: 17.04.2019).
152. Рогачевский А.А. Сравнительный анализ содержания калия-40 и цезия-137 в грибах некоторых регионов Беларуси / А.А.Рогачевский // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы. Сборник научных трудов. Гродно, 2019. - С. 123-128.
153. Родина Е.А. Сравнительная оценка дозовых нагрузок ионизирующего излучения калия-40 на гидробионты Севастопольской бухты / Е.А. Родина, С.Б. Гулин // ПОНТ ЭВКСИНСКИЙ - 2009. Тезисы VI Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная экологическим проблемам водных экосистем. 2009. С. 99-100.
154. Рукавишникова О.В. Плутоний в почвенно-растительном покрове наземных экосистем импактной зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа / О.В. Рукавишникова // Экология от южных гор до северных морей: мат. всерос. конф. – Екатеринбург, 2010. - С. 162-166.
155. Самылина И.А. Крапива двудомная: возможности медицинского применения / И.А. Самылина, Н.В. Пятигорская // Фарматека. - 2010. - № 1 (195). - С. 62-63.
156. Самылина, И.А. Подорожник большой / И.А. Самылина, А.А. Сорокина, Н.В. Пятигорская // Фарматека. - 2010. – №2. – С. 100-101.
157. Санаров, Е.М. Экологическая оценка радионуклидного загрязнения лекарственного сырья в Алтайском крае и проблема регламентирования / Е.М. Санаров [и др.] // Химия растительного сырья. – 1998. - №1. – С. 19-24
158. Сандимиров С.Б. Загрязнение почв на территории Ленинградской АЭС цезием-137 и стронцием-90 / С.Б. Сандимиров // Метеорологический вестник. - 2017. - Т. 9. № 2. - С. 166-169.
159. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009». – Москва, 2009. – URL: <https://base.garant.ru/4188851/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (Дата обращения: 17.04.2018).

160. Свито Е.И. Анализ содержания цезия-137 в сельскохозяйственной продукции Минского района / Е.И. Свито // Актуальные вопросы радиационной и экологической медицины, лучевой диагностики и лучевой терапии. сборник материалов IV межвузовской научно-практической интернет-конференции. Гродно, 2020. - С. 212-214.
161. Сейдаров Р.А. Влияние нефтехимического загрязнения Уфимского промышленного центра на корневые системы липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill) / Р.А. Сейдаров // Вестник КрасГАУ. – 2013. - №2. – С. 55-59.
162. СИБУР: [Электронный ресурс]. М., 2019. URL: <https://www.sibur.ru>. (Дата обращения: 27.11.2019).
163. Сиромля Т.И. Влияние автотранспортного загрязнения на экологическое состояние подорожника большого / Т.И. Сиромля // Сибирский экологический журнал. – 2011. - №5. – С. 677-688.
164. Скорбач В.В. Влияние загрязнения окружающей среды на основные эпидермальные клетки липы сердцевидной, или мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) на примере г. Белгорода / В.В. Скорбач, М. Н. Жиликова // Научные ведомости. – 2009. - №11. – С.40-44.
165. Соснина, С.А. Количественное определение полисахаридов в листьях подорожника большого, подорожника среднего и подорожника ланцетного / С.А. Соснина [и др.] // Вестник Пермской государственной фармацевтической академии –2007. – № 2. – С. 285 – 288
166. Спильная В.Г. Влияние железнодорожного транспорта на примагистральный растительный покров на примере липы сердцевидной / В.Г.Спильная // Научные ведомости. – 2006. - №9. – С. 9-10.
167. Способ использования одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg) для первого этапа биомониторинга окружающей среды: пат. 2013116677 Рос. Федерация: МПК G 01 N. Джембетова П.М., Реутова Н.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное Государственное Бюджетное Образовательное Учреждение Высшего Профессионального Образования «Чеченский Государственный университет». - № 2013116677/15; заявл. 11.04.13; опубл. 20.10.14, Бюл. №29. – 5 с.
168. Стародубцева Е.А. Классификация растительности Воронежского заповедника / Е. А. Стародубцева, Л. Г. Хаина // Растительность России. – 2009. – № 14. – С. 63-141.
169. Сунцова Е.С. Анализ содержания радионуклидов и тяжёлых металлов в системе "почва - растения" на техногенной территории Кирово-Чепецкого промышленного комплекса / Е.С. Сунцова, Е.С. Петухова, Т.Я. Ашихмина, Г.Я. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. - 2015. - № 2. - С. 80-85.

170. Сухарева М.М. Технические средства и технологии локализации и ликвидации техногенного воздействия на придорожные грунты города Санкт-Петербурга : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 25.00.36 / М.М. Сухарева. - Санкт-Петербург, 2009. - 22 с.
171. Схема ЛЭП и энергоснабжения России: [Электронный ресурс]. М., 2017. URL: <https://frexosm.ru/power.ru>. (Дата обращения: 15.04.2017).
172. Сысо А.И. Эколого-биогеохимическая оценка элементного и биохимического состава растительности антропогенно нарушенных экосистем (на примере *Achillea millefolium* L.) / А.И. Сысо, Т.И. Сиromля, М.А. Мяделец, А.С. Черевко // Сибирский экологический журнал –2016. – № 5. – С. 782–792.
173. Тигунцева Н.П. Методы выделения и состав биологически активных веществ одуванчика лекарственного : автореф. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.10 / Н.П. Тигунцева; «ИрГТУ». – Иркутск, 2014. – 18 с.
174. Терешкина, О.И. Оценка риска радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья / О.И. Терешкина, И.П. Рудакова, И.А. Самылина // Фармация. - 2011. - №7.- С. 3-6
175. Тимкин А.В. О накоплении цезия-137 в выращенных на загрязненной территории клубнях картофеля / А.В. Тимкин, С.Ю. Щербаков, И.П. Криволапов, И.Д. Чечевицын // Наука и Образование. - 2021. - Т. 4. - № 1. – С. 12-17.
176. Топорков Н.В. Особенности отбора проб для определения удельной активности РН в почве / Н.В. Топорков, Е.В. Дергачева, Е.А. Бураева // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018001798> (дата обращения: 31.01.2019)
177. Удельная активность естественных и искусственных радионуклидов в лекарственном растительном сырье Воронежской области : Свидетельство о государственной регистрации базы данных 2022620086 РФ : Н.А. Дьякова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "ВГУ"; заявл. 27.12.2021 ; опубл. 12.01.2022.
178. Управление Роспотребнадзора по Воронежской области. - URL: <http://36.rospotrebnadzor.ru/key-areas/sanitary/14645> (дата обращения: 26.04.2015).
179. Ушанова В.М. Исследование влияния условий произрастания на химический состав крапивы двудомной / В.М. Ушанова, О.И. Лебедева, С.М. Репях // Химия растит. сырья. - 2001. - №3. - С. 97-104.

180. Федеральное государственное бюджетное учреждение Воронежский государственный природный биосферный заповедник: [Электронный ресурс]. Воронеж, 2014. URL: <http://www.zapovednik-vrn.ru>. (Дата обращения: 17.04.2015).
181. 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/ (Дата обращения: 17.04.2018).
182. Федорова А.И. Загрязнение поверхностных горизонтов почв г. Воронежа тяжелыми металлами / А. И. Федорова, Е. В. Шунелько // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – 2003. – № 1. – С. 74-82.
183. Федосеева Л.В. Количественное определение иридоидов в сырье пустырника / Л.В. Федосеева, Д.М. Попов // Фармация. - 1997. - № 4. - С. 18-21.
184. Федосеева, Л.М. Гистохимический анализ листьев и корней лопуха большого (*Arctium lappa* L.), произрастающего на территории Алтайского края / Л.М. Федосеева, Н.Н. Кнауф, Т.Г. Селигеева // Химия растительного сырья. – 2004. – №1. – С. 61-64.
185. Филиппова Г.Г. Основные закономерности поступления РН цезия-137 и стронция-90 в корневую систему растений: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук : 03.00.12 / Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси. Минск, 1999. – 21 с.
186. Хапиева З.М. Элементный состав *Polygonum aviculare* L. в урбанизированной среде / З.М. Хапиева, А.Р. Булатова // Альманах молодой науки. - 2013.- № 3. - С. 35-37.
187. Хишова О.М. Фармакологическое действие и применение в медицине пустырника / О.М. Хишова, Ю.А. Голяк // Вестник фармации. - 2003. - № 4. - С. 54-56.
188. Хлонов, Ю.П. Липа сердцевидная *Tilia cordata* Mill / Ю.П. Хлонов // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. - 2006. - С. 39-53.
189. Хлызова Н.Ю. Особенности формирования и современное состояние растительности Воронежского водохранилища. Лесные экосистемы зеленой зоны Воронежа / Н.Ю. Хлызова. – Воронеж: ВГУ, 1999. – 56 с.
190. Хопёрский государственный природный заповедник: [Электронный ресурс]. Воронеж, 2015. URL: <https://hoperzap.ru>. (Дата обращения: 17.04.2015).

191. Хортецкая Т.В. Определение содержания гидроксикоричных кислот в листьях подорожников большого и среднего / Т.В. Хортецкая, Г.П. Смойловская, А.В. Мазулин, Г.В. Мазулин // Химия растительного сырья. – 2014. – №2. – С.177-180.
192. Хусаинова А.И. Фармакогностическое исследование цветков пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) : дис. ... канд. фарм. наук : 14.04.02 / А.И. Хусаинова. – Самара, 2015. – 241 с.
193. Червотенко Е.Э. Оценка степени загрязнения территорий железнодорожных станций выбросами в атмосферу тяговым подвижным составом / Е.Э. Червотенко, А.Р. Калинина // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2011. - Т. 49, № 2. - С. 115-119.
194. Чибрик Т. С. Изменчивость микроэлементного состава *Artemisia absinthium* L. / Т. С. Чибрик // Экосистемы, их оптимизация и охрана. - 2014. - № 11. - с. 106–113.
195. Чусовитина К.А. Фармакологические особенности тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) / К.А. Чусовитина, М.Ю. Карпунин // Аграрное образование и наука. - 2019. - № 4. - С. 31.
196. Шайхутдинова А.А. Исследования содержания тяжелых металлов в тканях *Polygonum aviculare* L. на территориях, прилегающих к теплоэлектростанциям / А. А. Шайхутдинова, О. Н. Немерешина // Интеллект. Инновации. Инвестиции. - 2011. - №3. - С. 179-182.
197. Шапошникова Л.М. Фитопоглощение радия-226 из техногенно загрязнённых почв на примере *Chamaenerion angustifolium*, *lathyrus-pratensis* и *L. vernus* / Л.М. Шапошникова // Теоретическая и прикладная экология. - 2018. - № 4. - С. 53-60.
198. Шекоян С.В. Анализ экотоксикологического состояния территории г. Воронеж / С.В. Шекоян, С.А. Епринцев // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. - 2014. - Т. 19. № 5. - С. 1365-1367.
199. Эколого-географические районы Воронежской области / под ред. Ф. Н. Милькова. – Воронеж, 1996. – 216 с.
200. Юсубов М.С. Химический состав эфирного масла тысячелистников обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) и азиатского (*Achillea asiatica* Serg.) / М.С. Юсубов [и др] // Химия растительного сырья. 2000. № 3. С. 25-32.
201. Яблоков А.В. Миф об экологической чистоте атомной энергетики / А.В. Яблоков. – М.: учебно-методический коллектор «Психология», 2001. – 136 с.
202. Ягафарова Г.А. Экологические особенности тысячелистника азиатского в условиях природного загрязнения тяжелыми металлами: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Г.А. Ягафарова; Башкирский гос. универ. - Сибай, 2006. – 20 с.

203. Яковлева А.И. Биологически активные вещества пижмы обыкновенной *Tanacetum vulgare* L., произрастающей в центральной Якутии / А.И. Яковлева, В.В. Семенова // Химия растительного сырья. - 2010. - № 3. - С. 147-152.
204. Buraeva E.A. Features of ¹³⁷Cs distribution and dynamics in the main soils of the steppe zone in the southern European Russia. / E.A. Buraeva, O.S. Bezuglova, V.V. Stasov, V.S. Nefedov, E.V. Dergacheva, A.A. Goncharenko, S.V. Martynenko, L.Yu. Goncharova, S.N. Gorbov, V.S. Malyshevsky, T.V. Varduny // *Geoderma* V. 259–260 – 2015. – P.259–270.
205. Dyakova N. Accumulation of artificial and natural radionuclides in medicinal plant material in the Central Black Soil Region of Russia / N. Dyakova, S. Gaponov, Al. Slivkin, El. Chupandina / *Advances in Biological Sciences Research*. – 2019. - vol. 7. - P. 94-96.
206. Galvez, M. Martin-Cordero C. Cytotoxic effect of *Plantago* spp. on cancer cell lines / M. Galvez, C. Martin-Cordero // *J. Ethnopharmacol.* – 2003. – V. 88. – P. 125–130.
207. Georgieva L., Gadjalova A., Mihaylova D., Pavlov A. *Achillea millefolium* L. - phytochemical profile and in vitro antioxidant activity // *Int. Food Res. Journ.* 2015. Vol. 22, N 4. P. 1347-1352.
208. Gomez-Flores, R. Immunoenhancing properties of *Plantago major* leaf extract / R. Gomez-Flores, C. L. Calderon // *Phytotherapy Research*. – 2000. – V. 14. – N 8. – P. 617–622.
209. Krolak E. Environmental Factors Determining the Accumulation of Metals: Cu, Zn, Mn and Fe in Tissues of *Taraxacum* sp. sect. *Taraxacum* // E.Krolak, J.Marciniuk, K. Popijantus, P. Wasilczuk, Z. Kasprzykowski. *Bull Environ Contam Toxicol*, 2018. P. 68–74.
210. Moloudizargari M. et al. A Current Update on the Phytopharmacological Aspects of *Achillea millefolium* // *J. Farmaceutical Biomed. Sci.* 2014. Vol. 4, N 4. P. 310-317.
211. Ronsted N. Chemotaxonomy of *Plantago*. Iridoid glycosides and caffeoylphenylethanoid glycosides / N. Ronsted [et al.] // *Phytochemistry*. – 2000. – Vol. 55 – P. 337-348.
212. Yuichi O. Soil sampling and analytical strategies for mapping fallout in nuclear emergencies based on the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. / Yuichi Onda, Hiroaki Kato, Masaharu Hoshi, Yoshio Takahashi, Minh-Long Nguyen // *Journal of Environmental Radioactivity* №139. – 2015. – P.300-307.

Н.А. Дьякова

**ЭКОЛОГО-ФАРМАКОГНОСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Монография

Подписано в печать 27.02.2023.
Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 12,0.
Тираж 1000 экз.

ООО «Русайнс».
117218, г. Москва, ул. Кедрова, д. 14, корп. 2.
Тел.: +7 (495) 741-46-28.
E-mail: autor@ru-science.com
<http://ru-science.com>

