

УДК 615.322:574.2

3.4.2 Фармацевтическая химия, фармакогнозия

DOI: 10.37903/vsgma.2024.1.31 EDN: VGWFZK

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ЛЕКАРСТВЕННЫМ РАСТИТЕЛЬНЫМ СЫРЬЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

© Дьякова Н.А.

*Воронежский государственный университет, Россия, 394006, Воронеж, Университетская площадь, 1**Резюме*

Цель. Исследование закономерностей накопления наиболее значимых искусственных и естественных радионуклидов на примере лекарственного растительного сырья, заготовленного в Воронежской области.

Методика. На основе травы горца птичьего, заготовленной с 36 точек Воронежской области, проведены исследования по накоплению растительными объектами из почв наиболее значимых искусственных и естественных радионуклидов. Анализ образцов почв и травы пустырника пятилопастного проводили на гамма-бета-альфа-спектрометре–радиометре МКГБ-01 «РАДЭК» с определением удельной активности основных (долгоживущих) искусственных радионуклидов (стронция-90, цезия-137) и часто встречающихся в природе естественных радионуклидов (калия-40, тория-232, радия-226).

Результаты. Все исследуемое лекарственное растительное сырье соответствует существующим требованиям радиационной безопасности (первая группа). Корреляционный анализ удельной активности природных и техногенных радионуклидов в почве и траве горца птичьего показал наличие тесной взаимосвязи между данными числовыми показателями, что подтвердило преимущественное транспочвенное их загрязнение. При увеличении удельной активности стронция-90, цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226 в почве возрастала их удельная активность в траве горца птичьего. Для травы горца птичьего, произрастающей в Воронежской области, отмечено интенсивное аккумулятивное из верхних слоев почв цезия-137 и калия-40.

Заключение. Детальный анализ зависимости рассчитанных коэффициентов накопления природных и техногенных радиоизотопов в траве горца птичьего позволил отметить тенденции к снижению их при увеличении удельной активности радионуклида в почве, что говорит о наличии физиологических механизмов регуляции поступления их в растение. Впервые выявленные в результате исследования закономерности и математические зависимости накопления техногенных и природных радионуклидов в траве горца птичьего позволяют прогнозировать особенности загрязнения растительного сырья данными экотоксикантами.

Ключевые слова: горец птичий, Воронежская область, стронций-90, цезий-137, торий-232, калий-40, радий-226

INVESTIGATION OF PATTERNS OF ACCUMULATION OF NATURAL AND MAN-MADE RADIONUCLIDES BY MEDICINAL PLANT RAW MATERIALS OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

Dyakova N.A.

*Voronezh State University, 1, University Square, 394006, Voronezh, Russia**Abstract*

Objective. The purpose of the study is to study the patterns of accumulation of the most significant artificial and natural radionuclides on the example of medicinal plant raw materials harvested in the Voronezh region.

Methods. Based on the grass of the bird mountain, harvested from 36 points of the Voronezh region, studies were carried out on the accumulation of the most significant artificial and natural radionuclides by plant objects from soils. Analysis of soil and grass samples of five-lobed motherwort was carried out on the gamma-beta-alpha-spectrometer-radiometer of the RADEK MKGB-01 with determination of the specific activity of basic (long-lived) artificial radionuclides (strontium-90, cesium-137) and natural radionuclides (potassium-40, thorium-232, radium-226), which are often found in nature.

Results. All investigational medicinal herbal raw materials meet the existing radiation safety requirements (group one). Correlation analysis of the specific activity of natural and man-made radionuclides in the soil and grass of the bird mountain showed the presence of a close relationship between these numerical indicators, which confirmed their predominant transposed pollution. With an increase in the specific activity of strontium-90, cesium-137, thorium-232, potassium-40, radium-226 in the soil, their specific activity in the grass of the bird mountain increased. For the grass of the bird mountain growing in the Voronezh region, intensive accumulation from the upper layers of cesium-137 and potassium-40 soils was noted.

Conclusion. A detailed analysis of the dependence of the calculated accumulation coefficients of natural and man-made radioisotopes in the grass of the bird mountain made it possible to note trends towards their decrease with an increase in the specific activity of radionuclide in the soil, which indicates the presence of physiological mechanisms for regulating their entry into the plant. For the first time, the patterns and mathematical dependencies of the accumulation of technogenic and natural radionuclides in the grass of the bird mountain revealed as a result of the study make it possible to predict the peculiarities of contamination of plant raw materials with these ecotoxicants.

Keywords: *Polygonum aviculare* L., Voronezh region, strontium-90, cesium-137, thorium-232, potassium-40, radium-226

Введение

Радионуклиды в настоящий момент к наиболее опасным экотоксикантов, в силу их высокой устойчивости, широкого распространения, способности к биогенным миграциям и кумуляции в живых организмах. Лекарственное растительное сырье (ЛРС) и препараты на его основе не являются важными источниками поступления радиоизотопов в организм человека. Однако учитывать особенности накопления в растительном сырье радионуклидов необходимо, так как некоторые растения способны проявлять способность к аккумуляции данных экотоксикантов, как техногенного (цезия-137 (Cs-137), стронций-90 (Sr-90)), так и природного происхождения (торий-232 (Th-232), радий-226 (Ra-226), калий-40 (K-40)), активно мигрирующие по биологической цепи «почва → ЛРС → лекарственный препарат → организм человека» [13, 16]. Преимущественным источником поступления в окружающую среду техногенных радиоизотопов являются атомные электростанции, хранилища радиоактивных отходов, предприятия по их переработке, ввиду того, что они являются продуктом распада ядер урана. Природные радионуклиды обязательно присутствуют во всех объектах живой и неживой природы, распределены на Земле относительно равномерно и никак не связаны с антропогенным воздействием и техногенными катастрофами [4, 17].

Работы, касающиеся оценки качества ЛРС Воронежской области, относящегося к стратегически важным районам растениеводства, 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 [2-4, 7-9, 14, 15]. Почвы Воронежской области преимущественно представлены черноземами, отличающимися высокими концентрациями глины, гумуса и прочих органических веществ, что обуславливает значительную ёмкость поглощения радионуклидов и их прочную абсорбцию. Поэтому содержание радиоизотопов в черноземных почвах всегда относительно более высокое, чем серых лесных, красноземных или в подзолистых почвах [5].

Одним из оптимальных объектов эколого-фармакогностических исследований является горец птичий (*Polygonum aviculare* L. (syn. *Polygonum monspeliense* C.Thiébaud ex Pers., *Polygonum heterophyllum* L.)) - однолетнее травянистое растение, синантропный евроазиатский вид, широко распространен в лесной и степной зонах Европы, Азии и Северной Америки. 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 [6, 11].

Трава горца птичьего обладает капилляроукрепляющей, антиоксидантной, нефролитической, диуретической, гипотензивной, противовоспалительной, спазмолитической, кровоостанавливающей, гастропротективной, фунгицидной, антибактериальной, противовирусной, противоопухолевой, гепатопротекторной, желчегонной, гипогликемической, тонизирующей

активностью. 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.) [6, 7, 9, 11, 12, 15].

Повсеместное произрастание, богатый химический состав и высокая способность к накоплению различных элементов из почв делают горец птичий перспективным растительным объектом для проведения эколого-гигиенических исследований, что неоднократно было использовано различными авторами. К настоящему времени подробно изучены особенности накопления тяжелых металлов и мышьяка в траве горца птичьего [6, 10, 12, 14]. При примере лекарственного растительного сырья, заготовленного на территории Воронежской области показано, что трава горца птичьего способна избирательно концентрировать некоторые тяжелые металлы, входящие в активные центры ферментных систем (например, такие как медь и цинк), в том случае, если их содержание в окружающей среде ниже некоторого жизненно важного уровня; при значительном же содержании данных элементов в почвах, растение также физиологически блокировало их поступление в листья. Данный факт свидетельствует, что для горца птичьего в условиях антропогенной нагрузки в результате действия отбора в условиях техногенного загрязнения внешней среды и проявления адаптации к этим условиям происходит формирование эдафотипа [7].

Особенности накопления радионуклидов для горца птичьего изучены гораздо меньше. Исследования по сравнительному анализу накопления радионуклидов в растениях, проводимые на примере 31 вида, произрастающего в Белгородской области, показали относительно высокое накопление Cs-137 в надземной части горца птичьего (до 121 Бк/кг) [10]. Таким образом, данные по особенностям накопления наиболее значимых техногенных радиоизотопов в траве горца птичьего весьма немногочисленны и неоднозначны, а данные по накоплению природных радиоизотопов вообще отсутствуют, что делает настоящее исследование актуальным.

Цель исследования – изучение закономерностей аккумуляции радиоизотопов природного и техногенного происхождения в лекарственном растительном сырье на примере травы горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.), заготовленной в Воронежской области.

Методика

Для заготовки образцов использовали разные с точки зрения антропогенного воздействия территории Воронежской области: промышленные предприятия (рис. 1: 23, 24, 28); теплоэлектроцентраль (рис. 1: 27); атомная электростанция (рис. 1: 8); аэропорт (рис. 1: 30); улица г. Воронежа (рис. 1: 31); высоковольтные линии электропередач (рис. 1: 9); водохранилище (рис. 1: 29); городские населенные пункты (Борисоглебск (рис. 1: 25), Калач (рис. 1: 26)); зона месторождения медно-никелевых руд (рис. 1: 4); зоны загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС (рис. 1: 5-7); районы активной сельскохозяйственной деятельности (рис. 1: 10-22); дороги разной степени загруженности (трасса М4 (рис. 1: 32, 34), трасса А144 (рис. 1: 33), проселочная дорога (рис. 1: 35), железная дорога (рис. 1: 36); зоны контроля – Воронежский биосферный заповедник (рис. 1: 1), Хоперский заповедник (рис. 1: 2), Теллермановский лес (рис. 1: 3).

В качестве объекта исследования использовали траву горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.), которые заготавливали в соответствии с ФС. 2.5.0069.18 «Горца птичьего (спорыша) трава», в период цветения растения, аккуратно срезали, сушили теневым способом при хорошей вентиляции тонким слоем, периодически переворачивая. Также отбирали пробы почвы на всех исследуемых пробных площадках: 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).

Анализ образцов проводили на спектрометре МКГБ-01 «РАДЭК» (НТЦ «РАДЭК», Россия). Взвешивание проводили на аналитических весах «A&D GH-202» (AND, Япония). Определение удельной активности радионуклидов в почве осуществляли по МР 2.6.1/2.3.7.0216-20. Определение удельной активности радионуклидов в ЛРС проводили в соответствии с первым вариантом измерений ОФС.1.5.3.0001.15 [1]. Определяли содержание основных техногенных (Cs-

137, Sr-90) и природных (K-40, Th-232, Ra-226) радионуклидов. Каждое определение проводили трижды, полученные результаты статистически обрабатывали при доверительной вероятности 0,95.

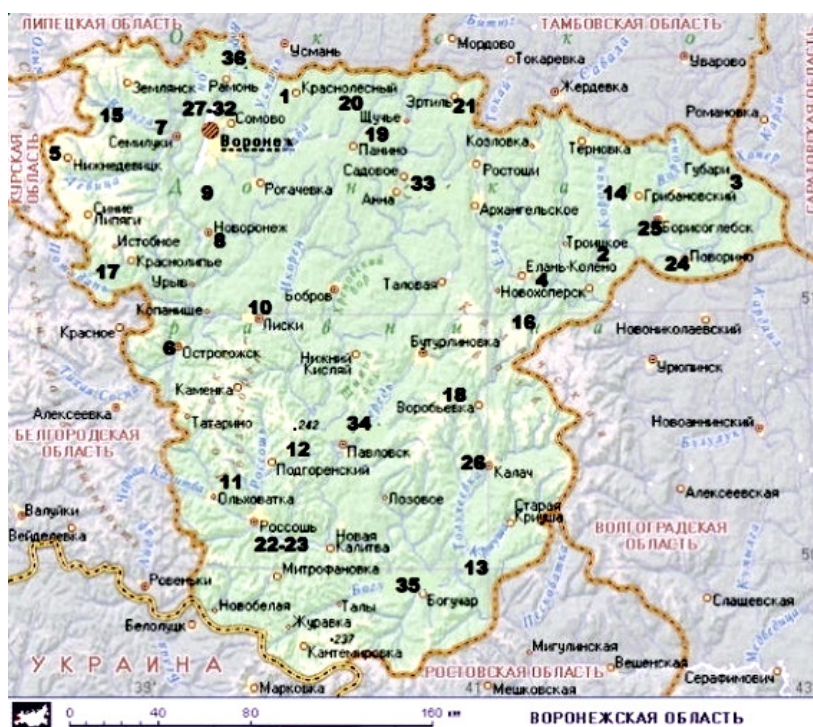


Рис. 1. Карта отбора образцов почв и ЛРС (обозначения расшифрованы в тексте)

Чтобы оценить возможность накопления из почвы различных радионуклидов листьями подорожника большого, использовали коэффициент накопления (КН), рассчитанный по формуле:

$$КН = \frac{С_{ЛРС} \cdot 100}{С_{ВСП}}$$

где $С_{ЛРС}$ – удельная активность радионуклида в ЛРС, Бк/кг, $С_{ВСП}$ – удельная активность радионуклида в верхних слоях почв, Бк/кг [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Удельная активность Sr-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). Удельная активность Cs-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) [1].

Числовые значения сумм показателей соответствия и погрешностей их определения, рассчитанных на основе результатов определения удельных активностей Cs-137 и Sr-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 [1].

Содержание Th-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 Th-232, а также, K-40 и Ra-226 для лекарственного растительного сырья, а также другой растительной продукции в настоящее время не нормируются.

Удельная активность K-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 Ra-226 составило 4,5 Бк/кг, а данный показатель принимал числовые значения от 2,0 Бк/кг до 7,2 Бк/кг. Все значения удельных активностей определяемых в траве горца птичьего радионуклидов можно считать относительно невысокими [4, 5, 9, 14, 15, 17]. Для каждого анализируемого радионуклида распределение числовых значений удельных активностей по местам заготовки лекарственного растительного сырья относительно равномерное.

Корреляционный анализ удельных активностей природных и техногенных радиоизотопов в почве и траве горца птичьего (табл. 1) показал наличие сильной взаимосвязи между данными числовыми показателями, что подтверждает преимущественное транспочвенное загрязнение ЛРС радионуклидами.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между удельной активностью радионуклидов в траве горца птичьего и почве его произрастания

ЛРС	Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
Трава горца птичьего	0,77	0,99	0,71	0,97	0,94

Данные, представленные на рис. 2-6, показывают, что при увеличении удельной активности Sr-90, Cs-137, Th-232, K-40, Ra-226 в почве возрастала их удельная активность в траве горца птичьего. Закономерности перехода описаны математическими зависимостями с максимальным коэффициентом достоверности аппроксимации.

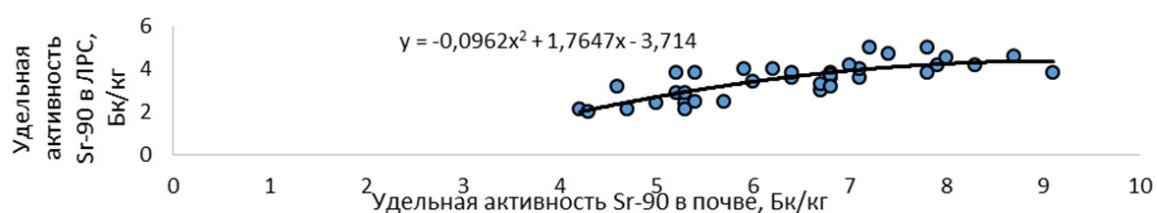


Рис. 2. Зависимость удельной активности Sr-90 в траве горца птичьего от его удельной активности в почве

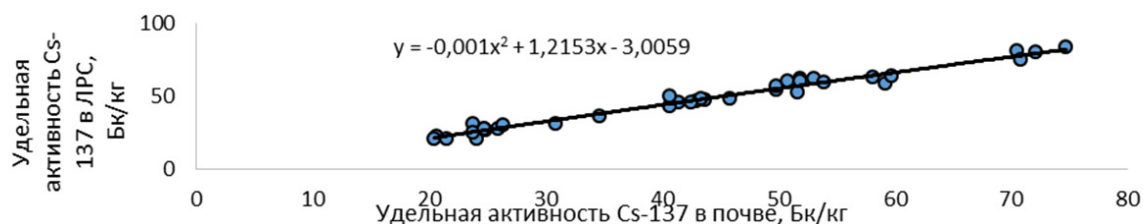


Рис. 3. Зависимость удельной активности Cs-137 в траве горца птичьего от его удельной активности в почве

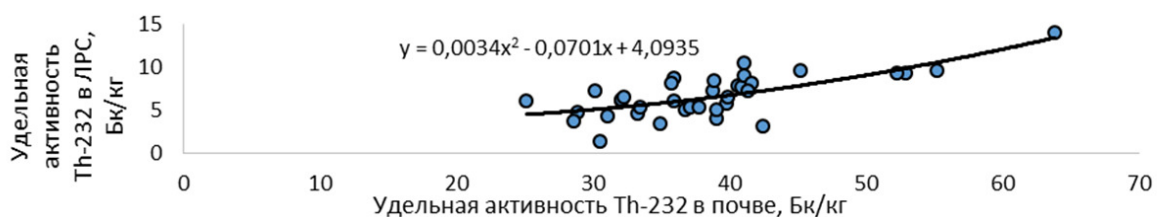


Рис. 4. Зависимость удельной активности Th-232 в траве горца птичьего от его удельной активности в почве

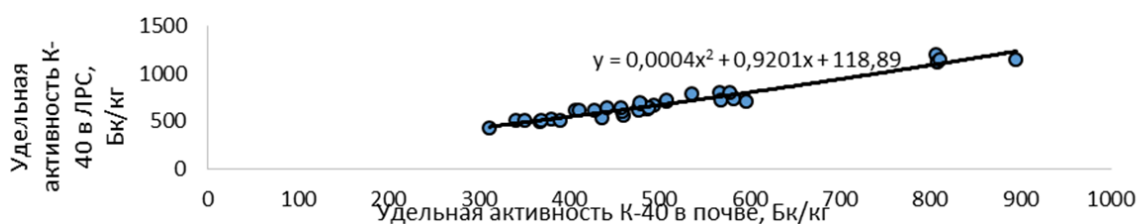


Рис. 5. Зависимость удельной активности К-40 в траве горца птичьего от его удельной активности в почве

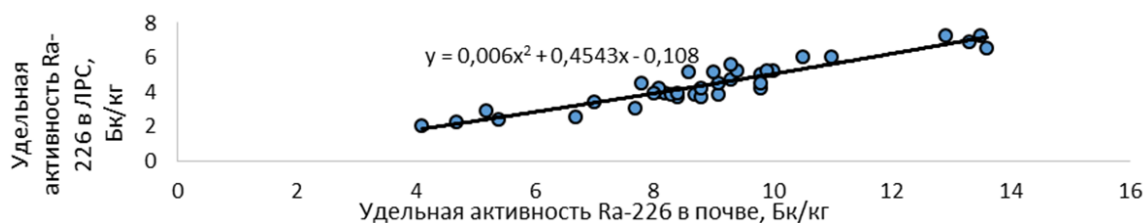


Рис. 6. Зависимость удельной активности Ra-226 в траве горца птичьего от его удельной активности в почве

Анализ коэффициентов накопления техногенных и природных радионуклидов показал, что трава горца птичьего наиболее активно аккумулировала из почв К-40 (коэффициенты накопления варьируют от 1,19 до 1,48 при среднем значении 1,36) и Cs-137 (рассчитанные коэффициенты составили от 0,85 до 1,29 при среднем значении 1,09), то есть удельная активность этих радионуклидов в траве горца птичьего в целом, выше, чем в почве, на которой оно заготовлено. С относительно невысокой активностью накапливался в траве горца птичьего Sr-90 - средний рассчитанный коэффициент накопления радионуклида составил 0,55 и варьировал в образцах региона от 0,40 до 0,73, и Ra-226 – средний коэффициент накопления составил 0,50, варьировал от 0,37 до 0,60. В наименьшей степени в траве горца птичьего накапливался Th-232: среднее значение коэффициента накопления составило 0,17 (варьировало от 0,10 до 0,26) [4, 9, 17].

Степень перехода Sr-90, Cs-137 из почв в траву горца птичьего (рис. 7-11) имела тенденцию к снижению по мере увеличения удельной активности радионуклидов в почве, что свидетельствовало о физиологической возможности регуляции их аккумуляции в растении. Коэффициент накопления Th-232, К-40, Ra-226, напротив, возрастали при увеличении содержания радионуклидов в почве.

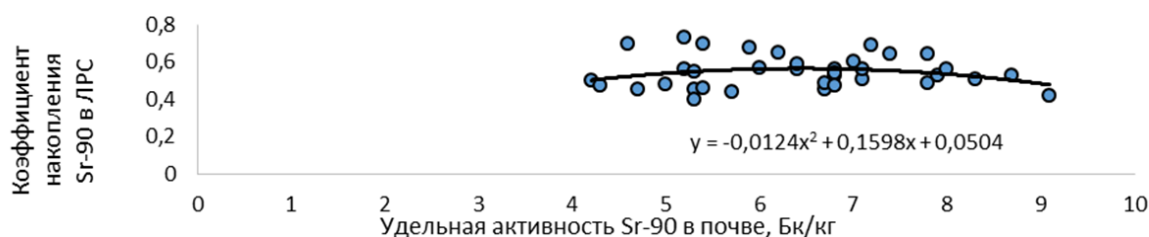


Рис. 7. Зависимость коэффициентов накопления Sr-90 в траве горца птичьего от его удельной активности в почве

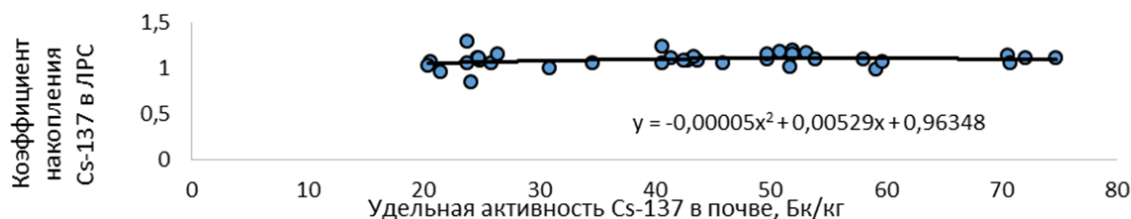


Рис. 8. Зависимость коэффициентов накопления Cs-137 в траве горца птичьего от его удельной активности в почве

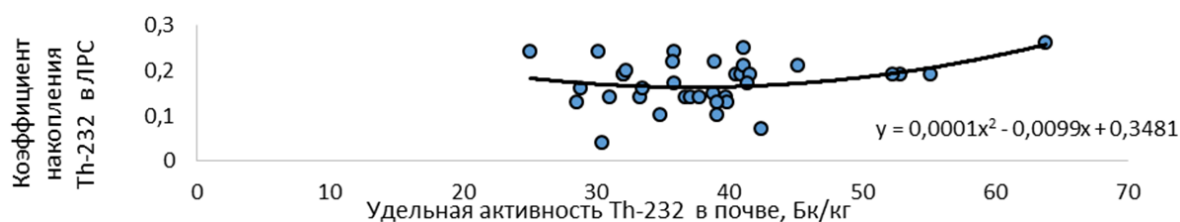


Рис. 9. Зависимость коэффициентов накопления Th-232 в траве горца птичьего от его удельной активности в почве

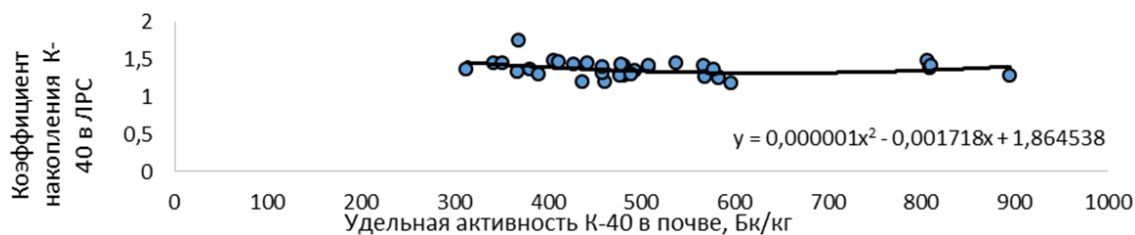


Рис. 10. Зависимость коэффициентов накопления K-40 в траве горца птичьего от его удельной активности в почве

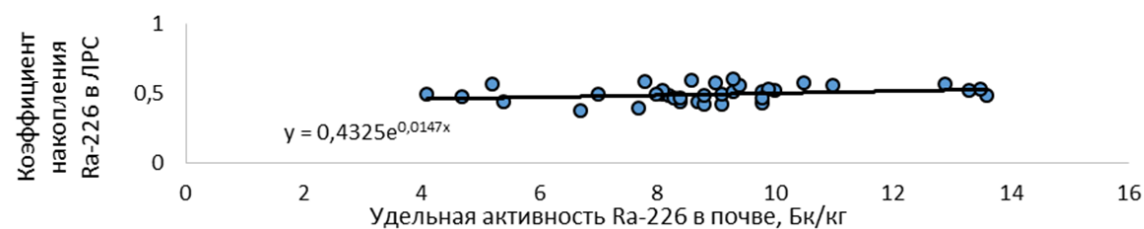


Рис. 11. Зависимость коэффициентов накопления Ra-226 в траве горца птичьего от его удельной активности в почве

Заключение

Таким образом, изучено накопление природных и техногенных радионуклидов травой горца птичьего, заготовленных в естественных и искусственных фитоценозах Воронежской области. Все исследуемое лекарственное растительное сырье соответствует существующим требованиям радиационной безопасности (первая группа). Корреляционный анализ удельной активности природных и техногенных радионуклидов в почве и траве горца птичьего показал наличие тесной взаимосвязи между данными числовыми показателями, что подтвердило преимущественное транспочвенное их загрязнение. При увеличении удельной активности Sr-90, Cs-137, Th-232, K-40, Ra-226 в почве возрастала их удельная активность в траве горца птичьего. Для травы горца птичьего, произрастающей в Воронежской области, отмечено интенсивное аккумулятивное накопление из верхних слоев почв Cs-137 и K-40. Детальный анализ зависимости рассчитанных коэффициентов накопления природных и техногенных радиоизотопов в траве горца птичьего позволил отметить тенденции к снижению их при увеличении удельной активности радионуклида в почве, что говорит о наличии физиологических механизмов регуляции поступления их в растение. Впервые выявленные в результате исследования закономерности и математические зависимости накопления техногенных и природных радионуклидов в траве горца птичьего позволяют прогнозировать особенности загрязнения растительного сырья данными экотоксикантами.

Литература (references)

1. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 2. – М.: ФЭМБ, 2018. – 1543 с. [Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. Izdanie XIV, Tom 2. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV. Volume 4. Moscow: FEMB, 2018. – 1543 p. (in Russian)].

2. Дьякова Н.А. Изучение минерального комплекса корней лопуха обыкновенного // Вестник Смоленской медицинской академии. – 2022. – №1. – с. 175-180. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Vestnik Smolenskoj Gosudarstvennoj Medicinskoj Akademii. – 2022. – N1. – P. 175-180. (in Russian)].
3. Дьякова Н.А. Изучение минерального комплекса корней одуванчика лекарственного // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2022. – Т.21, №2. – С. 171-186. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2022. – V.21, N2. – P. 171-176. (in Russian)]
4. Дьякова Н.А. Изучение накопления естественных и искусственных радионуклидов лекарственным растительным сырьем на примере травы пустырника пятилопастного. – 2023. – Т.22, №1. – С. 167-174. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2023. – V.22, N1. – P. 167-174. (in Russian)]
5. Дьякова Н.А. Изучение накопления радионуклидов лекарственным растительным сырьем Центрального Черноземья. – 2022. – Т.21, №3. – С. 170-175. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2022. – V.21, N3. – P. 170-175. (in Russian)]
6. Дьякова Н.А. Изучение особенностей накопления флавоноидов травой горца птичьего, произрастающей в различных урбо- и агробиоценозах Воронежской области // Вестник Смоленской Государственной Медицинской Академии. – 2020. – №4. – с. 152-157. [D'yakova N.A. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Vestnik Smolenskoj Gosudarstvennoj Medicinskoj Akademii. – 2020. – N4. – P. 158-163. (in Russian)]
7. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Изучение накопления тяжелых металлов и мышьяка и оценка влияния поллютантов на содержание флавоноидов у *Polygonum aviculare* (Caryophyllales, Polygonaceae) // Вестник Камчатского технического государственного университета. – 2019. – №48. – С. 71-77. [D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. *Vestnik Kamchatskogo tekhnicheskogo gosudarstvennogo universiteta*. Bulletin of Kamchatka Technical State University. – 2019. – N48. – P. 71-77. (in Russian)]
8. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Особенности накопления биологически активных веществ в корнях одуванчика лекарственного синантропной флоры Воронежской области // Вестник Смоленской Государственной Медицинской Академии. – 2020. – Т.19, №4. – с. 158-163. [D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Vestnik Smolenskoj Gosudarstvennoj Medicinskoj Akademii. – 2020. – N4. – P. 152-157. (in Russian)]
9. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье на примере горца птичьего // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2019. – №54. – С. 31-39. [D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. Izvestia of Kaliningrad State Technical University. – 2019. – N54. – P. 31-39. (in Russian)]
10. Колчанов Р.А., Колчанов А.Ф. Содержание цезия-137 в лекарственных растениях на территории Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2009. – №11(66). – С. 14-17. [Kolchanov R.A., Kolchanov A.F. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta*. Scientific statements of Belgorod State University. – 2009. – N11(66). – P. 14-17. (in Russian)].
11. Куркин В.А. Фармакогнозия / А.В. Куркин. – Самара: Офорт, 2004. – 1179. [Kurkin V.A. *Farmakognosiya*. Farmakognosiya. Samara: Ofort, 2004. – 1179 p. (in Russian)]
12. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Петрова Г.В., Шайхутдинова А.А. Некоторые аспекты адаптации *Polygonum aviculare* L. к загрязнению почвы тяжёлыми металлами // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1(33). – С. 230–232. [Nemereshina O.N., Gusev N.F., Petrova G.V., SHajhutdinova A.A. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. Izvestia of the Orenburg State Agrarian University. – 2012. – N1(33). – P. 230-232. (in Russian)]
13. Саканян Е.И., Ковалева Е.Л., Фролова Л.Н., Шелестова В.В. Современные требования к качеству лекарственных средств растительного происхождения // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. – 2018. – № 3. – С. 170-178. [Sakanyan E.I., Kovaleva E.L., Frolova L.N., Shelestova V.V. *Vedomosti Nauchnogo tsentra ekspertizy sredstv meditsinskogo primeneniya*. Bulletin of the Scientific Center for the Examination of Medical Products. – 2018. – N.3. – P. 170-178. (in Russian)]
14. Сливкин А.И., Великанова Н.А., Гапонов С.П. Изучение особенностей накопления радионуклидов из почв лекарственными растениями *Polygonum aviculare* и *Plantago major*, произрастающими в городе Воронеже и его окрестностях большого // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Создание новых физиологически активных веществ: Материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2013. – С. 510-513. [Slivkin A.I., Velikanova N.A., Gaponov S.P. *Puti i formy sovershenstvovaniya farmaceuticheskogo obrazovaniya. Sozdanie novyh fiziologicheskii aktivnykh veshchestv: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ways and means of improving

- pharmaceutical education. Creation of new physiologically active substances: Materials of the international scientific and practical conference. – Voronezh, 2013. – P. 510-513. (in Russian)]
15. Сливкин А.И., Великанова Н.А., Гапонов С.П. Изучение радиационной безопасности лекарственного растительного сырья в городе Воронеже и его окрестностях на примере травы горца птичьего и листьев подорожника большого // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Создание новых физиологически активных веществ: Материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2013. – С. 513-515. [Slivkin A.I., Velikanova N.A., Gaponov S.P. *Puti i formy sovershenstvovaniya farmacevticheskogo obrazovaniya. Sozdanie novyh fiziologicheskii aktivnykh veshchestv: Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ways and means of improving pharmaceutical education. Creation of new physiologically active substances: Materials of the international scientific and practical conference. – Voronezh, 2013. – P. 513-515. (in Russian)]
16. Терешкина О.И., Рудакова И.П., Самылина И.А. Оценка риска радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья // Фармация. – 2011. – №7. – С. 3-6. [Tereshkina O.I., Rudakova I.P., Samylina I.A. *Farmaciya*. Pharmacy. – 2011. – N7. – P. 3-6. (in Russian)]
17. Dyakova N., Gaponov S., Slivkin A.I., Chupandina E.I. Accumulation of artificial and natural radionuclides in medicinal plant material in the Central Black Soil Region of Russia // *Advances in Biological Sciences Research*. – 2019. – V.7. – P. 94-96.

Информация об авторе

Дьякова Нина Алексеевна – доктор фармацевтических наук, доцент, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». E-mail: Ninochka_V89@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 15.09.2023

Принята к печати 15.03.2024