

УДК 615.322:574.2

3.4.2 Фармацевтическая химия, фармакогнозия

DOI: 10.37903/vsgma.2024.2.31 EDN: QPXRWC

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ СИНАНТРОПНОЙ ФЛОРОЙ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ ТРАВЫ ТЫСЯЧЕЛИСТНИКА ОБЫКНОВЕННОГО

© Дьякова Н.А.

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

Цель. Изучить закономерности аккумуляции радиоизотопов природного и техногенного происхождения в растительных объектах на примере травы тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), заготовленного на территории Воронежской области.

Методика. Анализ образцов почв и травы тысячелистника обыкновенного проводили на гамма-бета-альфа-спектрометре-радиометре МКГБ-01 «РАДЭК» с определением удельной активности основных (долгоживущих) техногенных радионуклидов (стронция-90, цезия-137) и часто встречающихся природных радионуклидов (калия-40, тория-232, радия-226).

Результаты. Все изученные образцы растительного сырья, заготовленные в естественных и искусственных фитоценозах Воронежской области, соответствует существующим требованиям радиационной безопасности (первая группа). Корреляционный анализ удельной активности природных и техногенных радионуклидов в почве и траве тысячелистника обыкновенного 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 лекарственном растительном сырье. Для травы тысячелистника обыкновенного, произрастающей в Воронежской области, отмечено интенсивное аккумуляирование из верхних слоев почв цезия-137 и калия-40.

Заключение. Для коэффициентов накопления стронция-90, тория-232, калия-40, радия-226 в траве тысячелистника обыкновенного отмечены тенденции к снижению при увеличении их удельной активности в почве, что говорит о наличии физиологических механизмов регуляции их поступления в растение. Коэффициенты накопления цезия-137, напротив, несколько возрастали, что указывает на способность растительного сырья к аккумуляции данного радионуклида. Впервые выявленные в результате исследования закономерности и математические зависимости накопления техногенных и природных радионуклидов в траве тысячелистника обыкновенного позволяют прогнозировать особенности загрязнения растительного сырья радиоизотопами.

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

STUDY OF PATTERNS OF ACCUMULATION OF NATURAL AND MAN-MADE RADIONUCLIDES BY SYNANTHROPIC FLORA OF VORONEZH REGION ON EXAMPLE OF COMMON YARROW GRASS

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 radioisotopes of natural and man-made origin in plant objects on the example of common yarrow grass (*Achillea millefolium* L.), harvested in the Voronezh region.

Methods. 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 studied samples of plant raw materials prepared in natural and artificial phytocenoses of the Voronezh region meet the existing radiation safety requirements (first group). Correlation analysis of the specific activity of natural and man-made radionuclides in the soil and grass of the common yarrow 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 medicinal plant raw materials increased. For common yarrow grass growing in the Voronezh region, intensive accumulation from the upper layers of cesium-137 and potassium-40 soils was noted.

Conclusion. For the accumulation coefficients strontium-90, thorium-232, potassium-40, radium-226 in the grass of the common yarrow, there are trends to decrease with an increase in their specific activity in the soil, which indicates the presence of physiological mechanisms for regulating their supply to the plant. The accumulation coefficients of cesium-137, on the contrary, increased somewhat, which indicates the ability of plant raw materials to accumulate this radionuclide. For the first time, the patterns and mathematical dependencies of the accumulation of technogenic and natural radionuclides in the grass of the common yarrow revealed as a result of the study make it possible to predict the peculiarities of contamination of plant raw materials with radioisotopes.

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

Введение

Освоение минеральных ресурсов, интенсивные технологии в сельском хозяйстве, связанные с использованием пестицидов, последствия Чернобыльской трагедии - все эти факторы резко обострили проблему обеспечения медицинской и фармацевтической промышленности растительным сырьем в полном объеме и ассортименте. Мониторинговые исследования территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции, и сегодня не потеряли своей актуальности в связи с длительным периодом полураспада радионуклидов, попавших в атмосферные осадки в 1986 году и разнесенных на значительное удаление от места трагедии. Известно, что источником поступления в окружающую среду техногенных радионуклидов являются, как правило, атомные электростанции, хранилища радиоактивных отходов, а также предприятия по их переработке, так как, преимущественно все они являются продуктом распада урановых ядер. Природные 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 [2, 3]. Загрязненное лекарственное растительное сырье (ЛРС) и препараты, полученные из него, являются одними из значимых источников поступления экотоксикантов, в частности, радионуклидов, в организм человека. Учитывать особенности аккумуляции в ЛРС радионуклидов необходимо, так как некоторые лекарственные растения способны проявлять способность к накоплению изотопов, как техногенного (например, стронций-90 (Sr-90), цезия-137 (Cs-137)), так и природного происхождения (например, калий-40 (K-40), радий-226 (Ra-226), торий-232 (Th-232)), которые активно мигрируют по цепочке «почва → ЛРС → лекарственный препарат → человек» [4, 5, 19].

Одним из районов радиоактивного загрязнения более, чем 30-летней давности, является Воронежская область – традиционный район земледелия и растениеводства. Радионуклиды активно переходят из почвы в растения и далее по трофическим цепям [6, 9]. В Центральном Черноземье сосредоточена большая часть заготовок ЛРС России. Почвы Центрального Черноземья преимущественно представлены черноземами, которые отличаются высоким содержанием гумуса, глины, ила и других органических веществ, что обуславливает большую ёмкость поглощения радионуклидов и их прочную сорбцию. Поэтому содержание радиоактивных элементов в черноземных почвах всегда относительно более высокое, чем, к примеру, в подзолистых, серых лесных и красноземных [20].

Радиационный контроль ЛРС основывается на требованиях ФЗ №3 от 09.01.1996 г. «О радиационной безопасности населения» и проводится в соответствии с требованиями ОФС.1.5.3.0001 [1].

Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) – синантропное многолетнее травянистое растение, сырье которого заготавливается в дикорастущих особей. 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 [7, 8, 14].

Повсеместное произрастание и высокая способность к накоплению различных элементов из почв делают тысячелистник обыкновенный 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 тысячелистника обыкновенного [7, 10, 12, 15, 16, 17, 18]. На примере лекарственного растительного сырья, заготовленного на территории Воронежской области показано, что трава тысячелистника обыкновенного 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 надземную часть. Данный факт свидетельствует, что для тысячелистника обыкновенного 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 данного вида изучены гораздо меньше. Исследования Егоровой И.Н. показали преимущественное накопление природных изотопов К-40 (81% общей радиоактивности травы и 76% – соцветий). Аккумуляция техногенных радионуклидов – Sr-90 и Cs-137 характеризуется абсолютными значениями от 0,46 Бк/кг до 1,02 Бк/кг и коэффициентами накопления 0,41-0,56 [11]. Исследования Колчанова Р.А. по сравнительному анализу накопления радионуклидов в растениях позволили выявить относительно низкую аккумулирующую способность Cs-137 у тысячелистника обыкновенного (от 11 до 85 Бк/кг) [13].

Цель исследования – изучение закономерностей аккумуляции радиоизотопов природного и техногенного происхождения в растительных объектах на примере траве тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), заготовленного на территории 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).

Траву тысячелистника обыкновенного заготавливали в соответствии с требованиями ФС.2.5.0101.18 «Тысячелистника обыкновенного трава», в конце июня - начале июля, в фазу начала цветения от дикорастущих растений, в сухую погоду, срезая их ножницами, секатором или ножом верхушки стеблей и ветвей длиной до 15 см. Сушили ЛРС естественным теневым способом при хорошей вентиляции [1]. Также с исследуемых территорий отбирали с помощью лопат пробы верхних слоев почв (0-10 см от поверхности) в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб». Анализ образцов проводили на спектрометре МКГБ-01 «РАДЭК» (НТЦ «РАДЭК», Россия). Определение удельной активности радионуклидов в почве осуществляли по МР 2.6.1/2.3.7.0216-20, в ЛРС – в соответствии с первым вариантом измерений ОФС.1.5.3.0001 [21]. Измеряли удельную активность основных техногенных (Sr-90, Cs-137) и природных (К-40, Ra-226, Th-232) радиоизотопов. Для оценки аккумулирующей активности природных и техногенных радиоизотопов надземной частью полыни горькой из почв рассчитывали коэффициенты накопления (КН):

$$КН = \frac{C_{ЛРС} \cdot 100}{C_{всп}}$$

, где $C_{ЛРС}$ – удельная активность радиоизотопов в траве тысячелистника обыкновенного, Бк/кг
 $C_{всп}$ – удельная активность радиоизотопов в почве, Бк/кг [8].

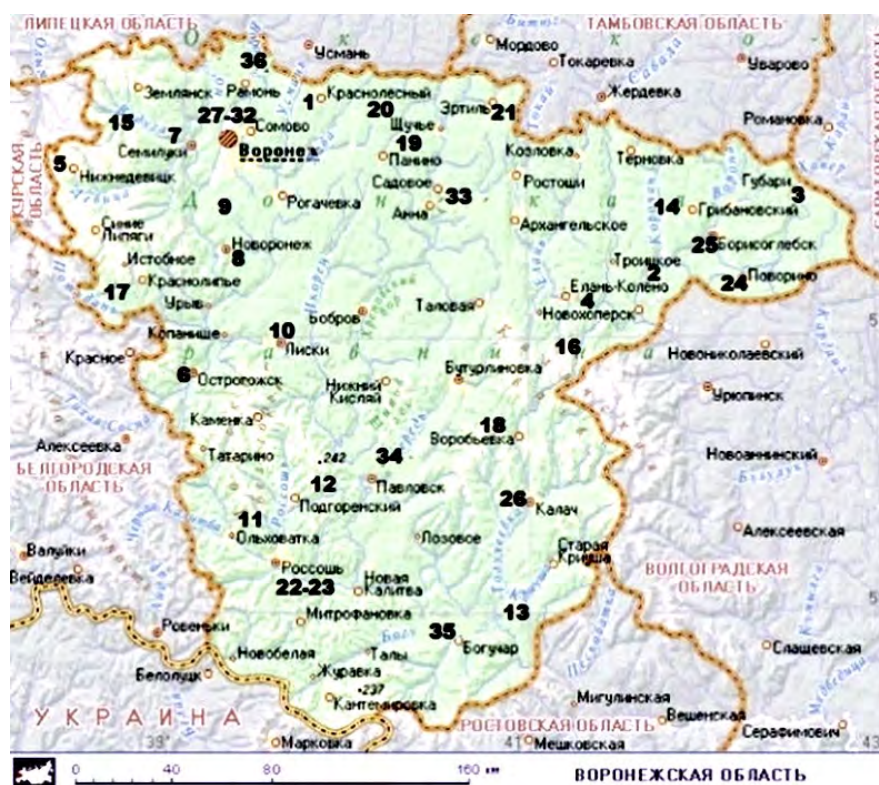


Рис. 1. Карта-схема отбора образцов почв и травы тысячелистника обыкновенного (цифровые обозначения расшифрованы выше)

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенные исследования позволили считать все проанализированное сырье тысячелистника обыкновенного соответствующим требованиям радиационной безопасности. Удельная активность природных и техногенных радиоизотопов в траве тысячелистника обыкновенного, заготовленной на территории Воронежской области, характеризуется невысокими числовыми значениями и равномерностью распределения по изучаемым районам заготовки ЛРС.

Накопление Sr-90 в траве тысячелистника обыкновенного характеризуется значениями удельной активности 2,8-5,3 Бк/кг при среднем значении 3,7 Бк/кг, что значительно меньше предельно допустимых требований, установленных ГФ XV в 200 Бк/кг. Аккумуляция Cs-137 в траве тысячелистника обыкновенного характеризуется более высокими абсолютными значениями – 18,4-78,6 Бк/кг, а среднее значение удельной активности для всех изучаемых образцов ЛРС составило 44,1 Бк/кг, что также гораздо меньше предельно допустимого значения 400 Бк/кг. Значения сумм показателей соответствия требованиям радиационной безопасности и погрешностей их определения для анализируемых образцов травы тысячелистника обыкновенного не превышали 1,0, варьируя от 0,07 до 0,21, что дает основание признать ЛРС, заготовленное на территории Воронежской области, соответствующими критерию радиационной безопасности (первая группа) [1, 8].

Аккумуляция в траве тысячелистника обыкновенного природных радионуклидов, содержание которых в настоящее время не нормируется, характеризуется невысокими числовыми значениями. Удельная активность Th-232 варьировала от 2,6 Бк/кг до 8,2 Бк/кг, в среднем составляя 4,9 Бк/кг. Удельная активность K-40 варьировала от 316 Бк/кг до 948 Бк/кг при среднем значении 525 Бк/кг. Аккумуляцию Ra-226 травой тысячелистника обыкновенного характеризуют значения его удельной активности 2,7-7,7 Бк/кг, средняя удельная активность составила 5,2 Бк/кг [8, 20].

Корреляционный анализ удельной активности природных и техногенных радионуклидов в почве и траве тысячелистника обыкновенного (таблица 1) позволил выявить сильную взаимосвязь между определяемыми показателями для K-40, Sr-90, Cs-137, Ra-226, что подтверждает преимущественное транспочвенное загрязнение ими растительное сырье. Слабая корреляционная связь, установленная по удельной активности Th-232 в почве и растении, вероятно, связана с

низкими числовыми значениями показателя в сырье, но также может свидетельствовать о загрязнении его аэрозольным путем.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между удельными активностями природных и техногенных радиоизотопов в почве и траве тысячелистника обыкновенного

ЛРС	Sr-90	Cs-137	Th-232	K-40	Ra-226
Трава тысячелистника обыкновенного	0,89	0,99	0,12	0,95	0,83

Данные, представленные на рис. 2-6 показывают, что при увеличении удельной активности всех определяемых радионуклидов в почве возрастала их удельная активность в траве тысячелистника обыкновенного. Для описания закономерностей перехода природных и техногенных радиоизотопов выведены математические зависимости.

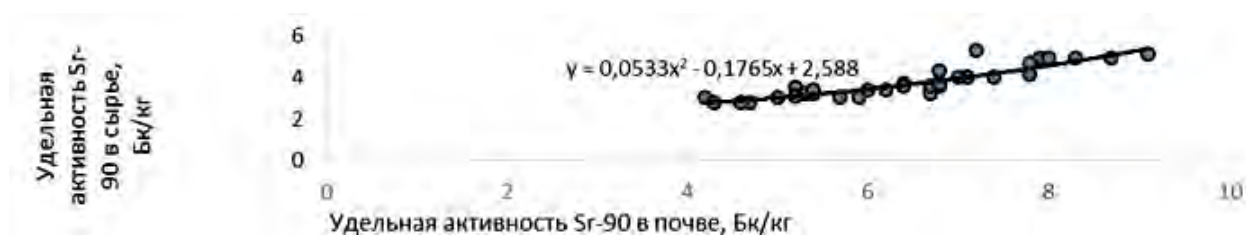


Рис. 2. Зависимость удельной активности Sr-90 в траве тысячелистника обыкновенного от его удельной активности в почве



Рис. 3. Зависимость удельной активности Cs-137 в траве тысячелистника обыкновенного от его удельной активности в почве

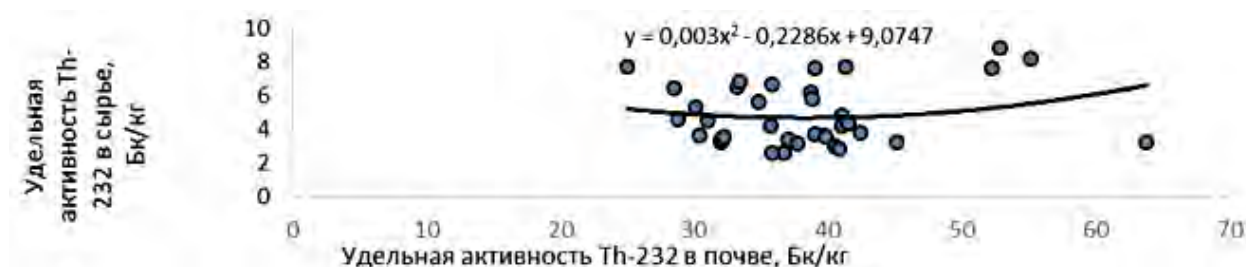


Рис. 4. Зависимость удельной активности Th-232 в траве тысячелистника обыкновенного от его удельной активности в почве

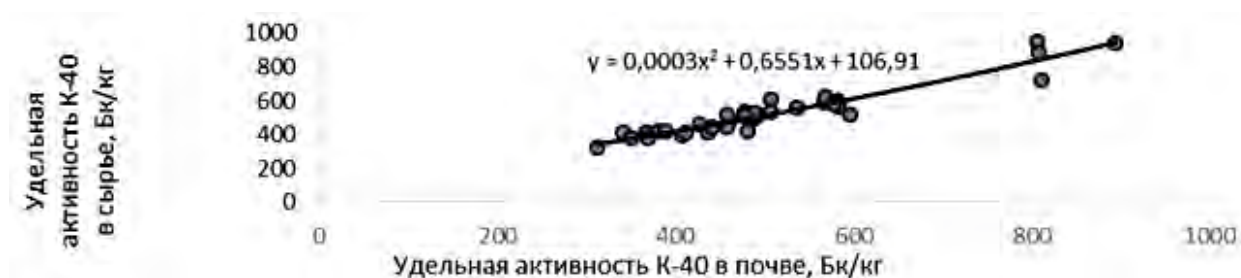


Рис. 5. Зависимость удельной активности K-40 в траве тысячелистника обыкновенного от его удельной активности в почве

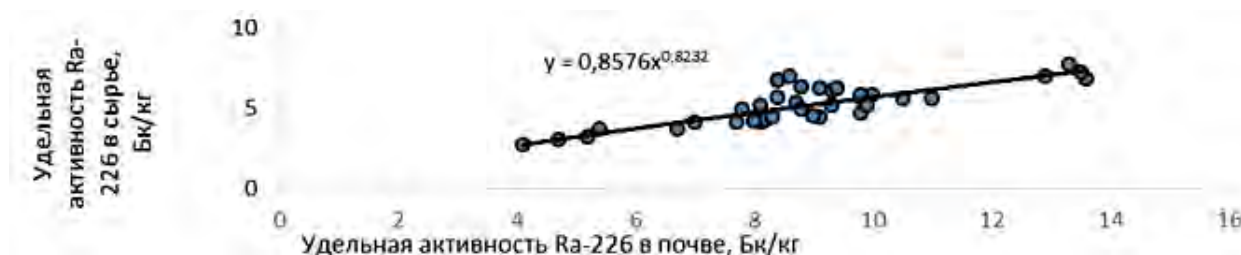


Рис. 6. Зависимость удельной активности Ra-226 в траве тысячелистника обыкновенного от его удельной активности в почве

Анализ полученных расчетных коэффициентов накопления радионуклидов показал, что трава тысячелистника обыкновенного наиболее интенсивно кумулирует из верхних слоев почв K-40 (коэффициенты накопления составили 0,86-1,12 при среднем значении 1,04) и Cs-137 (коэффициенты накопления – 0,86-1,15 при среднем значении 1,02). Sr-90 и Ra-226 умеренно аккумулируются в траве тысячелистника обыкновенного - средние коэффициент накопления обоих радионуклидов составили 0,59, варьируя в диапазонах 0,48-0,74 и 0,51-0,81 соответственно. В наименьшей степени в траве тысячелистника обыкновенного накапливается Th-232: коэффициенты его накопления составили в среднем 0,13, варьируя от 0,07 до 0,31 [8].

Для коэффициентов накопления K-40, Sr-90, Ra-226, Th-232 в траве тысячелистника обыкновенного (рис. 7-11) отмечены тенденции к снижению при увеличении их удельной активности в почве, что указывает на наличие физиологических механизмов регуляции их поступления в растение. Коэффициенты накопления Cs-137, напротив, несколько возрастают, что указывает на способность растительного сырья к аккумуляции данного радионуклида.



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

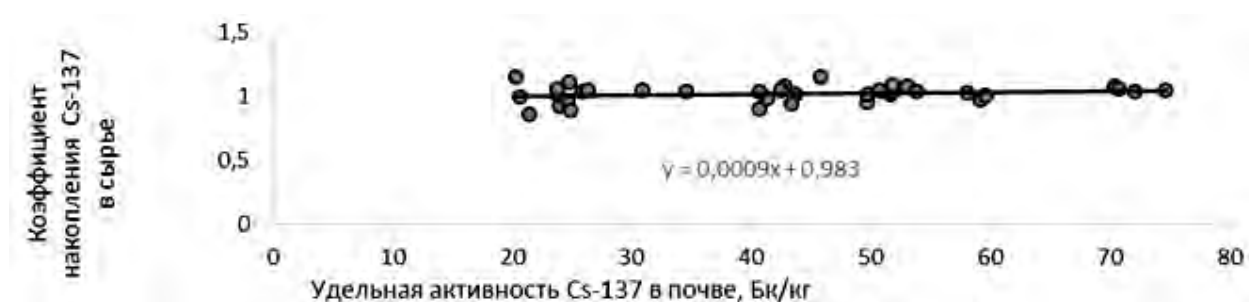


Рис. 8. Зависимость коэффициентов накопления Cs-137 в траве тысячелистника обыкновенного от его удельной активности в почве

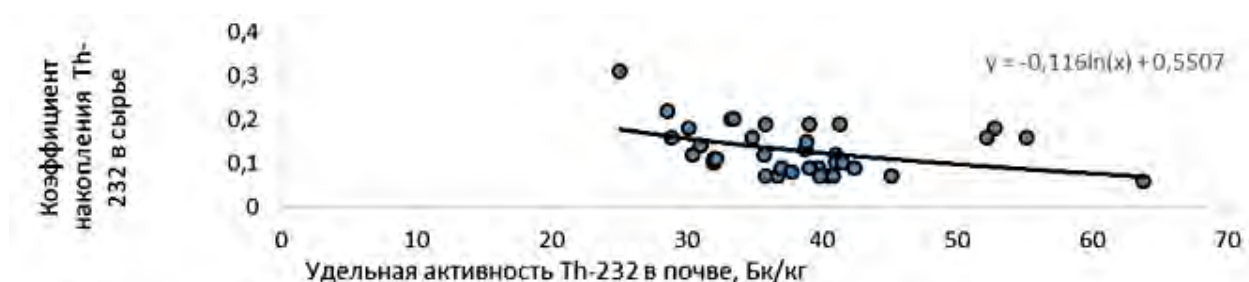


Рис. 9. Зависимость коэффициентов накопления Th-232 в траве тысячелистника обыкновенного от его удельной активности в почве

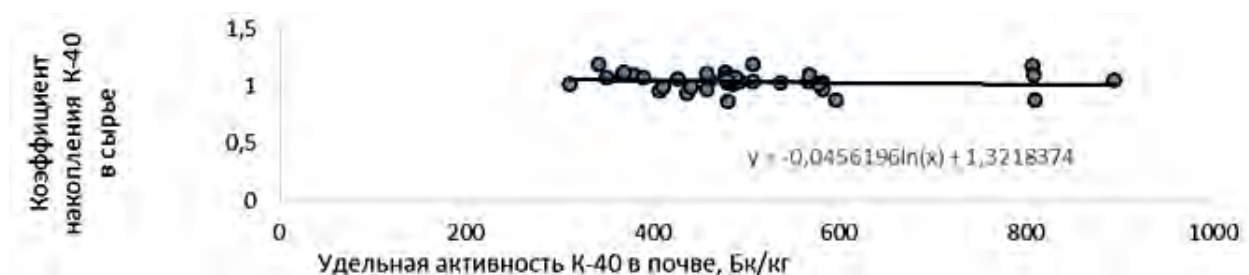


Рис. 10. Зависимость коэффициентов накопления K-40 в траве тысячелистника обыкновенного от его удельной активности в почве

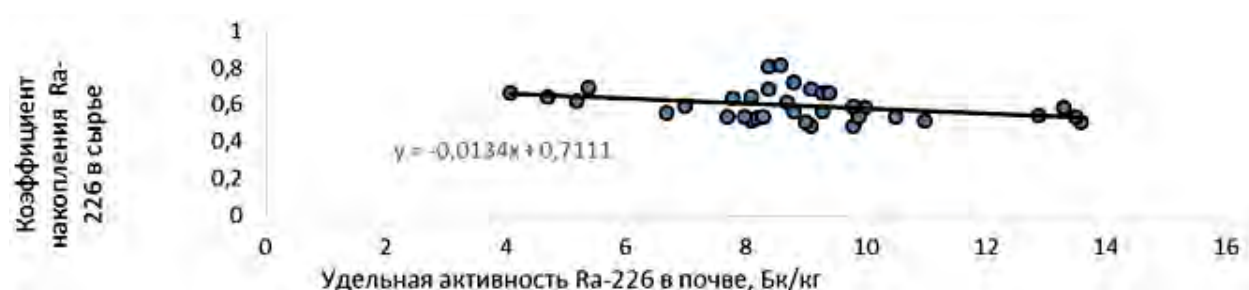


Рис. 11. Зависимость коэффициентов накопления Ra-226 в траве тысячелистника обыкновенного от его удельной активности в почве

Заключение

Изучено накопление природных и техногенных радионуклидов травой тысячелистника обыкновенного, заготовленной в естественных и искусственных фитоценозах Воронежской области. Все исследуемое растительное сырье соответствует существующим требованиям радиационной безопасности (первая группа). Корреляционный анализ удельной активности природных и техногенных радиоизотопов в почве и траве тысячелистника обыкновенного подтвердил преимущественное транспочвенное загрязнение ЛРС. При увеличении удельной активности К-40, Sr-90, Cs-137, Ra-226, Th-232, в почве возрастала их удельная активность в растительном сырье. Для травы тысячелистника обыкновенного, произрастающей в Воронежской области, отмечено интенсивное аккумулятивное из верхних слоев почв К-40 и Cs-137. Коэффициенты накопления К-40, Sr-90, Ra-226, Th-232 из почв в траве тысячелистника обыкновенного имели тенденцию к снижению по мере увеличения удельной активности радионуклидов в почве, а Cs-137 – напротив, возрастали, что свидетельствует о высоких фиторемедиационных способностях вида в отношении данных природных радиоизотопов. Впервые выявленные в результате исследования закономерности и математические зависимости накопления техногенных и природных радионуклидов в траве тысячелистника обыкновенного позволяют прогнозировать особенности загрязнения растительного сырья данными экотоксикантами.

Литература (references)

1. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XV. Режим доступа: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15>. [*Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. Izdanie XV. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XV. Moscow: FEMB, 2023. https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15 (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*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 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 // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 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 // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 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*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2020. – N4. – P. 158-163. (in Russian)]
7. Дьякова Н.А. Особенности накопления тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье тысячелистника обыкновенного, собранного в урбо- и агробиоценозах Воронежской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2020. – №3. – С. 213-224. [D'yakova N.A. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and Life Safety. – 2020. – N3. – P. 213-224. (in Russian)]
8. Дьякова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье на примере травы тысячелистника обыкновенного // Традиционная медицина. – 2019. – №4(59). – С. 48-52. [D'yakova N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.I. *Tradicionnaya medicina*. Traditional medicine. – 2019. – N4(59). – P. 48-52. (in Russian)]
9. 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*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2020. – T.19, N4. – P. 158-163. (in Russian)]

- Gaponov S.P. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii*. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2020. – N4. – P. 152-157. (in Russian)]
10. Егорова И.Н. Содержание тяжелых металлов в тысячелистнике обыкновенном, произрастающем на территории Кемеровской области // Фундаментальные исследования. – 2009. – №7. – С. 80-81. [Egorova I.N. *Fundamental'nye issledovaniya*. Basic research. – 2009. – N7. – P. 80-81. (in Russian)]
 11. Егорова И.Н., Неверова О.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного сырья *Achillea millefolium* L., в условиях породного отвала угольного разреза «Кедровский» // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 10(185). – С. 385-387. [Egorova I.N., Neverova O.A. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. Bulletin of Orenburg State University. – 2015. – N10(185). – P. 385-387. (in Russian)]
 12. Злобина Ю.М. Содержание микроэлементов-биофилов и тяжелых металлов в лекарственном растении тысячелистнике обыкновенном *Achillea millefolium* L. // Альманах молодой науки. – 2013. – №3. – С. 33-34. [Zlobina YU.M. *Al'manah molodoj nauki*. Young Science Almanac. – 2013. – N3. – P. 33-34. (in Russian)]
 13. 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)]
 14. Куркин В.А. Фармакогнозия / А.В. Куркин. – Самара: Офорт, 2004. – 1179. [Kurkin V.A. *Farmakognозиya*. *Pharmakognозиya*. Samara: Ofort, 2004. – 1179 p. (in Russian)]
 15. Любимов В.Б., Анищенко Л.Н., Борздыко Е.В., Маркелова Н.В., Поцепай Ю.Г., Сквородникова Н.А., Азарченкова Е.А., Мокрогузова В.Н. Итоги разработки системы биоанализа на региональной основе в мониторинге сред обитания // Ежегодник НИИ фундаментальных и прикладных исследований. – 2011. – №1(2). – С. 49-60. [Lyubimov V.B., Anishchenko L.N., Borzdyko E.V., Markelova N.V., Pospelaj YU.G., Skovorodnikova N.A., Azarchenkova E.A., Mokroguzova V.N. *Ezhegodnik NII fundamental'nyh i prikladnyh issledovanij*. Yearbook of the Research Institute of Basic and Applied Research. – 2011. – N1(2). – P. 49-60. (in Russian)]
 16. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Трубникова В.В. Особенности элементного состава тысячелистника обыкновенного в условиях техногенного загрязнения // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – №4. – С. 69-78. [Nemereshina O.N., Gusev N.F., Trubnikova V.V. *ZHivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. Animal husbandry and feed production. – 2019. – N4. – P. 69-78. (in Russian)]
 17. Семенова В.В. Содержание тяжелых металлов в растениях тысячелистника обыкновенного в условиях антропогенного воздействия // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2014. – №63. – С. 179-182. [Semenova V.V. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra RAN*. Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2014. – N63. – P. 179-182. (in Russian)]
 18. Сысо А.И., Сиromля Т.И., Мяделец М.А., Черевко А.С. Эколого-биогеохимическая оценка элементного и биохимического состава растительности антропогенно нарушенных экосистем (на примере *Achillea millefolium* L.) // Сибирский экологический журнал. – 2016. – №5. – С. 782-792. [Syso A.I., Siromlya T.I., Myadelec M.A., SHerevko A.S. *Sibirskij ekologicheskij zhurnal*. Siberian Environmental Journal. – 2016. – N5. – P. 782-792. (in Russian)]
 19. 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)]
 20. Dyakova N., Gaponov S., Slivkin Al., Chupandina El. 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 30.05.2024