

УДК 615.322:574.2

3.4.2 Фармацевтическая химия, фармакогнозия

DOI: 10.37903/vsgma.2022.3.22 EDN: HPZMTJ

**ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ЛЕКАРСТВЕННЫМ РАСТИТЕЛЬНЫМ СЫРЬЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ**

© Дьякова Н.А.

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

**Цель** исследования - оценка радиоактивного загрязнения верхних слоев почв и ЛРС Воронежской области и выявление аккумулирующих способностей разных видов дикорастущего ЛРС в отношении радионуклидов.

**Методика.** На основе 10 растительных объектов, используемых для заготовки лекарственного сырья, отобранных с 36 точек Воронежской области, проведены исследования по содержанию и аккумулирующей способности растительными объектами из почв стронция-90, цезия-137, тория-232, калия-40, радия-226.

**Результаты.** Установлено, что наибольшими аккумуляторами радиоактивных изотопов цезия-137 являются такие виды дикорастущего лекарственного растительного сырья как листья подорожника большого, трава пустырника пятилопастного, трава полыни горькой, листья крапивы двудомной (коэффициенты накопления более 1,5). Также заметно, что цезий-137 в большей степени накапливается в листьях и траве, в меньшей степени - в цветках и подземных органах. Стронций-90 в наибольших количествах накопили корни лопуха большого, корни одуванчика лекарственного. Из полученных данных видно, что изотопы радиоактивного стронция-90 в большей степени накапливаются в корнях, то есть, подземных органах, в меньшей степени - в траве изучаемых растений.

**Заключение.** Наибольшей аккумулирующей способностью фиксированных почвой природных и искусственных радионуклидов обладают такие виды лекарственного растительного сырья: листья подорожника большого, листья крапивы двудомной, корни одуванчика лекарственного, корни лопуха большого.

**Ключевые слова:** лекарственное растительное сырье, Воронежская область, стронций-90, цезий-137, торий-232, калий-40, радий-226

**STUDY OF ACCUMULATION OF RADIONUCLIDES WITH MEDICINAL PLANT RAW MATERIALS OF CENTRAL BLACK EARTH**

Dyakova N.A.

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

**Objective.** Assessment of radioactive contamination of upper layers of soils and LRS of Voronezh region and identification of accumulating abilities of different types of wild LRS in relation to radionuclides.

**Methods.** On the basis of 10 plant objects used for the preparation of medicinal raw materials, selected from 36 points of the Voronezh region, studies were carried out on the content and storage capacity of plant objects from strontium-90, cesium-137, thorium-232, potassium-40, radium-226 soils.

**Results.** It has been established that the largest accumulators of radioactive isotopes of cesium-137 are such types of wild medicinal vegetal raw materials as leaves of large plantain, grass of five-lobed dumpling, grass of bitter wormwood, leaves of dioecious nettle (accumulation factors more than 1.5). It is also noticeable that caesium-137 accumulates more in leaves and grass, to a lesser extent in flowers and underground organs. Strontium-90 in the largest quantities accumulated the roots of a large bladder, the roots of a dandelion drug. From the obtained data, it can be seen that the isotopes of radioactive

strontium-90 accumulate to a greater extent in the roots, that is, underground organs, to a lesser extent in the grass of the studied plants.

**Conclusion.** The greatest accumulating ability of natural and artificial radionuclides fixed by the soil is possessed by such types of medicinal vegetal raw materials: large plantain leaves, dioecious nettle leaves, medicinal dandelion roots, large bladder roots.

**Keywords:** medicinal plant raw materials, Voronezh region, strontium-90, cesium-137, thorium-232, potassium-40, radium-226

## Введение

Урбанизация – важнейшая социально-экологическая проблема современного мира. 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 [2, 4].

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. 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. Загрязненное растительное сырье, а также продукты, производимые на его основе, являются значимыми источниками поступления различных ксенобиотиков в организм человека, в частности, и радионуклидов [3, 5]. В Центральном Черноземье сосредоточена большая часть заготовок лекарственного растительного сырья России. Загрязненное лекарственное растительное сырье и фитопрепараты, полученные из него, являются одним из источников поступления поллютантов в организм человека, в частности радионуклидов [6, 8].

Цель исследования – оценка радиоактивного загрязнения верхних слоев почв и ЛРС Воронежской области и выявление аккумулярующих способностей разных видов дикорастущего ЛРС в отношении радионуклидов.

## Методика

Выбор территорий для заготовки ЛРС объясняется особенностями антропогенного воздействия (рис. 1, табл. 1) заповедная зона (контроль): Воронежский биосферный заповедник (1); Хоперский заповедник (Новохоперский район); (2), Хоперский заповедник (Борисоглебский район) (3); территория разработки медно-никелевых месторождений (4); зоны, подвергшиеся радионуклидному загрязнению после аварии на Чернобыльской АЭС (Нижедевицкий (5), Острогжский (6), Семилукский (7) районы); Нововоронежская атомная электростанция (АЭС) (8); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (9); зоны с активной сельскохозяйственной деятельностью (Лискинский (10), Ольховатский (11), Подгоренский (12), Петропавловский (13), Грибановский (14), Хохольский (15), Новохоперский (16), Репьевский (17), Воробьевский (18), Панинский (19), Эртильский (20), Верхнехавский (21), Россошанский (22) районы); химические предприятия ОАО «Минудобрения» (23), ООО «Бормаш» (24); города с развитой легкой промышленностью (Борисоглебск (25), Калач (26)); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) (27); предприятие по выпуску синтетического каучука ООО «Сибур» (28); Воронежское водохранилище (29); аэропорт (30); улица Воронежа (31); территории вдоль дорог разной степени загруженности – трасса М4 «Дон» (32, 34), трасса А144 (33), нескоростная автомобильная дорога (35) и железная дорога (36).

С исследуемых территорий отбирали пробы верхних слоев почв (глубиной 0-10 см) и ЛРС. Виды сырья выбирали таким образом, чтобы были представлены разные части растений: трава горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.), трава полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.), трава тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), трава пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.), листья подорожника большого (*Plantago major* L.), листья крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), цветки липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), цветки

пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.), корни одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg), корни лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.). Применяли теневую сушку при температуре 40-45°C с хорошей вентиляцией.

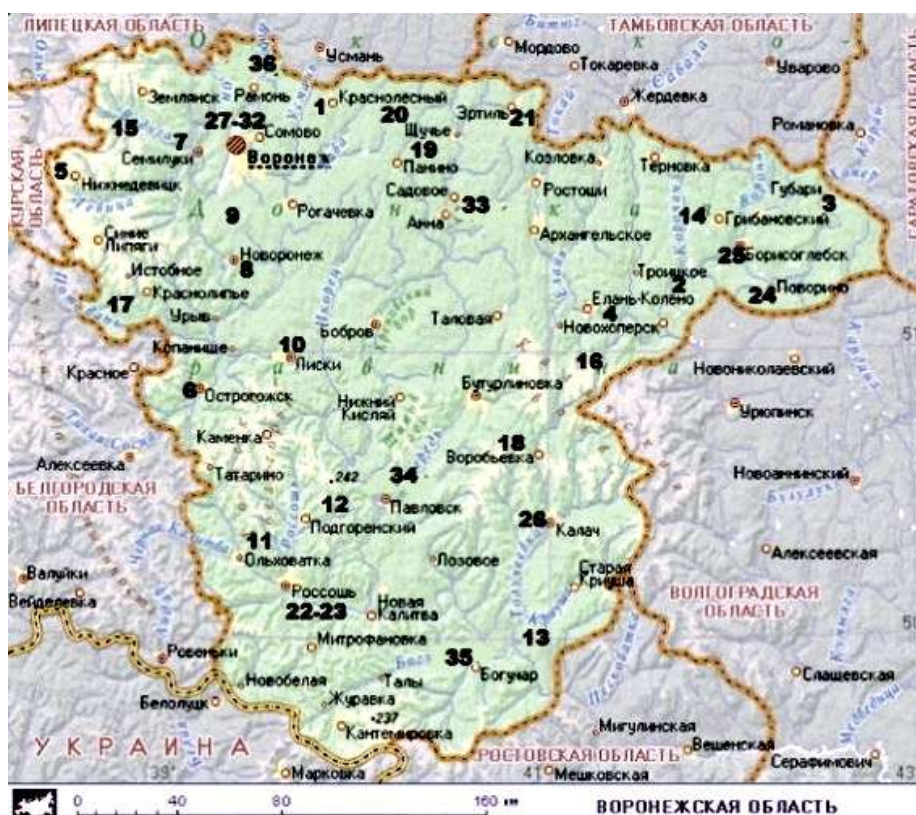


Рис. 1. Карта отбора образцов почв и ЛРС (обозначения расшифрованы в тексте)

Особенности накопления радионуклидов ЛРС из почвы характеризует коэффициент накопления (КН), который рассчитывали как отношение удельной активности радионуклида в воздушно-сухой пробе ЛРС к удельной активности радионуклида в почве. Расчеты проводили по формуле (1):

$$КН = С_{ЛРС} / С_{почва} \quad (1),$$

где  $S_{ЛРС}$  – удельная активность радионуклида в воздушно-сухой пробе ЛРС, Бк/кг;  $S_{почва}$  – удельная активность радионуклида в верхних слоях почвы, Бк/кг [6, 7].

Анализ образцов почв и ЛРС проводили на гамма-бета-альфа-спектрометре–радиометре МКГБ-01 «РАДЭК» с программным обеспечением «ASW» на определение удельной активности основных (долгоживущих) искусственных радионуклидов (стронция-90, цезия-137) и часто встречающихся в природе естественных радионуклидов (калия-40, тория-232, радия-226) [1].

## Результаты исследования и их обсуждение

Анализ существующей нормативной документации показал, что предельно допустимое содержание радионуклидов в почве не установлено, поэтому корректно судить о степени радионуклидного загрязнения исследуемых образцов не представляется возможным. При этом, районы Северо-западной части области (Рамонский, Верхнехавский, Нижнедевицкий, Семилукский, Репьевский, Хохольский районы и г. Воронеж) несколько выделяются более высокой удельной активностью цезия-137 относительно средних по области, однако, и эти значения невелики и составляют в среднем 50-60 Бк/кг. Связать несколько повышенный уровень удельной активности указанных местностей можно с попаданием их в зону фоновых районов чернобыльских радиоактивных выпадений. Значения удельной активности природных радионуклидов близки к среднемировым. Несколько превышена удельная активность калия-40 (на 12% больше среднемировых значений) и тория-232 (на 19%). Это объясняется особенностью почв Воронежской области, в большинстве своем представленные черноземами, для которых

характерны более высокие средние значения удельной активности природных радионуклидов (500 Бк/кг для калия-40 и 44 Бк/кг для тория-232).

Анализ данных по исследованию ЛРС показал, что для всех отобранных образцов удельная активность радионуклидов не превышает предельно допустимую [1]. Чтобы объективно оценить возможности разных видов изучаемого нами сырья по накоплению искусственных и природных радионуклидов, рассчитывались их коэффициенты накопления. Средние по Воронежской области коэффициенты накопления радионуклидов разными видами лекарственного растительного сырья приведены в табл. 1.

Таблица 1. Коэффициенты накопления радионуклидов разными видами ЛРС

ЛРС	Коэффициенты накопления радионуклидов				
	стронций-90	цезий-137	торий-232	калий-40	радий-226
Трава горца птичьего	0,55	1,09	0,17	1,36	0,50
Трава полыни горькой	0,76	1,70	0,23	1,68	0,74
Трава тысячелистника обыкновенного	0,59	1,02	0,13	1,04	0,59
Трава пустырника пятилопастного	0,61	1,87	0,20	1,85	0,56
Листья подорожника большого	1,12	2,55	0,37	1,47	0,93
Листья крапивы двудомной	1,07	1,41	0,42	1,59	1,06
Цветки липы сердцевидной	0,39	0,39	0,15	0,98	0,47
Цветки пижмы обыкновенной	0,59	0,70	0,17	0,90	0,46
Корни одуванчика лекарственного	1,86	1,01	0,37	1,05	1,24
Корни лопуха обыкновенного	1,98	1,11	0,49	1,04	1,93
Среднее	0,99	1,36	0,28	1,34	0,85

Обобщая полученные нами данные по коэффициентам накопления радионуклидов разными видами ЛРС, можно сделать вывод о том, что в наименьшей степени растениями накапливается торий-232 (его коэффициент накопления варьирует от 0,15 в цветках липы сердцевидной до 0,49 в корнях лопуха обыкновенного и в среднем составляет 0,28 для изучаемых видов сырья).

В большей степени изучаемыми видами растений накапливается цезий-137 и калий-40 (средние коэффициенты накопления изучаемыми видами сырья составили 1,36 и 1,34 для цезия-137 и калия-40 соответственно). При этом коэффициенты накопления данных радионуклидов сильно варьируют в зависимости от вида сырья: для цезия-137 они составляют от 0,39 в цветках липы сердцевидной до 2,55 в листьях подорожника большого, а для калия-40 - от 0,90 в цветках пижмы обыкновенной до 1,85 в траве пустырника пятилопастного. Поведение цезия-137 и, конечно, калия-40 при переходе из почвы в растения обычно связывают с поведением обменного калия. Основанием для этого является тот факт, что растения, которые содержат больше калия-40, обычно накапливают больше цезия-137. Калий-40 накапливается в растениях аналогично нерадиоактивным изотопам его и в концентрациях, прямо пропорциональных концентрациям в природе. Цезий и калий – элементы одной группы периодической системы элементов, а потому механизмы захвата из почвы и транспортировки в тканях растения ничем не отличаются. Распределение цезия-137 по отдельным органам и передвижение его внутри растения тесно связаны с калием, в частности с калием-40.

Накопление стронция-90 и радия-226 носит для изучаемых видов сырья сходный характер, средние значения коэффициентов их накопления составляют 0,99 и 0,85 соответственно. Коэффициент накопления стронция-90 в наших экспериментах варьирует от 0,39 в цветках липы сердцевидной до 1,98 в корнях лопуха большого, а коэффициент накопления радия-226 - от 0,46 в цветках пижмы обыкновенной до 1,93 в корнях лопуха обыкновенного. Сходный характер накопления данных радионуклидов объясняется близостью химического строения друг с другом и с таким биологически важным макроэлементом, как кальций. Механизм поглощения стронция,

радия и кальция растениями из почвы является практически одинаковым, достаточно большая аналогия имеется и в интенсивности передвижения этой тройки элементов в растениях: все накапливаются в одних и тех же органах и тканях. Так, видна тенденция накопления стронция-90 и радия-226 в корнях растений, а также в траве и листьях изучаемых растений, являющихся накопителями кальция.

## Заключение

Установлено, что наибольшими аккумуляторами радиоактивных изотопов цезия-137 являются такие виды дикорастущего ЛРС как листья подорожника большого, трава пустырника пятилопастного, трава полыни горькой, листья крапивы двудомной. Также заметно, что цезий-137 в большей степени накапливается в листьях и травах, в меньшей степени - в цветках и подземных органах. Стронций-90 в наибольших количествах накопили корни лопуха большого, корни одуванчика лекарственного. Из полученных данных видно, что изотопы радиоактивного стронция-90 в большей степени накапливаются в корнях, то есть, подземных органах, в меньшей степени - в травах изучаемых растений. Наибольшей аккумуляющей способностью фиксированных почвой природных и искусственных радионуклидов обладают такие виды ЛРС: листья подорожника большого, листья крапивы двудомной, корни одуванчика лекарственного, корни лопуха большого. Заметной особенностью также явился тот факт, что в цветках радионуклиды практически не накапливаются (коэффициенты накопления искусственных радионуклидов составляют от 0,39 до 0,70). При этом накопление природных радионуклидов, в частности радиоактивного изотопа биологически важного макроэлемента – калий-40 – не снижено относительно других видов сырья.

## 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 Smolenskoy Gosudarstvennoy Medicinskoj Akademii. – 2022. – N1. – P. 175-180. (in Russian)*]
3. 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 Smolenskoy Gosudarstvennoy Medicinskoj Akademii. – 2020. – N4. – P. 158-163. (in Russian)*]
4. 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 Smolenskoy Gosudarstvennoy Medicinskoj Akademii. – 2020. – N4. – P. 152-157. (in Russian)*]
5. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в Центральном Черноземье на примере травы полыни горькой // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. – 2019. – №.3(25). – С. 36-44. [D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. *Voprosy obespecheniya kachestva lekarstvennyh sredstv. Quality assurance of medicines. – 2019. – N.3(25). – P. 36-44. (in Russian)*]
6. 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 farmacevticheskogo obrazovaniya. Sozdanie novyh fiziologicheskii aktivnyh 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)*]
7. 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 fiziologicheski aktivnyh 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)]
8. 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)]

### Информация об авторах

Дьякова Нина Алексеевна – кандидат биологических наук, 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.