

## ОЦЕНКА РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ КОРНЕЙ ЛОПУХА ОБЫКНОВЕННОГО

Н. А. Дьякова<sup>1</sup>, А. И. Сливкин<sup>1</sup>, С. П. Гапонов<sup>1</sup>, И. А. Самылина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный университет

<sup>2</sup>Первый МГМУ им. И.М. Сеченова

Поступила в редакцию 20.04.2016 г.

**Аннотация.** Проведен экологический анализ загрязнения радионуклидами верхних слоев почв и корней лопуха обыкновенного в Воронежской области. Значения коэффициентов накопления радионуклидов корнями лопуха обыкновенного составили для стронция-90 среднее по области значение составило 1.98 (варьирует от 1.78 до 2.32), для цезия-137 – 1.11 (от 0.97 до 1.32), для тория-232 – 0.49 (от 0.34 до 0.58), для калия-40 – 1.04 (от 0.94 до 1.17), для радия-226 – 1.93 (от 1.51 до 2.44), что свидетельствует о значительном кумулировании как естественных, так и искусственных радионуклидов.

**Ключевые слова:** Воронежская область, корни лопуха обыкновенного, коэффициенты накопления, радионуклиды.

**Abstract.** The ecological analysis of pollution by radionuclides of the top layers of soils and roots of a *Arctium lappa* in the Voronezh region is carried out. Values of coefficients of accumulation of radionuclides roots of a *Arctium lappa* have made for strontium-90 an average on area value has made 1.98 (varies from 1.78 to 2.32), for caesium-137 – 1.11 (from 0.97 to 1.32), for thorium-232 – 0.49 (from 0.34 to 0.58), for potassium-40 – 1.04 (from 0.94 to 1.17), for radium-226 – 1.93 (from 1.51 to 2.44) that testifies to a considerable kumulirovaniye of both natural, and artificial radionuclides.

**Keywords:** Voronezh region, roots of a *Arctium lappa*, accumulation coefficients, radionuclides.

Большая часть заготовок лекарственного растительного сырья сосредоточена в Центральном Черноземье. 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. Загрязненное лекарственное растительное сырье и фитопрепараты, полученные из него, являются одним из источников поступления поллютантов в организм человека [1,2]. Одними из наиболее опасных загрязнителей биосферы в настоящее время считаются радионуклиды в силу

их способности к миграции по биологическим цепям [3].

Целью нашего исследования были оценка радиоактивного загрязнения верхних слоев почв и лекарственного растительного сырья Воронежской области и выявление аккумулирующих способностей разных видов дикорастущего лекарственного сырья в отношении радионуклидов.

Для проведения исследований в рамках Воронежской области как среднестатистической области Центрального Черноземья нами были выбраны точки отбора образцов почв и лекарственного растительного сырья. Выбор исследуемых районов обусловлен характером специфического антропогенного воздействия на него (рис. 1): химические предприятия ООО «Воронежский Гипрокаучук» (28), ОАО «Минудобрения» (23),

ООО «Бормаш» (24); теплоэлектростанция «ВО-ГРЭС» (27), Нововоронежская атомная электростанция (АЭС) (8), Воронежский аэропорт (30), улица города (улица Ленинградская) (31), высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (9), Воронежское водохранилище (29), малые города с развитой легкой промышленностью (Калач (26), Борисоглебск (25)), зона предполагаемой добычи никеля (4), зоны активной сельскохозяйственной деятельности (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), зоны, подвергшиеся радионуклидному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС (Нижедневицкий (5), Острогожский (6), Семилукский (7) районы) и в качестве сравнения – заповедная зона (Воронежский биосферный заповедник (1), Хоперский государственный природный заповедник в Новохоперском (2) и в Борисоглебском районах (3)). Кроме того, большое внимание уделено лекарственному растительному сырью, произрастающему вблизи автомобильных и железных дорог. Рассматривались разные природные зоны: лесная зона (Рамонский район) (32), лесостепь (Аннинский район (33)), степь (Павловский район) (34), где имеются крупные транспортные развязки трассы М4 «Дон», А144 «Курск-Саратов». Также рассмотрены нескоростная автомобильная дорога (Богучарский район) (35) и железная дорога (Рамонский район) (36).



Рис. 1. Карта отбора образцов почв и лекарственного растительного сырья (обозначения расшифрованы в тексте)

Со всех исследуемых территорий проводили отбор проб верхних слоев почв (глубиной 0-10 см) и смешанных проб лекарственного растительного сырья. В качестве лекарственного растительного сырья выбирали корни лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.), как сырье, заготавливаемое преимущественно от дикорастущих растений, произрастающих как в естественных растительных сообществах, как и на урбанизированных территориях. Применяли теневую сушку при температуре 40-45 °С с хорошей вентиляцией.

Анализ образцов почв и лекарственного растительного сырья проводили на гамма-бета-альфа спектрометре-радиометре МКГБ-01 «РАДЭК» с программным обеспечением «ASW». Проводили определение основных (долгоживущих) искусственных радионуклидов (стронций-90, цезий-137) и часто встречаемых в природе естественных радионуклидов (калий-40, торий-232, радий-226).

Интенсивность переноса радионуклидов из почвы в растение характеризует коэффициент накопления (КН). Расчеты проводили по формуле:

$$КН = СЛРС / Спочва \quad (1)$$

где КН – коэффициент накопления радионуклида; СЛРС – удельная активность радионуклида в воздушно-сухой пробе лекарственного растительного сырья, Бк/кг; Спочва – удельная активность радионуклида в верхних слоях почвы, Бк/кг [4,5].

Результаты определений активности радионуклидов в изучаемых образцах верхних слоев почв приведены в таблице 1.

Анализ существующей нормативной документации показал, что предельно допустимое содержание (ПДС) радионуклидов в почве не установлено, в связи с чем судить о радионуклидном загрязнении исследуемых образцов не представляется возможным. Особенностью радиоактивных загрязнителей является то, что они обычно не изменяют уровень плодородия почв, но накапливаются в растениях. Поэтому предельно допустимая активность радионуклидов установлена лишь для продуктов питания для человека, кормов для животных, а также для лекарственного растительного сырья и препаратов на его основе. Но и в этом случае нормируются только искусственные радионуклиды – цезий-137 и стронций-90, так как природные радионуклиды имеют очень большие периоды полураспада, некоторые из которых превышают возраст Земли (калий-40  $1.3 \cdot 10^9$  лет, торий-232  $1.405 \cdot 10^{10}$  лет, радий-226 1602 года).

Результаты определений активности радионуклидов в образцах верхних слоев почв

№ п/п	Район сбора	Активность радионуклидов, Бк/кг				
		Стронций-90	Цезий-137	Торий-232	Калий-40	Радий-226
1	Воронежский биосферный заповедник	6.8	51.7	32.1	312	5.4
2	Хоперский заповедник	5.3	24.1	32.1	437	5.2
3	Борисоглебский район (Губари)	5.0	20.7	30.5	407	4.1
4	Елань-Колено	4.7	25.9	36.8	461	6.7
5	Нижнедевицк	9.1	49.8	30.2	481	9.1
6	Острогожск	7.1	49.8	41.1	597	9.8
7	Семилуки	7.8	59.2	35.9	508	11.0
8	Нововоронеж	4.2	58.1	40.6	487	9.1
9	Воронеж-Нововоронеж	6.7	59.7	32.3	478	10.0
10	Лискинский район	4.3	43.7	25.1	342	8.1
11	Ольховатский район	6.0	41.4	45.2	494	8.7
12	Подгоренский район	6.8	40.7	42.5	583	8.2
13	Петропавловский район	5.4	26.4	37.1	567	9.3
14	Грибановский район	5.7	23.8	39.8	459	9.8
15	Хохольский район	7.9	51.9	40.9	569	9.9
16	Новохоперский район	6.2	24.7	39.1	478	10.5
17	Репьевский район	7.8	50.8	34.9	508	8.8
18	Воробьевский район	5.3	21.5	35.9	442	8.4
19	Панинский район	7.1	42.9	38.8	481	9.8
20	Верхнехавский район	8.3	53.1	39.9	489	8.6
21	Эргиль	8.7	30.9	38.9	479	9.4
22	Россошанский район	6.7	43.4	41.1	583	8.3
23	Россошь (ОАО «Минудобрения»)	6.4	40.7	41.6	578	8.8
24	Поворино	5.2	23.8	28.9	381	9.0
25	Борисоглебск	5.3	24.9	31.1	428	8.4
26	Калач	6.8	24.8	37.8	537	8.1
27	Вблизи теплоэлектростанции «ВОГРЭС»	6.4	74.7	63.8	895	13.6
28	Вблизи ООО «Воронежский Гипрокаучук»	7.0	72.1	55.2	807	13.5
29	Вдоль низовья Воронежского водохранилища	7.4	70.5	52.9	809	13.3
30	Вблизи Воронежского аэропорта	5.9	45.9	35.8	390	8.0
31	Улица города	8.0	70.8	52.3	811	12.9
32	Трасса М4 (Рамонский район)	6.8	53.9	33.3	368	7.7
33	Трасса А144 (Анна)	5.2	51.9	41.4	458	4.7
34	Трасса М4 (Павловск)	4.6	42.5	28.6	351	7.0
35	Нескоростная автомобильная дорога (Богучар)	5.4	20.4	39.1	412	9.3
36	Железная дорога (Рамонский район)	7.2	34.6	33.5	369	7.8
Среднее для Воронежской области		6.4	42.9	38.5	506	8.9
Среднемировые значения (Тихомирову, 1988)		-	-	32	450	38

В целом же, полученные значения не велики и согласно данным литературы их можно считать среднестатистическими для радиационно безопасных районов. Несколько выделяются более высокой активностью цезия-137 районы Северо-

западной части области (Рамонский, Верхнехавский, Нижнедевицкий, Семилукский, Репьевский, Хохольский районы и г. Воронеж), однако, и это значения невелики и составляют в среднем 50-60 Бк/кг. Связать несколько повышенный уровень ак-

тивности указанных местностей можно с попаданием их в так называемую зону фоновых районов черновобильских радиоактивных выпадений.

Что касается значений активности природных радионуклидов, то они близки к среднемировым. Несколько повышена активность калия-40 (на 12% больше среднемировых значений) и тория-232 (на 19%). Однако это объясняется особенностью почв Воронежской области, в большинстве своем представленные черноземами, для которых характерны более высокие средние значения активности природных радионуклидов (500 Бк/кг для калия-40 и 44 Бк/кг для тория-232). Таким образом, почвы Воронежской области можно признать в целом радиологически благополучными.

Интересно также повышение значений активности природных радионуклидов калия-40 (на 57-74% по сравнению со средним по области значением), тория-232 (на 36-66% по сравнению со средним по области), радия-226 (на 45-53% по сравнению со средним по области) близ теплоэлектростанции «ВОГРЭС» и находящихся рядом районов (вблизи химического предприятия ООО «Воронежский Гипрокаучук», вдоль низовья Воронежского водохранилища, на улице го-

рода (улица Ленинградская)). Объяснить данный факт можно тем, что в течение более 70 лет ТЭЦ «ВОГРЭС» работала, используя в качестве топлива каменный уголь, сжигание которого является источником выбросов в окружающую среду ряда естественных радионуклидов, таких как калий-40, радий-226, радий-228, торий-232, свинец-210. Отечественные электростанции, работающие на угле с большой зольностью при степенях очистки 90-99 %, дают значительное количество выбросов этих радионуклидов, формирующее эффективную эквивалентную дозу значительно большую, чем атомные станции аналогичной мощности.

Анализ данных по исследованию лекарственного растительного сырья показывает, что для всех отобранных образцов удельная активность радионуклидов не превышает предельно допустимую [6].

Чтобы объективно оценить возможности разных видов изучаемого нами сырья по накоплению искусственных и природных радионуклидов, рассчитывались коэффициенты накопления. Средние по Воронежской области коэффициенты накопления радионуклидов лекарственным растительным сырьем приведены в таблице 2.

Таблица 2

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

№ п/п	Район сбора	Коэффициенты накопления радионуклидов				
		Стронций-90	Цезий-137	Торий-232	Калий-40	Радий-226
1	Воронежский биосферный заповедник	1.53	1.10	0.38	0.99	1.74
2	Хоперский заповедник	2.11	1.17	0.35	1.05	1.85
3	Борисоглебский район (Губари)	2.32	1.32	0.48	1.03	1.76
4	Елань-Колено	2.30	1.14	0.50	0.98	1.70
5	Нижнедевицк	1.84	1.15	0.47	0.89	1.98
6	Острогожск	1.96	1.07	0.49	0.99	1.98
7	Семилуки	1.95	1.01	0.54	1.00	1.83
8	Нововоронеж	2.14	1.03	0.50	0.99	2.05
9	Воронеж-Нововоронеж	1.93	0.98	0.54	1.04	2.03
10	Лискинский район	1.91	1.17	0.48	1.04	1.93
11	Ольховатский район	2.18	1.04	0.54	0.96	2.17
12	Подгоренский район	2.15	1.07	0.52	1.05	2.44
13	Петропавловский район	1.85	1.12	0.53	0.98	1.73
14	Грибановский район	1.96	1.17	0.41	1.07	2.02
15	Хохольский район	1.99	1.10	0.56	0.97	1.98
16	Новохоперский район	2.11	1.18	0.43	1.07	1.94
17	Репьевский район	1.95	1.13	0.42	0.98	1.81
18	Воробьевский район	2.08	1.26	0.54	1.02	2.06
19	Панинский район	1.96	1.09	0.34	1.08	1.90
20	Верхнехавский район	1.89	1.02	0.42	1.04	2.20

Таблица 2 (Продолжение)

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

№ п/п	Район сбора	Коэффициенты накопления радионуклидов				
		Стронций-90	Цезий-137	Торий-232	Калий-40	Радий-226
21	Эргиль	1.87	1.20	0.55	1.01	2.06
22	Россошанский район	1.96	1.06	0.44	0.97	2.07
23	Россошь (ОАО «Минудобрения»)	2.17	1.02	0.52	0.94	1.93
24	Поворино	1.94	1.19	0.53	1.14	2.16
25	Борисоглебск	1.81	1.20	0.52	1.06	1.83
26	Калач	1.78	1.24	0.50	1.06	2.17
27	Вблизи теплоэлектростанции «ВОГРЭС»	2.00	1.01	0.60	1.03	1.60
28	Вблизи ООО «Воронежский Гипрокаучук»	2.04	0.97	0.59	1.17	1.53
29	Вдоль низовья Воронежского водохранилища	1.84	1.04	0.46	1.13	1.51
30	Вблизи Воронежского аэропорта	1.83	1.02	0.57	1.05	1.99
31	Улица города	1.95	0.97	0.58	1.10	1.59
32	Трасса М4 (смешанный лес) (Рамонский район)	1.96	1.01	0.47	1.14	1.91
33	Трасса А144 (лесостепь) (Анна)	2.10	1.12	0.41	1.01	2.09
34	Трасса М4 (степная зона) (Павловск)	2.22	1.17	0.49	1.17	2.07
35	Нескоростная автомобильная дорога (Богучар)	1.91	1.28	0.49	1.15	2.00
36	Железная дорога (Рамонский район)	1.92	1.06	0.51	1.15	2.01
<b>Среднее для Воронежской области</b>		1.98	1.11	0.49	1.04	1.93

Значения коэффициентов накопления для корней лопуха обыкновенного достаточно велики: для стронция-90 среднее по области значение составило 1.98 (варьирует от 1.78 до 2.32), для цезия-137 – 1.11 (от 0.97 до 1.32), для тория-232 – 0.49 (от 0.34 до 0.58), для калия-40 – 1.04 (от 0.94 до 1.17), для радия-226 – 1.93 (от 1.51 до 2.44). Это свидетельствует о значительном кумулировании как естественных, так и искусственных радионуклидов в корнях лопуха обыкновенного.

Исследования выполнены при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (проект МК-3733.2015.5).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьякова Н.А. Экологическая оценка сырьевых ресурсов лекарственных растений в условиях нарастающей антропогенной нагрузки Центрального Черноземья / Н.А. Дьякова, И.А. Самылина, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. — 2014. — № 3. — С. 106-110.

2. Великанова Н.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья в г. Воронеже и его окрестностях / Н.А. Великанова [и др.] // Известия Воронежского государствен-

ного педагогического университета. — 2013. — № 1 (260). — С. 232-236.

3. 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.

4. Сливкин А.И. Изучение радиационной безопасности лекарственного растительного сырья в городе Воронеже и его окрестностях на примере травы горца птичьего и листьев подорожника большого / А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, Н.А. Великанова // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Создание новых физиологически активных веществ: Материалы 5-й Международной научно-методической конференции «Фармообразование-2013», Воронеж, 16-18 апреля 2013 г. — Воронеж, 2013. — С. 513-515.

5. Сливкин А.И. Изучение особенностей накопления радионуклидов из почв лекарственными растениями *Polygonum aviculare* и *Plantago major*, произрастающими в городе Воронеже и его окрестностях / А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, Н.А. Великанова // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Создание новых физиологически активных веществ: Материалы 5-й Международной научно-методи-

ческой конференции «Фармобразование-2013», Воронеж, 16-18 апреля 2013 г. – Воронеж, 2013. – С. 510-513.

*Воронежский государственный университет  
Дьякова Н. А., к.б.н., асс. каф. фармацевтической химии и фармацевтической технологии  
E-mail: Ninochka\_V89@mail.ru  
Тел.: (920) 4125352*

*Сливкин А. И., д.фарм.н., проф., зав. каф. фармацевтической химии и фармацевтической технологии  
E-mail: slivkin@pharm.vsu.ru  
Тел.: 255-47-76*

*Гапонов С. П., д.б.н., проф., зав. каф. зоологии и паразитологии  
E-mail: gaponov2003@mail.ru  
Тел.: (4732) 208861*

*Первый МГМУ им. Сеченова  
Самылина И. А., д.фарм.н., проф., член-корреспондент РАН, зав. каф. фармакогнозии;  
E-mail: laznata@mail.ru*

6. ОФС.1.5.3.0001.15 «Определение содержания радионуклидов в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах

*Voronezh State University  
Dyakova N. A., PhD, Assistantat Professor the pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology department  
E-mail: Ninochka\_V89@mail.ru  
Тел.: (920) 4125352*

*Slivkin A. Y., PhD, DSci, Full Professor, Head of the pharmaceutical chemistry and pharmaceutical technology department  
E-mail: slivkin@pharm.vsu.ru  
Тел.: 255-47-76*

*Gaponov S. P., PhD, DSci, Full Professor, Head of the Department of Zoology and Parasitology  
E-mail: gaponov2003@mail.ru  
Тел.: (4732) 208861*

*I.M. Sechenov First Moscow State Medical University  
Samylina I. A., Full Professor, PhD, Dsci, the corresponding member of the Russian Academy of Science, Head of the farmakognosiya department  
E-mail: laznata@mail.ru*