

ОЦЕНКА РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ НА ПРИМЕРЕ ТРАВЫ ТЫСЯЧЕЛИСТНИКА ОБЫКНОВЕННОГО

Н.А. Дьякова, С.П. Гапонов, А.И. Сливкин

Воронежский государственный университет (г. Воронеж)

Assessment of radionuclide pollution of medicinal vegetable raw materials in the central black earth on the example of the grass of the yarrow ordinary

N.A. Dyakova, S.P. Gaponov, A.I. Slivkin

Voronezh State University (Voronezh, Russia)

РЕЗЮМЕ

Воронежская область традиционно является важнейшим районом растениеводства и земледелия. Целью исследования являлось изучение загрязнения естественными и искусственными радионуклидами лекарственного растительного сырья в Воронежском регионе на примере тысячелистника обыкновенного, собранного по всей территории области в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие. В рамках проведения исследования в 36 образцах травы тысячелистника обыкновенного и верхних слоев почв, на которых произрастали растения, была определена активность искусственных и природных радионуклидов (стронций-90, цезий-137, калий-40, торий-232, радий-226). Все образцы удовлетворяют имеющимся требованиям нормативной документации по активности радионуклидов. Чтобы оценить накопление тысячелистником обыкновенным радионуклидов из почв использовали коэффициенты накопления. Среднее значение коэффициента накопления стронция-90 составило 0,59; в разных образцах области он варьировал от 0,48 до 0,74. Коэффициенты накопления цезия-137 колебались от 0,86 до 1,15 при среднем – 1,02. Для тория-232 средний коэффициент накопления в траве тысячелистника обыкновенного равен 0,13 и принимал значения в изучаемых образцах от 0,07 до 0,31. Для калия-40 средний коэффициент накопления в сырье составил 1,04 и варьировал от 0,86 до 1,12, а для радия-226 – 0,59 при варьировании от 0,51 до 0,81. Таким образом, в наибольшей степени в траве тысячелистника обыкновенного накапливаются цезий-137 и калий-40.

Ключевые слова: Центральное Черноземье, тысячелистник обыкновенный, радионуклиды, коэффициент накопления.

RESUME

The Voronezh region traditionally is the most important region of crop production and agriculture. A research objective was pollution studying by natural and artificial radionuclides of medicinal vegetable raw materials in the Voronezh region on the example of a yarrow ordinary, collected across all territory of the area in urbo-and the agroecosystems which are influenced by various anthropogenic influence. Within carrying out a research in 36 exemplars of a grass of a yarrow ordinary and high layers of soils on which plants grew, the activity of artificial and natural radionuclides (strontium-90, cesium-137, potassium-40, thorium-232, radium-226) was defined. All exemplars meet the available requirements of standard documentation on activity of radionuclides. We used storage coefficients to estimate accumulation of radionuclides from soils in yarrow ordinary. Mean value of a storage coefficient of strontium-90 was 0.59, in different exemplars of area it varied from 0.48 to 0.74. Storage coefficients of cesium-137 fluctuated from 0.86 to 1.15 at an average 1.02. For thorium-232 the average storage coefficient bird's is equal in a grass of the mountaineer 0.13 and accepted values in the studied exemplars from 0.07 to 0.31. For a potassium-40 the average storage coefficient in raw materials was 1.04 and varied from 0.86 to 1.12, and for radium-226 – 0.59 at variation from 0.51 to 0.81. Thus, cesium-137 and potassium-40 are more accumulated in grass of a yarrow ordinary.

Keywords: Central Black Earth, yarrow ordinary, radionuclides, storage coefficient.

ВВЕДЕНИЕ

Урбанизация — важнейшая социально-экологическая проблема современного мира. В процессе роста и становления городов природные экосистемы территорий, занимаемых ими и близлежащих к ним, постепенно изменяются, при этом формируются новые антропогенные экосистемы со своими особенностями техногенного воздействия, характеризующегося изменением состава атмосферного воздуха, почв и водных объектов [1, 2].

Воронежская область традиционно является важнейшим районом растениеводства и земледелия. Однако освоение минеральных ресурсов, активная химизация в сельском хозяйстве, последствия Чернобыльской аварии актуализировали вопрос снабжения пищевой промышленности безопасным и эффективным растительным сырьем [3, 4]. Некачественное растительное сырье и получаемые из него продукты являются важными источниками поступления различных экотоксикантов, в частности радионуклидов, в организм человека [5, 6].

Цель исследования — изучение загрязнения естественными и искусственными радионуклидами лекарственного растительного сырья тысячелистника обыкновенного Воронежского региона, собранного по всей территории области в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выбор территорий для сбора образцов на территории Воронежской области — среднестатистического региона Центрального Черноземья — обусловлен особенностями воздействия человека (рис. 1): промышленные химические предприятия (рис.: 23, 24, 28); теплоэлектростанция (ТЭЦ) (рис.: 27); Атомная электростанция (АЭС) (рис.: 8); аэропорт (рис.: 30); улица г. Воронежа (ул. Ленинградская) (рис.: 31); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (рис.: 9); городское водохранилище (рис.: 29); малые города с развитой инфраструктурой (Борисоглебск (рис.: 25), Калач (рис.: 26); зона крупного месторождения сульфидных медно-никелевых руд (рис.: 4); районы, находящиеся в зоне загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС (рис.: 5–7); районы активной сельскохозяйственной деятельности (рис.: 10–22). В качестве сравнения (фона) были выбраны заповедные территории (Воронежский природный биосферный заповедник (рис.: 1) и

Хоперский государственный природный заповедник (рис.: 2, 3)). Также отбор образцов проводили вдоль дорог разной степени загруженности и в разных природных зонах: лесная зона (Рамонский район) (рис.: 32) — трасса М4 «Дон», лесостепная зона (Аннинский район (рис.: 33)) — трасса А144 «Курск-Саратов», степная зона (Павловский район) (рис.: 34) — трасса М4 «Дон», проселочная автомобильная дорога малой загруженности (Богучарский район) (рис.: 35) и железнодорожные пути (Рамонский район) (рис.: 36).

Объектом исследования была выбрана трава тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.). Тысячелистник обыкновенный является многолетним синантропным растением, произрастающим в Воронежской области повсеместно. Для исследования механизма загрязнения растительного сырья для анализа отбирали пробы верхних слоев почв (с глубины 0–10 см от поверхности).

Определение содержания искусственных и естественных радионуклидов в траве тысячелистника обыкновенного и в верхних слоях почв проводили с использованием спектрометра-радиометра МКГБ-01 «РА-ДЭК». Изучали активность естественных (калия-40, тория-232, радия-226) и основных искусственных (стронция-90, цезия-137) радионуклидов [7].

Чтобы оценить возможность накопления из почвы различных радионуклидов травой тысячелистника обыкновенного, использовали коэффициент накопления (КН), рассчитанный по формуле:



Рис. 1. Карта заготовки лекарственного растительного сырья (цифры расшифрованы в тексте)

Активность радионуклидов в образцах травы тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.)

№ п/п	Район сбора	Активность радионуклидов, Бк/кг				
		Стронций-90	Цезий-137	Торий-232	Калий-40	Радий-226
1.	Воронежский биосферный заповедник	3,6	52,3	3,2	316	3,7
2.	Хоперский заповедник	3,2	22,1	3,4	408	3,2
3.	Борисоглебский район	3,0	20,4	3,6	390	2,7
4.	с. Елань-Колено	2,8	26,7	2,6	483	3,7
5.	с. Нижнедевицк	5,1	47,2	5,3	415	4,4
6.	г. Острогжск	4,0	50,4	4,8	518	4,7
7.	г. Семилуки	4,1	57,7	2,6	607	5,6
8.	г. Нововоронеж	3,0	59,1	3,0	491	6,2
9.	ВЛЭ (г. Нововоронеж)	3,2	59,6	3,5	534	5,8
10.	Лискинский р-н	2,8	44,1	7,7	408	4,1
11.	Ольховатский р-н	3,4	40,5	3,2	513	5,3
12.	Подгоренский р-н	3,6	36,8	3,8	597	4,3
13.	Петропавловский р-н	3,2	27,8	3,4	590	6,1
14.	Грибановский р-н	3,0	24,1	3,6	511	5,7
15.	Хохольский р-н	4,9	53,7	2,8	621	5,2
16.	Новохоперский р-н	3,4	23,8	3,7	512	5,6
17.	Репьевский р-н	4,7	53,5	5,6	529	6,3
18.	Воробьевский р-н	3,2	18,4	6,7	438	6,7
19.	Панинский р-н	4,0	46,3	6,2	497	5,8
20.	Верхнехавский р-н	4,9	57,4	3,5	524	7,0
21.	г. Эртиль	4,9	32,3	5,8	505	6,2
22.	Россошанский район	3,6	40,7	4,2	567	4,4
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	3,7	42,1	4,3	583	4,9
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (г. Поворино)	3,5	25,3	4,6	415	4,5
25.	г. Борисоглебск	3,2	22,1	4,5	455	5,7
26.	г. Калач	3,7	27,5	3,1	555	5,2
27.	Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж)	3,6	78,6	3,2	941	6,8
28.	Вблизи ООО «Сибур» (г. Воронеж)	4,0	75,3	8,2	948	7,2
29.	Вдоль водохранилища (г. Воронеж)	4,0	76,1	8,8	882	7,7
30.	Вблизи аэропорта	3,0	52,7	4,2	418	4,2
31.	Улица г. Воронеж (ул. Ленинградская)	4,9	75,1	7,6	715	7,0
32.	Вдоль трассы М4 (Рамонский р-н)	4,3	55,6	6,5	406	4,1
33.	Вдоль трассы А144 (Аннинский р-н)	3,1	56,6	7,7	442	3,0
34.	Вдоль трассы М4 (Павловский р-н)	2,8	44,8	6,4	376	4,1
35.	Вдоль нескоростной дороги	3,4	23,4	7,6	407	5,2
36.	Вдоль железной дороги	5,3	35,9	6,8	380	4,9
	Среднее значение	3,7	44,1	4,9	525	5,2
	ПДС	200	400	–	–	–

$$KH = \frac{C_{\text{сырье}}}{C_{\text{почва}}} \quad (1)$$

где $C_{\text{сырье}}$ – активность радионуклида в образце травы тысячелистника обыкновенного, Бк/кг; $C_{\text{почва}}$ – активность радионуклида в верхних слоях почвы, Бк/кг [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Определяемые показатели активности радионуклидов в траве тысячелистника обыкновенного приведены в табл. 1.

Результаты исследования растительного сырья показали соответствие образцов сырья тысячелистника обыкновенного требованиям нормативной документации по содержанию искусственных радионуклидов [7]. Содержание естественных радионуклидов в растительном сырье в настоящее время не нормируется.

Для оценки накопления искусственных и природных радионуклидов из почв тысячелистником обыкновенным рассчитывались коэффициенты накопления (табл. 2).

Среднее значение коэффициента накопления стронция-90 составило 0,59, в разных образцах области он варьировал от 0,48 до 0,74. Значения коэффициента накопления цезия-137 колебались от 0,86 до 1,15 при среднем 1,02. Для тория-232 средний коэффициент накопления в траве тысячелистника обыкновенного равен 0,13 и принимал значения в изучаемых образцах от 0,07 до 0,31. Для калия-40 средний коэффициент накопления в сырье составил 1,04 и варьировал от 0,86 до 1,12, а для радия-226 – 0,59 при варьировании от 0,51 до 0,81.

Таким образом, в наибольшей степени в траве тысячелистника обыкновенного накапливаются цезий-137 и калий-40. Всасывание

Таблица 2

**Коэффициенты накопления радионуклидов в траве тысячелистника обыкновенного
(*Achillea millefolium* L.)**

№ п/п	Район сбора	Коэффициенты накопления радионуклидов				
		Стронций-90	Цезий-137	Торий-232	Калий-40	Радий-226
1.	Воронежский биосферный заповедник	0,53	1,01	0,10	1,01	0,69
2.	Хоперский заповедник	0,60	0,92	0,11	0,93	0,62
3.	Борисоглебский район	0,60	0,99	0,12	0,96	0,66
4.	с. Елань-Колено	0,60	1,03	0,07	1,05	0,55
5.	с. Нижнедевицк	0,56	0,95	0,18	0,86	0,48
6.	г. Острогжск	0,56	1,01	0,12	0,87	0,48
7.	г. Семилуки	0,53	0,97	0,07	1,19	0,51
8.	г. Нововоронеж	0,71	1,02	0,07	1,01	0,68
9.	ВЛЭ (г. Нововоронеж)	0,48	1,00	0,11	1,12	0,58
10.	Лискинский р-н	0,65	1,01	0,31	1,19	0,51
11.	Ольховатский р-н	0,57	0,98	0,07	1,04	0,61
12.	Подгоренский р-н	0,53	0,90	0,09	1,02	0,52
13.	Петропавловский р-н	0,59	1,05	0,09	1,04	0,66
14.	Грибановский р-н	0,53	1,01	0,09	1,11	0,58
15.	Хохольский р-н	0,62	1,03	0,07	1,09	0,53
16.	Новохоперский р-н	0,55	0,96	0,09	1,07	0,53
17.	Репьевский р-н	0,60	1,05	0,16	1,04	0,72
18.	Воробьевский р-н	0,60	0,86	0,19	0,99	0,80
19.	Панинский р-н	0,56	1,08	0,13	1,03	0,59
20.	Верхнехавский р-н	0,59	1,08	0,07	1,07	0,81
21.	г. Эртиль	0,56	1,05	0,15	1,05	0,66
22.	Россошанский район	0,54	0,94	0,10	0,97	0,53
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	0,58	1,03	0,10	1,01	0,56
24.	Вблизи ООО «Бормаш» (г. Поворино)	0,67	1,06	0,16	1,09	0,50
25.	г. Борисоглебск	0,60	0,89	0,14	1,06	0,68
26.	г. Калач	0,54	1,11	0,08	1,03	0,64
27.	Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж)	0,56	1,05	0,06	1,05	0,50
28.	Вблизи ООО «Сибур» (г. Воронеж)	0,57	1,04	0,16	1,17	0,53
29.	Вдоль водохранилища (г. Воронеж)	0,54	1,08	0,18	1,09	0,58
30.	Вблизи аэропорта	0,51	1,15	0,12	1,07	0,53
31.	Улица г. Воронеж (ул. Ленинградская)	0,61	1,06	0,16	0,88	0,54
32.	Вдоль трассы М4 (Рамонский р-н)	0,63	1,03	0,20	1,10	0,53
33.	Вдоль трассы А144 (Аннинский р-н)	0,60	1,09	0,19	0,97	0,64
34.	Вдоль трассы М4 (Павловский р-н)	0,61	1,05	0,22	1,07	0,59
35.	Вдоль нескоростной дороги	0,63	1,15	0,19	0,99	0,56
36.	Вдоль железной дороги	0,74	1,04	0,20	1,12	0,63
	Среднее значение	0,59	1,02	0,13	1,04	0,59

растением цезия-137 и калия-40 из почвы связывают с поведением обменного калия. Известно, что растения, которые накапливают в себе высокие концентрации калия, обычно также содержат значительные количества цезия-137 [8]. Калий-40 накапливается в растительных организмах аналогично его нерадиоактивным изотопам и в концентрациях прямо пропорциональных концентрациям в природе. Калий и цезий – элементы одной группы периодической системы, они имеют одинаковые механизмы поступления из почвы в растение и транспортировки в его тканях. Таким образом, накопление цезия-137 в органах растения тесно связано с калием, в том числе с калием-40.

ВЫВОДЫ

1. Проанализировано 36 образцов травы тысячелистника обыкновенного, собранных в различных по уровню антропогенного воз-

действия районах Воронежской области, на предмет активности содержащихся в них естественных и искусственных радионуклидов.

2. Все исследуемые образцы соответствовали требованиям нормативной документации, что позволяет считать лекарственное растительное сырье региона радиационно безопасным.

3. Выявлено, что в большей степени трава тысячелистника обыкновенного накапливает из почв цезий-137 и калий-40 (средние коэффициенты накопления составили 1,02 и 1,04 для цезия-137 и калия-40, соответственно).

4. Стронций-90, радий-226 накапливаются тысячелистником обыкновенным в умеренной степени (средние коэффициенты накопления для обоих радионуклидов составили 0,59), а торий-232 – в незначительной степени (средний коэффициент накопления – 0,13).

5. Полученные данные целесообразно учитывать при заготовке лекарственного расти-

тельного сырья в районах с неизученной радиационной обстановкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьякова, Н.А. Эффективность и радиационная безопасность лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье / Н.А. Дьякова // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2018. – №3 (24). – С.140–143.

2. Дьякова, Н.А. Изучение радионуклидного загрязнения лекарственного сырья Воронежской области на примере листьев подорожника большого и листьев крапивы двудомной / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. – 2017. – №2 – С.148–154.

3. Дьякова, Н.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере корней лопуха обыкновенного / Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Самылина И.А. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2016. – №3. – С.110–115.

4. Великанова, Н.А. Экологическая оценка состояния лекарственного растительного сырья (на примере *Polygonum aviculare* L. и *Plantago major* L.) в урбоусловиях города Воронежа и его окрестностей: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.А. Великанова. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2013. – 21 с.

5. Терешкина, О.И. Оценка риска радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья / О.И. Терешкина, И.П. Рудакова, И.А. Самылина // Фармация. – 2011. – №7. – С.3–6.

6. Dyakova, N.A. Analysis of the relationship between the accumulation of pollutants and principal groups of biologically active substances in medicinal plant raw materials using knotweed (*Polygonum aviculare* L.) and broadleaf plantain (*Plantago major* L.) leaves as examples / N.A. Dyakova, A.I. Slivkin, S.P. Gaponov, A.A. Myndra, I.A. Samylina // Pharmaceutical Chemistry Journal. – 2015. – Т.49. – №6. – 384–387. DOI: 10.1007/s11094-015-1289-6

7. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 2. – М.: ФЭМБ, 2018. – 2303–2323 с.

8. Великанова, Н.А. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа / Н.А. Великанова, С.П. Гапонов, А.И. Сливкин. – LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 101–112 с.

REFERENCES

1. D'yakova N.A. Effektivnost' i radiacionnaya bezopasnost' lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya podorozhnika bol'shogo, sobrannogo v Central'nom Chernozem'e [Effectiveness and radiation safety of medicinal vegetable raw materials of a plantain big, collected in the Central Black Earth]. *Razrabotka i registraciya lekarstvennyh sredstv*, 2018, no3, pp. 140-143.

2. D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P. Izuchenie radionuklidnogo zagryazneniya lekarstvennogo syr'ya Voronezhskoj oblasti na primere list'ev podorozhnika

bol'shogo i list'ev krapivy dvudomnoj [Studying of radio nuclide pollution of medicinal raw materials of the Voronezh region on the example of leaves of a plantain big and leaves of a nettle a two-blast furnace]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya*, 2017, no 2, pp. 148-154.

3. D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Samylina I.A. Ocenka radionuklidnogo zagryazneniya lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya Voronezhskoj oblasti na primere kornej lopuha obyknovennogo [Assessment of radio nuclide pollution of medicinal vegetable raw materials of the Voronezh region on the example of roots of a burdock ordinary]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya*, 2016, no 3, pp. 110-115.

4. Velikanova N.A. Ekologicheskaya ocenka sostoyaniya lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya (na primere *Polygonum aviculare* L. i *Plantago major* L.) v urbousloviyah goroda Voronezha i ego okrestnostej : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. [Ecological assessment of a condition of medicinal vegetable raw materials (on the example of *Polygonum aviculare* L. and *Plantago major* L.) in the urbanized conditions of the city of Voronezh and its vicinities: abstract of the thesis... Candidate of Biology]. Voronezh, Izd-vo VGU, 2013, 21 p.

5. Tereshkina O.I., Rudakova I.P., Samylina I.A. Ocenka riska radionuklidnogo zagryazneniya lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya [Assessment of risk of radio nuclide pollution of medicinal vegetable raw materials]. *Farmaciya*, 2011, no7, pp. 3-6.

6. Dyakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Myndra A.A., Samylina I.A. Analysis of the relationship between the accumulation of pollutants and principal groups of biologically active substances in medicinal plant raw materials using knotweed (*Polygonum aviculare* L.) and broadleaf plantain (*Plantago major* L.) leaves as examples. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 2015. T. 49. no 6. pp. 384-387. DOI: 10.1007/s11094-015-1289-6

7. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossijskoj Federacii. Izdanie XIV [State pharmacopeia of the Russian Federation. Edition XIV], 2018, Vol. 2, Moscow, FEMB, 2303-2323 p.

8. Velikanova, N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.I. Ekooценка лекарственного растительного сырья в urbousloviyah g. Voronezha [Ecological assessment of medicinal vegetable raw materials in the urbousloviyah of Voronezh]. LAMBERT Academic Publishing, 2013, 101-112 p.

Адрес автора

К.б.н. Дьякова Н.А., ассистент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии

Ninotchka_V89@mail.ru