



УДК 574.24:615.322

Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере цветков пижмы обыкновенной

Н. А. Дьякова

Дьякова Нина Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, Воронежский государственный университет, Ninochka_V89@mail.ru

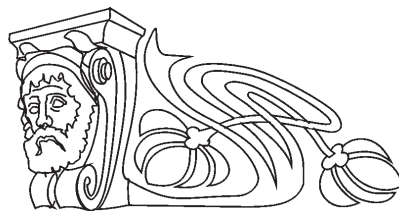
Воронежская область традиционно является важнейшим районом растениеводства и земледелия. Цель исследования – изучение загрязнения естественными и искусственными радионуклидами лекарственного растительного сырья в Воронежском регионе на примере цветков пижмы обыкновенной, собранных по всей территории области в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие. В рамках проведения исследования в 36 образцах лекарственного растительного сырья 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 радионуклидов из почв в цветках пижмы обыкновенной, использовали коэффициенты накопления. Среднее значение коэффициента накопления стронция-90 составило 0,59, в разных образцах он варьировал от 0,47 до 0,70. Коэффициенты накопления цезия-137 колебались от 0,55 до 0,94 при среднем 0,70. Для тория-232 средний коэффициент накопления в цветках пижмы обыкновенной равен 0,17 и принимал значения в изучаемых образцах от 0,11 до 0,23. Для калия-40 средний коэффициент накопления в сырье составил 0,90 и варьировал от 0,72 до 1,15, а для радия-226 – 0,46 при варьировании от 0,38 до 0,68. Таким образом, в наибольшей степени в цветках пижмы обыкновенной накапливаются цезий-137 и калий-40. По степени накопления того или иного радионуклида в растительном сырье пижмы обыкновенной можно судить о содержании радионуклидов в почве.

Ключевые слова: Центральное Черноземье, пижма обыкновенная, радионуклиды, коэффициент накопления.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-1-102-108>

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].

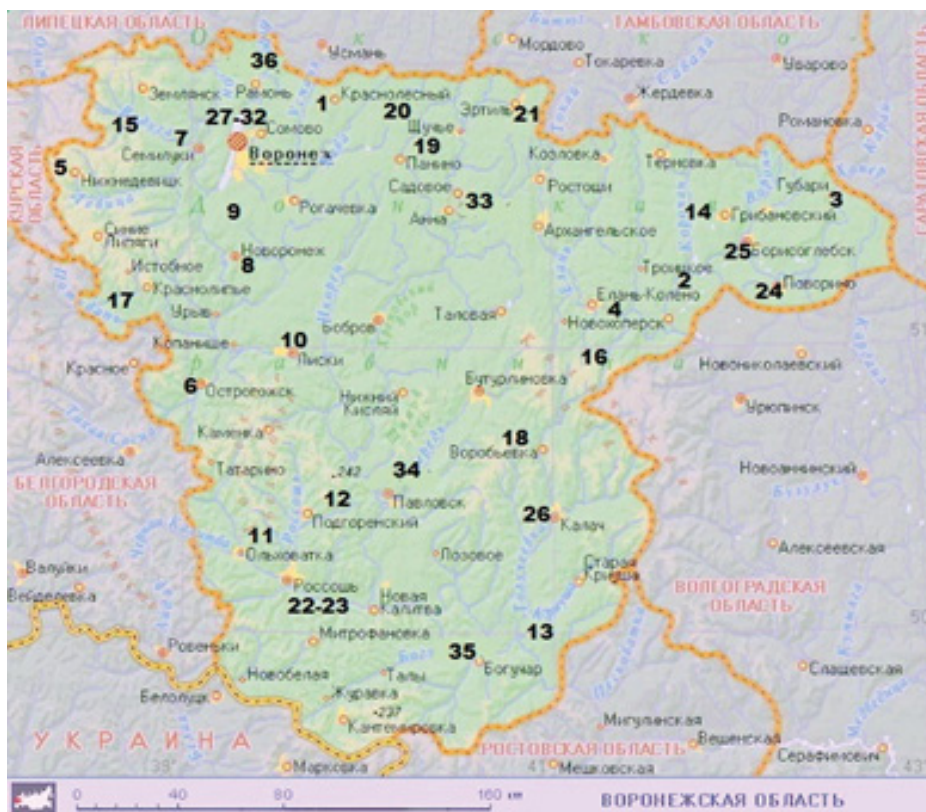


Воронежская область традиционно является важнейшим районом растениеводства и земледелия. Однако освоение минеральных ресурсов, активная химизация в сельском хозяйстве, последствия Чернобыльской аварии актуализировали вопрос снабжения пищевой промышленности безопасным и эффективным растительным сырьем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

Цель исследования – изучение загрязнения естественными и искусственными радионуклидами лекарственного растительного сырья пижмы обыкновенной, собранного по всей территории Воронежской области в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие.

Материалы и методы

Выбор территорий для сбора образцов в Воронежской области – среднестатистическом регионе Центрального Черноземья – обусловлен особенностями воздействия человека (рисунок): в качестве сравнения (фона) – заповедные территории (Воронежский природный биосферный заповедник (1); Хоперский государственный природный заповедник (2, 3); зона крупного месторождения сульфидных медно-никелевых руд (4); районы, находящиеся в зоне загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС (5–7); атомная электростанция (АЭС) (8); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (9); районы активной сельскохозяйственной деятельности (10–22); промышленные химические предприятия) (23, 24, 28); малые города с развитой инфраструктурой: Борисоглебск (25), Калач (26); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) (27); городское водохранилище (29); аэропорт (30); ул. Ленинградская, г. Воронеж (31). Также проводили отбор вдоль дорог разной степени загруженности и в разных природных зонах: лесная зона (Рамонский район) (32) – трасса М4 «Дон»; лесостепная зона (Аннинский район (33)) – трасса А 144



Карта заготовки лекарственного растительного сырья (цифры расшифрованы выше)
Map of the preparation of medicinal vegetable raw materials (figures deciphered above)

«Курск – Саратов», степная зона (Павловский район) (34) – трасса М4 «Дон»; проселочная автомобильная дорога малой загруженности (Богучарский район) (35) и железнодорожные пути (Рамонский район) (36).

Объектом исследования были выбраны цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.). Пижма обыкновенная является многолетним синантропным растением, произрастающим в Воронежской области повсеместно [6]. Кроме того, для исследования механизма загрязнения растительного сырья для анализа отбирали пробы верхних слоев почв (с глубины 0–10 см от поверхности) [7].

Таким образом, было отобрано по 36 образцов лекарственного растительного сырья и верхних слоев почв, на которых произрастали растения. Определение содержания искусственных и естественных радионуклидов в цветках пижмы обыкновенной и в верхних слоях почв проводили с использованием спектрометра-радиометра МКГБ-01 «РАДЭК». Изучали активность естественных (калий-40, торий-232, радий-226) и основных искусственных (стронций-90, цезий-137) радионуклидов [7]. Каждое определение проводили трехкратно. Данные, полученные в

ходе исследования изучаемых образцов на содержание радионуклидов, статистически обрабатывали с помощью программы «Microsoft Excel».

Чтобы оценить возможность накопления из почвы различных радионуклидов в цветках пижмы обыкновенной, использовали коэффициент накопления (КН), рассчитанный по формуле:

$$КН = \frac{C_{\text{сырье}}}{C_{\text{почва}}},$$

где $C_{\text{сырье}}$ – активность радионуклида в образце цветков пижмы обыкновенной, Бк/кг; $C_{\text{почва}}$ – активность радионуклида в верхних слоях почвы, Бк/кг [1].

Результаты и их обсуждение

Определяемые показатели активности радионуклидов в цветках пижмы обыкновенной приведены в табл. 1.

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



Таблица 1 / Table 1

**Активность радионуклидов в образцах цветков пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.)
Radionuclide activity in samples of common pyjma flowers (*Tanacetum vulgare* L.)**

№	Район сбора / Area of collecting	Активность радионуклидов, Бк/кг / Activity of radionuclides, Bq/kg				
		Стронций-90 / Strontium-90	Цезий-137 / Caesium-137	Торий-232 / Thorium-232	Калий-40 / Potassium-40	Радий-226 / Radium-226
1	Воронежский биосферный заповедник / Voronezh biosphere reserve	3,2±0,8	38,3±4,2	6,7±1,9	284±45	3,0±0,9
2	Хоперский заповедник / Khopyor reserve	3,1±0,5	18,7±3,9	6,2±1,5	315±32	3,1±0,5
3	Борисоглебский район / Borisoglebsk district	3,0±0,4	19,4±1,9	6,3±2,4	376±63	2,8±0,4
4	с. Елань-Колено // village of Elan-Koleno	2,8±0,7	21,2±4,8	6,4±3,0	384±28	3,0±0,6
5	с. Нижнедевицк / village of Nizhnedevitsk	5,6±0,4	27,6±3,8	6,0±2,4	415±72	3,8±0,8
6	г. Острогожск / city of Ostrogzhsk	4,1±0,6	29,5±4,2	7,8±3,9	511±73	3,9±1,0
7	г. Семилуки / city of Semiluki	4,3±0,7	36,4±6,3	7,6±2,7	486±80	4,1±0,5
8	г. Нововоронеж / city of Novovoronezh	2,6±0,5	41,2±4,2	8,3±3,6	415±53	3,7±0,7
9	ВЛЭ (Нововоронежский городской округ) / High-voltage power transmission lines (Novovoronezhsky city district)	4,2±0,6	37,5±5,2	6,0±1,7	408±43	4,0±0,6
10	Лискинский р-н / Liskinsky district	2,4±0,4	29,6±3,0	5,7±3,0	297±62	3,6±0,7
11	Ольховатский р-н / Olkhovatsky district	4,1±0,8	30,0±4,2	5,2±2,2	473±52	3,7±0,4
12	Подгоренский р-н / Podgorensky district	4,4±0,6	31,2±4,0	5,0±1,9	549±48	3,6±0,6
13	Петропавловский р-н / Peter and Paul district	3,8±0,8	21,8±3,8	7,4±2,9	532±63	3,9±0,8
14	Грибановский р-н / Gribanovsky district	3,9±0,9	16,3±2,8	7,2±3,3	422±61	4,3±0,5
15	Хохольский р-н / Hokholsky district	5,1±1,0	34,5±4,5	7,9±1,6	521±72	4,2±1,0
16	Новохоперский р-н / New Khopyor district	3,7±0,6	20,2±1,9	7,6±3,7	434±70	4,5±1,2
17	Репьевский р-н / Repyevsky district	3,9±0,8	34,1±4,0	8,1±2,5	502±61	4,0±0,7
18	Воробьевский р-н / Vorobyevsky district	3,2±0,5	16,3±2,7	6,8±3,1	427±34	3,7±0,8
19	Панинский р-н / Paninsky district	3,8±0,7	29,1±2,8	6,2±4,4	444±65	3,6±0,6
20	Верхнехавский р-н / Verkhnekhavsky district	4,5±0,6	30,4±5,2	6,0±2,0	423±73	3,9±0,7
21	г. Эртиль / city of Ertil	4,7±0,6	22,1±4,8	5,9±3,8	425±70	4,2±0,5
22	Россошанский район / Rossosh district	4,0±0,8	27,9±3,4	5,4±2,2	487±64	3,7±0,6
23	Вблизи ОАО «Минудобрения» (г. Россошь) / Near OJSC «Minudobriya» (city of Rossoch)	4,0±0,4	26,1±3,3	5,6±1,7	509±65	3,8±0,6
24	Вблизи ООО «Бормаш» (г. Поворино) / Near LLC «Bormash» (city of Povorino)	3,0±0,7	15,4±1,8	4,2±1,2	367±48	4,0±0,7
25	г. Борисоглебск / city of Borisoglebsk	3,2±0,4	16,2±1,5	5,7±2,0	395±83	4,5±0,5
26	г. Калач / city of Kalach	4,2±0,9	17,5±3,9	5,9±3,3	518±45	4,1±0,8
27	Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж) / Near «VOGRES» Thermal Power Plant (city of Voronezh)	4,0±1,0	52,1±5,9	7,3±1,8	627±90	5,7±0,9
28	Вблизи ООО «Сибур» (г. Воронеж) / Near LLC «Sibur» (city of Voronezh)	4,5±1,2	48,4±3,0	6,9±2,6	601±83	5,2±1,2
29	Вдоль водохранилища (г. Воронеж) / Along the reservoir (city of Voronezh)	4,4±0,5	42,6±5,7	7,2±1,7	594±67	5,1±1,0
30	Вблизи аэропорта / Near the airport	3,2±0,4	28,4±4,1	5,4±2,8	387±75	4,1±0,3



Окончание табл. 1 / End of the table 1

№	Район сбора / Area of collecting	Активность радионуклидов, Бк/кг / Activity of radionuclides, Bq/kg				
		Стронций-90 / Strontium-90	Цезий-137 / Caesium-137	Торий-232 / Thorium-232	Калий-40 / Potassium-40	Радий-226 / Radium-226
31	Улица, г. Воронеж (ул. Ленинградская) / city of Voronezh Street (Leningrad Str.)	5,0±0,7	46,2±2,8	7,6±3,8	611±49	5,7±0,6
32	Вдоль трассы М4 (Рамонский р-н) / Along the M4 route (Ramon district)	4,0±0,7	37,2±6,2	3,8±2,2	374±60	3,8±0,8
33	Вдоль трассы А144 (Аннинский р-н) / Along the А144 route (Anna district)	2,8±0,5	35,4±6,3	5,7±3,6	418±73	2,9±0,3
34	Вдоль трассы М4 (Павловский р-н) / Along the M4 route (Pavlovsk district)	2,1±0,6	29,7±3,5	5,3±2,8	333±58	3,4±0,4
35	Вдоль нескоростной дороги (Богучарский р-н) / Along the non-high-speed road (Boguchar district)	3,1±0,8	17,6±4,6	6,1±1,6	472±45	3,8±0,5
36	Вдоль железной дороги / Along the railroad	4,3±0,6	25,5±2,7	6,0±3,1	364±56	3,4±0,7
Среднее значение / Average value		3,5	3,8	29,2	6,3	447
Предельно допустимое содержание / Maximum permissible contents		200	400	–	–	–

Для оценки накопления искусственных и природных радионуклидов из почв в цветках пижмы обыкновенной рассчитывались коэффициенты накопления (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Коэффициенты накопления радионуклидов в цветках пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.)
Radionuclide accumulation coefficients in common pyjma flowers (*Tanacetum vulgare* L.)

№	Район сбора / Area of collecting	Коэффициент накопления радионуклидов / Coefficients of accumulation of radionuclides				
		Стронций-90 / Strontium-90	Цезий-137 / Caesium-137	Торий-232 / Thorium-232	Калий-40 / Potassium-40	Радий-226 / Radium-226
1	Воронежский биосферный заповедник / Voronezh biosphere reserve	0,47	0,74	0,21	0,91	0,56
2	Хоперский заповедник / Khopyor reserve	0,58	0,78	0,19	0,72	0,60
3	Борисоглебский район / Borisoglebsk district	0,60	0,94	0,21	0,92	0,68
4	с. Елань-Колено // village of Elan-Koleno	0,60	0,82	0,17	0,83	0,45
5	с. Нижнедевицк / village of Nizhnedevitsk	0,62	0,55	0,20	0,86	0,42
6	г. Острогожск / city of Ostrogzhsk	0,58	0,59	0,19	0,86	0,40
7	г. Семилуки / city of Semiluki	0,55	0,61	0,21	0,96	0,37
8	г. Нововоронеж / city of Novovoronezh	0,62	0,71	0,20	0,85	0,41
9	ВЛЭ (Нововоронежский городской округ) / High-voltage power transmission lines (Novovoronezhsky city district)	0,63	0,63	0,19	0,85	0,40
10	Лискинский р-н / Liskinsky district	0,56	0,68	0,23	0,87	0,44
11	Ольховатский р-н / Olkhovatsky district	0,68	0,72	0,12	0,96	0,43
12	Подгоренский р-н / Podgorensky district	0,65	0,77	0,12	0,94	0,44
13	Петропавловский р-н / Peter and Paul district	0,70	0,83	0,20	0,94	0,42
14	Грибановский р-н / Gribanovsky district	0,68	0,68	0,18	0,92	0,44
15	Хохольский р-н / Hokholsky district	0,65	0,66	0,19	0,92	0,42



Окончание табл. 2 / End of the table 2

№	Район сбора / Area of collecting	Коэффициенты накопления радионуклидов / Coefficients of accumulation of radionuclides				
		Стронций-90 / Strontium-90	Цезий-137 / Caesium-137	Торий-232 / Thorium-232	Калий-40 / Potassium-40	Радий-226 / Radium-226
16	Новохоперский р-н / New Khopyor district	0,60	0,82	0,18	0,91	0,43
17	Репьевский р-н / Repyevsky district	0,50	0,67	0,23	0,99	0,45
18	Воробьевский р-н / Vorobyevsky district	0,60	0,76	0,19	0,97	0,44
19	Панинский р-н / Paninsky district	0,54	0,68	0,13	0,92	0,37
20	Верхнехавский р-н / Verkhnekhavsky district	0,54	0,57	0,12	0,87	0,45
21	г. Эртиль / city of Ertil	0,54	0,72	0,15	0,89	0,45
22	Россошанский район / Rossosh district	0,60	0,64	0,13	0,84	0,45
23	Вблизи ОАО «Минудобрения» (г. Россошь) / Near OJSC «Minudobriya» (city of Rossoch)	0,63	0,64	0,13	0,88	0,43
24	Вблизи ООО «Бормаш» (г. Поворино) / Near LLC «Bormash» (city of Povorino)	0,58	0,65	0,15	0,96	0,44
25	г. Борисоглебск / city of Borisoglebsk	0,60	0,65	0,18	0,92	0,54
26	г. Калач / city of Kalach	0,62	0,71	0,16	0,96	0,51
27	Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж) / Near “VOGRES” Thermal Power Plant (city of Voronezh)	0,63	0,70	0,14	0,70	0,42
28	Вблизи ООО «Сибур» (г. Воронеж) / Near LLC “Sibur” (city of Voronezh)	0,64	0,67	0,14	0,74	0,39
29	Вдоль водохранилища (г. Воронеж) / Along the reservoir (city of Voronezh)	0,59	0,60	0,15	0,73	0,38
30	Вблизи аэропорта / Near the airport	0,54	0,62	0,15	0,99	0,51
31	Улица г. Воронеж (ул. Ленинградская) / city of Voronezh Street (Leningrad Str.)	0,63	0,65	0,16	0,75	0,44
32	Вдоль трассы М4 (Рамонский р-н) / Along the M4 route (Ramon district)	0,59	0,69	0,11	1,02	0,49
33	Вдоль трассы А144 (Аннинский р-н) / Along the A144 route (Anna district)	0,54	0,68	0,14	0,91	0,62
34	Вдоль трассы М4 (Павловский р-н) / Along the M4 route (Pavlovsk district)	0,46	0,70	0,19	0,95	0,49
35	Вдоль нескоростной дороги (Богучарский р-н) / Along the non-high-speed road (Boguchar district)	0,57	0,86	0,16	1,15	0,41
36	Вдоль железной дороги / Along the railroad	0,60	0,74	0,18	1,07	0,44
Среднее значение / Average value		0,59	0,70	0,17	0,90	0,46

Среднее значение коэффициента накопления стронция-90 составило 0,59, в разных образцах области он варьировал от 0,47 до 0,70. Коэффициент накопления цезия-137 колебался от 0,55 до 0,94 при среднем 0,70. Для тория-232 средний коэффициент накопления в цветках пижмы обыкновенной равен 0,17 и принимал значения в изучаемых образцах от 0,11 до 0,23. Для калия-40 средний коэффициент накопления

в сырье составил 0,90 и варьировал 0,72 до 1,15, а для радия-226 – 0,46 при варьировании от 0,38 до 0,68.

Таким образом, в наибольшей степени в цветках пижмы обыкновенной накапливаются цезий-137 и калий-40. Всасывание растением цезия-137 и калия-40 из почвы связывают с поведением обменного калия. Известно, что в растениях, в которых накапливаются высокие



концентрации калия, обычно также содержится значительное количество цезия-137. 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 – имеют одинаковые механизмы поступления из почвы в растения и транспортировки в их тканях. Таким образом, накопление цезия-137 в определенных органах растения тесно связано с калием, в том числе с калием-40.

Заключение

Конкретный вид растения может служить в биоиндикационных целях. По степени накопления того или иного радионуклида в растительном сырье пижмы обыкновенной можно судить о содержании радионуклидов в почве. Было проанализировано 36 образцов цветков пижмы обыкновенной, собранных в различных по уровню антропогенного воздействия районах Воронежской области, на предмет активности содержащихся в них естественных и искусственных радионуклидов. Все исследуемые образцы оказались соответствующими требованиям нормативной документации. Выявлено, что в большей степени в цветках пижмы обыкновенной накапливаются из почв цезий-137 и

калий-40 (средние коэффициенты накопления составили 0,70 и 0,90 для цезия-137 и калия-40 соответственно).

Список литературы

1. Дьякова Н. А. Эффективность и радиационная безопасность лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2018. № 3. С. 140–143.
2. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия. М. : Логос, 2011. 628 с.
3. Buszewski B., Jastrzebska A., Kowalkowski T. Monitoring of Selected Heavy Metals Uptake by Plants and Soils in the Area of Torun // Poland Polish Journal of Environmental Studies. 2000. Vol. 9, № 6. P. 511–515.
4. Шугабаева Г. Н. Тяжелые металлы в почвах некоторых районов г. Тюмени // Вестник ТюмГУ. Экология и природопользование. 2015. Т. 1, № 2. С. 92–102.
5. Терешкина О. И., Рудакова И. П., Самылина И. А. Оценка риска радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья // Фармация. 2011. № 7. С. 3–6.
6. Williams C. A., Harborne J. B., Eagles J. Variations in lipophilic and polar flavonoids in the genus *Tanacetum* // Phytochemistry. 1999. № 52. P. 1301–1306.
7. Государственная фармакопея Российской Федерации. 14-е изд. М. : ФЭМБ, 2018. Т. 2. С. 2303–2323.

Образец для цитирования:

Дьякова Н. А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере цветков пижмы обыкновенной // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 102–108. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-1-102-108>

Assessment of Radionuclide Pollution of Medicinal Vegetable Raw Materials of the Voronezh Region on the Example of Flowers of Pizhma Ordinary

N. A. Dyakova

Nina A. Dyakova, <https://orcid.org/0000-0002-0766-3881>, Voronezh State University, 1 University Sq., Voronezh 394006, Russia, Ninochka_V89@mail.ru

The Voronezh region traditionally is the most important region of crop production and agriculture. A research objective was the study of pollution by natural and artificial radionuclides of medicinal vegetable raw materials in the Voronezh region on flowers of a tansy ordinary, collected across all territory of the area in urbo-and the agroecosystems which are affected by various anthropogenic influence. By carrying out research in 36 samples of medicinal vegetable raw materials and the top layers of soils on which plants grew, the activity of artificial and natural radio-

nuclides (strontium-90, caesium-137, potassium-40, thorium-232, radium-226) was defined. All samples meet the available requirements of standard documentation on activity of radionuclides. To estimate the accumulation of radionuclides from soils flowers of a tansy ordinary were used to measure the accumulation coefficients. The average value of coefficient of accumulation of strontium-90 was 0.59, in different samples of area it varied from 0.47 to 0.70. Coefficients of accumulation of caesium-137 fluctuated from 0.55 to 0.94 at an average 0.70. For thorium-232 the average coefficient of accumulation in flowers of a tansy ordinary is 0.17 and values in the studied samples ranged from 0.11 to 0.23. For potassium-40 the average coefficient of accumulation in raw materials was 0.90 and varied from 0.72 up to 1.15, and for radium-226 – 0.46 with a variation from 0.38 to 0.68. Thus, most in flowers of a tansy ordinary caesium-137 and potassium-40 collect. By the extent of accumulation of this or that radionuclide in vegetable raw materials of a tansy ordinary it is possible to judge the content of radionuclides in the soil.

Keywords: Central Black Earth, ordinary tansy, radionuclides, accumulation coefficient.



References

1. D'yakova N. A. Effectiveness and radiation safety of medicinal vegetable raw materials of a plantain big, collected in the Central Black Earth. *Drug Development and Registration*, 2018, no. 3, pp. 140–143 (in Russian).
2. Alekseyenko V. A. *Ekologicheskaya geokhimiya* [Ecological geochemistry]. Moscow, Logos Publ., 2011. 628 p. (in Russian).
3. Buszewski B., Jastrzebska A., Kowalkowski T. Monitoring of Selected Heavy Metals Uptake by Plants and Soils in the Area of Torun. *Poland Polish Journal of Environmental Studies*, 2000, vol. 9, no. 6, pp. 511–515.
4. Shigabayeva G. N. Heavy metals in soils of some districts of Tyumen. *Tyumen State University Herald. Natural Resource and Ecology*, 2015, vol. 1, no. 2, pp. 92–102 (in Russian).
5. Tereshkina O. I., Rudakova I. P., Samylina I. A. Assessment of risk of radio nuclide pollution of medicinal vegetable raw materials. *Farmacya*, 2011, no. 7, pp. 3–6 (in Russian).
6. Williams C. A., Harborne J. B., Eagles J. Variations in lipophilic and polar flavonoids in the genus *Tanacetum*. *Phytochemistry*, 1999, no. 52, pp. 1301–1306.
7. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii* [State pharmacopeia of the Russian Federation]. 14 ed. Moscow, Federal Electronic Medical Library, 2018, vol. 2, pp. 2303–2323 (in Russian).

Cite this article as:

Dyakova N. A. Assessment of Radionuclide Pollution of Medicinal Vegetable Raw Materials of the Voronezh Region on the Example of Flowers of Pizhma Ordinary. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 102–108 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-1-102-108>
