

12. Berber A. S., Tavşanoğlu Ç., Can Turgay O. Effects of surface fire on soil properties in a mixed chestnut-beech-pine forest in Turkey // *Flamma*. – 2015. – №6 (2). – P.78-80.
13. Cancelo-Gonzalez J., Rial-Rivas M., Diaz-Fierros, F. Colourimetric variations in burnt granitic forest soils in relation to fire severity // *Ecological Indicators*. – 2014. – P. 92-100.
14. Chandler C., Cheney, P., Thomas, P., Trabaud, L., Williams, D., 1983. Fire in Forestry. Forest Fire Behavior and Effects, vol. I. Wiley, New York, NY. – 298 p.
15. Harris W.N., Moretto A.S., Distel R. A., Boutton Th.W., Boo R.M. Fire and grazing in grasslands of the Argentine Caldenal: Effects on plant and soil carbon and nitrogen // *Acta Oecologica*. – 2007. – № 32. – P. 207- 214.
16. Hedo J., Lucas-Borja M. E., Wic C., Andrés-Abellán M., Las Heras J. Soil microbiological properties and enzymatic activities of long-term post-fire recovery in dry and semiarid Aleppo pine (*Pinus halepensis* M.) forest stands // *Solid Earth*. – 2015. – №6. – P.243–252.

*Статья поступила в редакцию 17.50.2020 г.*

**Odabashyan M.Y., Trushkov A.V., Kazeev K.Sh., Minnikova T.V., Kolesnikov S.I. Complex effect of pyrogenic impact factors on biological properties of chernozems** // *Bull. of the State Nikita Botan. Gard*. – 2020. – № 134. – P. 80-87.

For the first time, the influence of pyrogenic effects on the biological condition of the ordinary chernozem of the Rostov region. In model experiments in 2017-2019 investigated the change in the biological properties of the soil when exposed to the flame of a gas burner (duration 1, 2, 3 minutes), infrared radiation (to a temperature of 100, 200 and 400°C), as well as smoke from straw combustion at different temperatures (52 and 139°C for 3, 9 and 30 minutes). When exposed to fire, smoke and infrared radiation revealed a decrease in the values of biological indicators. Enzyme activity decreases when exposed to gas burner by 17-30%, when exposed to infrared radiation - by 55-84%, and when exposed to hot (136°C) smoke - by 16-32%. The degree of reduction depended on the duration of exposure, soil moisture and temperature. Microbial biomass is reduced - by 35-52% when exposed to the fire of a gas burner, 49-68% when exposed to infrared radiation, and 10-35% when exposed to smoke.

**Key words:** *chernozem ordinary; pyrogenic factor; infrared radiation; smoke; enzyme activity; microbiological activity; biodiagnostics*

УДК 574.24:615.322

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-87-93

## ОЦЕНКА РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ ЦВЕТКОВ ЛИПЫ СЕРДЦЕВИДНОЙ

**Нина Алексеевна Дьякова**

ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет, г. Воронеж  
394007, г. Воронеж, Университетская пл., 1  
E-mail: Ninochka\_V89@mail.ru

В рамках проведения исследования в 36 образцах лекарственного растительного сырья липы сердцевидной 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. Среднее значение коэффициента накопления стронция-90 составило 0,39, в разных образцах области он варьировал от 0,31 до 0,60. Коэффициенты накопления цезия-137 колебались от 0,29

до 0,65 при среднем 0,39. Для тория-232 средний коэффициент накопления в цветках липы сердцевидной равен 0,15 и принимал значения в изучаемых образцах от 0,09 до 0,231. Для калия-40 средний коэффициент накопления в сырье составил 0,98 и варьировал 0,71 до 1,29, а для радия-226 – 0,47 при варьировании от 0,39 до 0,59.

**Ключевые слова:** Центральное Черноземье; липа сердцевидная; радионуклиды; коэффициент накопления

### Введение

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 [1, 3].

Одним из районов радиоактивного загрязнения более, чем 30-летней давности, является Воронежская область - традиционный район земледелия и растениеводства [4, 5]. 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 [6, 7, 9].

Целью исследования являлось изучение загрязнения естественными (калий-40, торий-232, радий-226) и искусственными (стронций-90, цезий-137) радионуклидами цветков липы сердцевидной, собранных по всей территории Воронежского региона в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие. Актуальность данного исследования заключается в научной оценке накопления радионуклидов в живых организмах вообще, и в лекарственном растительном сырье в частности.

### Объекты и методы исследования

Выбор территорий для сбора образцов на территории Воронежской области обусловлен особенностями воздействия человека (рис. 1, табл.1,2): химические промышленные предприятия (рис. 1: 23, 24, 28); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) (рис. 1: 27); атомная электростанция (АЭС) в г. Нововоронеж (рис. 1: 8); международный аэропорт им. Петра I (рис.1: 30); улица г. Воронежа (ул. Димитрова) (рис. 1: 31); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (рис. 1: 9); Воронежское водохранилище (рис. 1: 29); малые города (г. Борисоглебск (рис. 1: 25), г. Калач (рис. 1: 26)); зона значительного месторождения никелевых руд (рис. 1: 4); районы, находящиеся в зоне радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС (рис. 1: 5-7); районы активного ведения сельского хозяйства (рис. 1: 10-22); фон (для сравнения) – заповедные территории (рис. 1: 1,2,3)). Также проводили отбор проб вдоль дорог разной степени загруженности: лесная зона (рис. 1: 32) - трасса М4 «Дон», лесостепная зона (рис. 1: 33) – трасса А144 «Курск-Саратов», степная зона (рис. 1: 34) - трасса М4 «Дон», проселочная автомобильная дорога малой загруженности (рис. 1: 35) и железная дорога (рис. 1: 36).

Объектом исследования были выбраны цветки липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.). Липа сердцевидная является древесным синантропным растением, произрастающим на всей территории Центрального Черноземья [7, 8]. Кроме того, для исследования накопительной способности цветков липы сердцевидной в отношении радионуклидов для анализа отбирали пробы верхних слоев почв (с глубины 0-10 см от поверхности).



Рис. 1 Карта заготовки лекарственного растительного сырья (цифровые обозначения расшифрованы выше).

Определение содержания искусственных и естественных радионуклидов в цветках липы сердцевидной и в верхних слоях почв проводили с использованием спектрометра–радиометра МКГБ-01 «РАДЭК» по стандартной фармакопейной методике [2]. Данные, полученные в ходе исследований изучаемых образцов на содержание радионуклидов, статистически обрабатывали с помощью программы «Microsoft Excel».

Чтобы оценить возможность накопления из почвы различных радионуклидов цветками липы сердцевидной, использовали коэффициент накопления (КН):

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

где  $C_{\text{сырье}}$  – активность радионуклида в образце цветков липы сердцевидной, Бк/кг;  $C_{\text{почва}}$  – активность радионуклида в верхних слоях почвы, Бк/кг [5,10].

### Результаты и обсуждение

Определяемые показатели активности радионуклидов в цветках липы сердцевидной приведены в табл. 1.

Таблица 1

Активность радионуклидов в образцах цветков липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.)

Территория сбора	Активность радионуклидов, Бк/кг				
	Стронций-90	Цезий-137	Торий-232	Калий-40	Радий-226
1	2	3	4	5	6
Воронежский природный биосферный заповедник	2,6±0,8	26,3±1,8	4,6±1,6	325±54	2,8±0,9
Хоперский государственный природный заповедник	2,1±0,6	10,1±2,6	4,2±2,8	416±32	2,4±0,6
с. Макашевка (Борисоглебский район)	2,5±1,0	8,5±1,0	5,3±2,0	419±67	2,3±1,1

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
с. Елань-Колено	2,7±1,3	9,6±0,6	5,7±2,7	451±41	3,7±0,6
с. Нижнедевицк	3,0±0,6	17,2±1,7	6,3±1,9	493±38	5,4±0,9
г. Острогожск	3,1±0,8	17,4±1,4	5,9±2,7	610±50	4,7±0,4
г. Семилуки	2,8±0,6	19,2±2,0	6,2±3,5	445±67	5,2±1,2
г. Нововоронеж	2,5±0,7	19,5±2,1	5,2±1,8	459±52	4,9±0,7
ВЛЭ	2,1±0,5	20,7±1,7	4,7±0,6	442±42	4,7±0,5
Лискинский район	2,1±0,9	14,3±2,4	5,2±1,9	369±59	4,0±0,9
Ольховатский район	2,2±1,2	13,5±1,6	6,7±2,8	483±67	3,9±0,8
Подгоренский район	2,7±1,1	12,7±1,2	6,9±3,6	493±66	4,5±0,5
Петропавловский район	2,0±0,6	13,4±1,9	7,3±2,8	515±84	4,6±1,0
Грибановский район	2,1±1,0	14,2±1,1	5,7±0,9	483±54	4,9±0,4
Хохольский район	2,6±0,7	21,5±2,0	6,0±3,9	517±76	4,7±0,8
Новохоперский район	2,3±0,9	10,3±0,9	6,3±2,7	497±48	5,2±0,3
Репьевский район	2,5±0,5	19,7±1,8	5,7±3,5	462±60	3,9±0,7
Воробьевский район	2,1±0,8	13,9±1,4	5,9±4,0	485±44	3,7±0,9
Панинский район	2,4±1,1	20,4±2,7	4,9±1,7	499±77	4,0±0,6
Верхнехавский район	2,9±1,0	22,1±1,6	4,7±2,0	523±48	4,1±0,8
г. Эртиль	3,1±1,3	12,3±2,3	6,2±3,6	505±63	4,3±1,0
Россошанский район	2,3±0,9	18,2±1,5	6,1±4,2	529±68	3,7±0,4
Вблизи ОАО «Минудобрения»	2,1±0,5	15,6±1,8	7,3±3,6	461±105	3,9±0,5
Вблизи ООО «Бормаш»	2,0±0,8	9,9±0,7	4,1±2,7	409±76	4,0±0,4
г. Борисоглебск	2,0±0,4	8,3±2,1	3,8±1,9	483±72	4,0±0,9
г. Калач	2,1±0,9	9,1±1,9	3,9±2,4	501±59	3,2±0,6
Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС»	2,7±0,3	21,3±2,9	6,9±3,0	596±65	6,1±0,5
Вблизи ООО «Сибур»	2,9±0,8	20,9±1,5	7,2±3,6	573±84	6,6±0,9
Вдоль Воронежского вдхр.	2,8±1,0	19,6±0,7	7,6±3,9	511±37	5,9±1,0
Аэропорт им. Петра I	2,7±1,8	18,1±1,7	4,6±2,7	432±92	3,2±0,3
Улица г. Воронеж (ул. Димитрова)	2,6±1,2	20,5±2,6	6,7±2,5	578±85	5,0±0,5
Вдоль трассы М4 (Рамонский район)	2,1±1,0	17,2±1,3	5,5±2,1	476±71	3,8±0,9
Вдоль трассы А144	2,0±0,4	16,7±1,9	5,2±2,9	489±63	2,0±0,7
Вдоль трассы М4 (Павловский район)	2,1±1,0	15,3±2,0	4,3±1,5	413±59	3,2±0,8
Вдоль нескоростной дороги	2,3±0,7	9,5±1,7	4,7±1,2	429±86	3,6±0,5
Вдоль железной дороги	2,4±1,1	14,7±2,4	4,1±1,0	434±83	3,1±0,9
Среднее значение	2,4	15,9	5,6	478	4,1
ПДС	200	400	-	-	-

Результаты анализов цветков липы сердцевидной показали полное соответствие данного сырья требованиям фармакопейной статьи по содержанию искусственных радионуклидов [2]. Содержание естественных радионуклидов в растительном сырье в настоящее время не нормируется.

Для изучения накопления радионуклидов цветками липы сердцевидной из верхних слоев почв рассчитывались коэффициенты их накопления (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты накопления радионуклидов в цветках липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.)

№ п/п	Территория сбора	Коэффициент накопления				
		Стронций-90	Цезий-137	Торий-232	Калий-40	Радий-226
1.	Воронежский природный биосферный заповедник	0,38	0,51	0,14	1,04	0,52
2.	Хоперский государственный природный заповедник	0,40	0,42	0,13	0,95	0,46
3.	с. Макашевка (Борисоглебский район)	0,50	0,41	0,17	1,03	0,56
4.	с. Елань-Колено	0,57	0,37	0,15	0,98	0,55
5.	с. Нижнедевицк	0,33	0,35	0,21	1,02	0,59
6.	г. Острогожск	0,44	0,35	0,14	1,02	0,48
7.	г. Семилуки	0,36	0,32	0,17	0,88	0,47
8.	г. Нововоронеж	0,60	0,34	0,13	0,94	0,54
9.	ВЛЭ	0,31	0,35	0,15	0,92	0,47
10.	Лискинский район	0,49	0,33	0,21	1,08	0,49
11.	Ольховатский район	0,37	0,33	0,15	0,98	0,45
12.	Подгоренский район	0,40	0,31	0,16	0,85	0,55
13.	Петропавловский район	0,37	0,51	0,20	0,91	0,49
14.	Грибановский район	0,37	0,60	0,14	1,05	0,50
15.	Хохольский район	0,33	0,41	0,15	0,91	0,47
16.	Новохоперский район	0,37	0,42	0,15	1,04	0,50
17.	Репьевский район	0,32	0,39	0,16	0,91	0,44
18.	Воробьевский район	0,40	0,65	0,16	1,10	0,44
19.	Панинский район	0,34	0,48	0,10	1,04	0,41
20.	Верхнехавский район	0,35	0,42	0,09	1,07	0,48
21.	г. Эртиль	0,36	0,40	0,16	1,05	0,46
22.	Россошанский район	0,34	0,42	0,14	0,91	0,45
23.	Вблизи ОАО «Минудобрения»	0,33	0,38	0,18	0,80	0,44
24.	Вблизи ООО «Бормаш»	0,38	0,42	0,14	1,07	0,44
25.	г. Борисоглебск	0,38	0,33	0,12	1,13	0,48
26.	г. Калач	0,31	0,37	0,10	0,93	0,40
27.	Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС»	0,42	0,29	0,13	0,67	0,45
28.	Вблизи ООО «Сибур»	0,41	0,29	0,14	0,71	0,49
29.	Вдоль Воронежского вдхр.	0,38	0,28	0,16	0,63	0,44
30.	Аэропорт им. Петра I	0,46	0,39	0,13	1,11	0,40
31.	Улица г. Воронеж (ул. Димитрова)	0,33	0,29	0,14	0,71	0,39
32.	Вдоль трассы М4 (Рамонский район)	0,31	0,32	0,17	1,29	0,49
33.	Вдоль трассы А144	0,38	0,32	0,13	1,07	0,43
34.	Вдоль трассы М4 (Павловский район)	0,46	0,36	0,15	1,18	0,46
35.	Вдоль нескоростной дороги	0,43	0,47	0,12	1,04	0,39
36.	Вдоль железной дороги	0,33	0,42	0,12	1,28	0,40
	Среднее значение	0,39	0,39	0,15	0,98	0,47

Проведенные расчеты показали, что для цветков липы сердцевидной характерны малые значения коэффициентов накопления радионуклидов. Среднее значение коэффициента накопления стронция-90 составило 0,39, в разных образцах области он варьировал от 0,31 до 0,60. Коэффициенты накопления цезия-137 колебались от 0,29 до 0,65 при среднем значении 0,39. Для тория-232 средний коэффициент накопления в цветках липы сердцевидной равен 0,15 и варьировал в диапазоне 0,09 - 0,21. Для калия-40 средний коэффициент накопления в анализируемом сырье составил 0,98 и варьировал 0,71 до 1,29. Среднее значение коэффициента накопления радия-226 составило 0,47 при варьировании его в диапазоне 0,39 - 0,59.

Таким образом, в наибольшей степени в цветках липы сердцевидной накапливается калий-40. Всасывание растением калия-40 из почвы связывают с поведением обменного калия. Калий-40 накапливается в растительных организмах аналогично его нерадиоактивным изотопам и в концентрациях, прямо пропорциональных концентрациям в природе [4, 9].

### Выводы

Были проанализированы 36 образцов цветков липы сердцевидной, 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 цветки липы сердцевидной накапливают из почв калий-40 (средний коэффициент накопления составил 0,98).

### Список литературы

1. Горшкова Т.А., Чурюкин Р.С., Карагузова О.А., Амосова Н.В., Павлова Н.Н., Мартыросян Ю.М., Власова О.П., Симакова И.М. Изучение зависимости флуктуирующей асимметрии у растений от величины радиоактивного загрязнения территории // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. - 2013. - № 1. - С. 116-124.
2. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Том 2. М.: ФЭМБ. - 2018 - 1423 с.
3. 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.
4. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П. Изучение радионуклидного загрязнения лекарственного сырья Воронежской области на примере листьев подорожника большого и листьев крапивы двудомной // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. - 2017. - №. 2 - С. 148-154.
5. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Самылина И.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере корней лопуха обыкновенного // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. - 2016. - № 3. - С. 110-115.
6. Залыбина Ю.Н., Григорьев В.С. Концентрация радионуклидов в медоносных растениях, культивируемых на территории южных и восточных районов Самарской области // Ветеринарный врач. - 2018. - № 6. - С. 61-68.
7. Залыбина Ю.Н., Григорьев В.С. Миграция радионуклидов по пищевой цепи в организм пчел среднерусской породы // В сборнике: Инновационные достижения

науки и техники АПК Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 63-66.

8. Мирончик А.Ф. Межвидовая динамика аккумуляции  $^{90}\text{Sr}$  основными древесными породами лесов могилевской области // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2006. – № 4 (13). – С. 221-229.

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

10. 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. – Т. 49. – № 6. – Р. 384-387. DOI: 10.1007/s11094-015-1289-6

*Статья поступила в редакцию 07.11.2019 г.*

**Dyakova N.A. Assessment of radionuclide contamination of plant resources of the Voronezh region by example of leaves of winter linden tree** // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – № 134. – Р. 87-93.

As part of the study, the activity of artificial and natural radionuclides (strontium-90, cesium-137, potassium-40, thorium-232, radium-226) was determined in 36 samples of medicinal plant raw materials of the core and upper soil layers on which the plants were grown. All samples meet the existing requirements of regulatory documentation on radionuclide activity. The average value of the strontium-90 accumulation coefficient was 0.39, in different samples of the region it varied from 0.31 to 0.60. Cesium-137 accumulation coefficients ranged from 0.29 to 0.65 at an average of 0.39. For thorium-232, the average accumulation coefficient in the core lip flowers is 0.15 and took values in the samples studied from 0.09 to 0.231. For potassium-40, the average accumulation ratio in the feed was 0.98 and varied from 0.71 to 1.29, and for radium-226 – 0.47, with a variation from 0.39 to 0.59.

**Key words:** *Central Black Earth; winter linden tree; radionuclides; accumulation coefficient*

УДК 712.413: 574.23: 574.24

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-93-100

## **ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ И АВАРИЙНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ *JUNIPERUS VIRGINIANA* L.**

**Владимир Олегович Корниенко**

Донецкий национальный университет,  
г. Донецк, ул. Университетская, 24  
E-mail: kornienkovo@mail.ru

Экспериментально установлено, что монокуртины можжевельника виргинского обладают меньшей устойчивостью к действию природно-климатических факторов, во-первых это связано с увеличением высоты расположения биомассы дерева и, во-вторых, с приложением нагрузок в виде силы ветра, а также дополнительной массы при выпадении осадков. По результатам проведения диагностики состояния и мониторинга устойчивости насаждений *Juniperus virginiana* L. аварийность оценена в 14% от общего количества (585 шт.).

**Ключевые слова:** *можжевельник виргинский; биомеханика; архитектура; аварийность; механическая устойчивость; температура; статические нагрузки*