

# НАКОПЛЕНИЕ $^{137}\text{Cs}$ И $^{90}\text{Sr}$ ЛЕКАРСТВЕННЫМИ РАСТЕНИЯМИ

## ACCUMULATION OF $^{137}\text{Cs}$ AND $^{90}\text{Sr}$ BY MEDICINAL PLANTS

**А. Н. Воронецкая**  
**A. Voronetskaya**

*Полесский государственный радиационно-экологический заповедник,  
г. Хойники, Республика Беларусь  
voronetskaya2015@mail.ru  
Polesye State Radiation-Ecological Reserve, Khoyniki, Republik of Belarus*

В статье приводятся сведения о плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , удельной активности и коэффициентах перехода данных радионуклидов в траву и соцветия некоторых видов лекарственных растений, произрастающих на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Дана оценка соответствия содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в лекарственном сырье допустимым уровням, принятым в Республике Беларусь и Российской Федерации. Приводятся факторы, влияющие на интенсивность аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  лекарственными растениями.

The article provides information on the density of soil contamination by  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$ , specific activity and transition rate of radionuclides into grass and inflorescence of some species of medicinal plants, growing on the territory of Polesye State Radiation-Ecological Reserve. Assessment of compliance is given due to the allowed concentration level of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in the medicinal raw materials, in accordance with the allowable levels, which is accepted in the Republic of Belarus and the Russian Federation. The factors, influencing the intensity of accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  by the medicinal plants, are given as well.

**Ключевые слова:** луговые экосистемы, мощность дозы, удельная активность, экологические условия, агрохимические свойства, лекарственное сырье.

**Keywords:** meadow ecosystems, dose rate, specific activity, ecological condition, agrochemical properties, medicinal raw materials.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-1-236-238>

Наиболее серьезной социально-экономической и экологической проблемой Беларуси является авария на Чернобыльской АЭС. В связи с выведением из сельскохозяйственного производства значительных площадей естественных лугов и пастбищ, подвергшихся загрязнению радиоактивными выбросами, все большую актуальность приобретает проблема получения экологически чистой продукции с этих территорий. Наибольшую радиологическую опасность в настоящее время представляют  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , сосредоточенные в верхнем, корнеобитаемом горизонте почвы. Они относительно легко включаются в трофические цепи и являются источниками внутреннего облучения организмов.

Исследования проводились в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике (далее заповедник). Объектом исследований явились почва, трава и соцветия 5 видов лекарственных растений луговых экосистем: ослинник двулетний, зверобой продырявленный, чабрец обыкновенный, душица обыкновенная и мята полевая. Проанализировано 9 проб почвы и 22 пробы растительности.

Отбор проб травы и соцветий лекарственных растений производился по методикам, принятым в радиэкологических исследованиях. Пробы травянистой растительности и почвы, периодически перемешивая, высушивали в лабораторных условиях до воздушно-сухого состояния. Пробы почвы отбирались с помощью стандартного пробоотборника диаметром 40 мм на глубину 200 мм. В биологических образцах и почве определялась удельная активность (далее  $A_y$ )  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  и рассчитывалась плотность загрязнения почвы (далее ПЗ) данными радионуклидами.

Значение  $A_y$  в пробах определяли в лабораторных условиях на сцинтилляционном гамма-бета-спектрометре МКС-АТ13115. Дозиметром-радиометром МКС-АТ6130 измеряли мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (далее МД) на высоте 1 м.

Для сопоставления уровней накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  лекарственными видами растений рассчитывали коэффициенты перехода (далее  $K_{\text{п}}$ ), как частное от их  $A_y$  (Бк/кг) к ПЗ (кБк/м<sup>2</sup>), которые указывают на способность растения накапливать тот или иной радионуклид вне зависимости от ПЗ.

Оценку радиоактивного загрязнения лекарственных растений и возможности их безопасного использования давали путем сопоставления полученных результатов с нормативными показателями Республиканского допустимого уровня содержания  $^{137}\text{Cs}$  в лекарственно-техническом сырье (РДУ/ЛТС-2004). При  $A_y$   $^{137}\text{Cs}$  близкой к предельно нормируемой, для расчетов мы принимали ее как сумму среднего значения и его стандартного отклонения.

Исследования по накоплению  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  лекарственными видами растений проводились в 2017–20 гг. на 354 объектах луговых экосистем.

Объект №1 – Хойникский район, Воротецкое лесничество, квартал 10, выдел 2. Окультуренный суходольный луг. Почва дерново-подзолистая, временно избыточно увлажненная иллювиально-гумусовая песчаная и супесчаная, развивающаяся на рыхлых водно-ледниковых песках. Почва кислая (рН – 4,23); содержание обменного кальция 217 мг/кг, магния – 15 мг/кг, подвижного калия – 22 мг/кг, фосфора – 105 мг/кг, гумуса – 1,57 % [1]. МД варьировала в пределах 0,18–0,21 мкЗв/ч. Значения ПЗ  $^{137}\text{Cs}$  изменялись от 141 кБк/м<sup>2</sup> (3,8 Ки/км<sup>2</sup>) до 380 кБк/м<sup>2</sup> (10,3 Ки/км<sup>2</sup>),  $^{90}\text{Sr}$  – 13–23 кБк/м<sup>2</sup> (0,4–0,6 Ки/км<sup>2</sup>).

Объект №2 – Хойникский район, Воротецкое лесничество, квартал 65, выдел 5. Залежный луг. Располагается на часто подтапливаемом понижении рельефа. Почва дерново-перегнойно-глеевая, в результате избыточного увлажнения оподзоленная супесчаная, подстилаемая водно-ледниковыми песками. Почва слабокислая (рН – 5,76); содержание обменного кальция 1089 мг/кг, магния – 30 мг/кг, подвижного калия – 22 мг/кг, фосфора – 45 мг/кг, гумуса – 2,93 % [1]. МД изменялась в пределах 0,34–0,39 мкЗв/ч. Значения ПЗ  $^{137}\text{Cs}$  варьировали от 322 кБк/м<sup>2</sup> (8,7 Ки/км<sup>2</sup>) до 346 кБк/м<sup>2</sup> (9,4 Ки/км<sup>2</sup>),  $^{90}\text{Sr}$  – 42–109 кБк/м<sup>2</sup> (1,1–2,9 Ки/км<sup>2</sup>).

Объект №3 – Брагинский район, Богушевское лесничество, квартал 142, выдел 3. Залежный луг. Располагается на небольшом понижении рельефа. Почва дерново-перегнойно-глеевая супесчаная, подстилаемая водно-ледниковыми песками. Почва слабощелочная (рН – 7,46); содержание обменного кальция 1709 мг/кг, магния – 37 мг/кг, подвижного калия – 82 мг/кг, фосфора – 129 мг/кг, гумуса – 3,79 % [1]. МД составила 0,31 мкЗв/ч. Значения ПЗ  $^{137}\text{Cs}$  изменялись от 339 кБк/м<sup>2</sup> (9,2 Ки/км<sup>2</sup>) до 541 кБк/м<sup>2</sup> (14,6 Ки/км<sup>2</sup>),  $^{90}\text{Sr}$  – 52–96 кБк/м<sup>2</sup> (1,4–2,6 Ки/км<sup>2</sup>).

Значения ПЗ,  $A_y$ ,  $K_n$   $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в траву и соцветия лекарственных растений на исследованных объектах представлены в таблице 1.

Таблица 1 – ПЗ,  $A_y$ ,  $K_n$   $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в траву и соцветия лекарственных растений

Вид, растительный образец	ПЗ, кБк/м²		A <sub>γ</sub> , Бк/кг		K <sub>и</sub> , n*10 <sup>-3</sup> м²/кг		Дата отбора образцов
	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	
Объект № 1							
Ослинник двулетний – соцветие	141	13	111±34	435±100	0,79	33,46	04.07.2017
	290	23	110±46	321±103	0,38	13,96	13.06.2018
	255	13	140±67	246±96	0,55	18,92	22.08.2019
	380	15	101±53	152±44	0,27	10,22	13.07.2020
Зверобой продырявленный – трава	141	13	41±21	164±45	0,29	12,62	04.07.2017
	290	23	327±80	239±92	1,13	10,39	13.06.2018
	255	13	57±29	144±75	0,22	11,08	22.08.2019
	380	15	<113	192±51	<0,30	12,91	13.07.2020
Объект № 2							
Чабрец обыкновенный – трава	333	109	1220±314	1032±289	3,66	9,47	07.07.2018
	322	73	175±69	817±208	0,54	11,28	08.07.2019
	346	42	167±67	1434±287	0,48	33,96	08.07.2020
Душица обыкновенная – трава	333	109	698±173	1278±336	2,10	11,72	07.07.2018
	322	73	361±100	805±226	1,12	11,11	08.07.2019
	346	42	168±67	672±145	0,49	15,92	08.07.2020
Зверобой продырявленный – трава	322	73	333±91	1102±233	1,03	15,21	08.07.2019
	346	42	250±85	685±146	0,72	16,22	08.07.2020
Объект № 3							
Чабрец обыкновенный – трава	541	96	536±150	751±181	0,99	7,82	06.07.2018
	339	52	309±95	442±102	0,91	8,55	08.07.2020
Душица обыкновенная – трава	541	96	1160±247	458±119	2,14	4,77	06.07.2018
	339	52	1270±289	532±126	3,75	10,30	08.07.2020
Зверобой продырявленный – трава	339	52	488±100	333±81	1,44	6,44	08.07.2020
Мята полевая – трава	339	52	461±117	555±121	1,36	10,74	08.07.2020

Лекарственные растения, как и другие виды [2], характеризуются видоспецифичностью накопления радионуклидов.

В исследованных образцах  $K_n$   $^{137}\text{Cs}$  в траву и соцветия не превышали 3,75\*10<sup>-3</sup> м<sup>2</sup>/кг. По усредненным значениям интенсивности перехода  $^{137}\text{Cs}$  в данные части лекарственных растения располагается в следующей последовательности: ослинник двулетний<зверобой продырявленный<чабрец обыкновенный<мята полевая<душица обыкновенная.

Лекарственные растения интенсивнее накапливают  $^{90}\text{Sr}$ . Значения  $K_{\text{п}}^{90}\text{Sr}$  в траву и соцветия лекарственных растений варьировали от  $4,77 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$  до  $33,96 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$ . Растения по способности накапливать  $^{90}\text{Sr}$  располагаются в следующем ранжированном ряду: мята полевая < душица обыкновенная < зверобой продырявленный < чабрец обыкновенный < ослинник двулетний.

Помимо биологических особенностей растений на накопление радионуклидов значительное влияние оказывают экологические условия среды произрастания – в первую очередь агрохимические характеристики почв: минеральный и гранулометрический состав, содержание гумуса, кислотность, влажность. Известно [3], что чем выше кислотность и влажность, меньше содержание органических веществ и физической глины, тем интенсивнее миграция радиоактивных элементов в почве.

По результатам проведенных исследований установлено, чем больше содержание гумуса и обменного кальция в почве и чем меньше кислотность почвенного раствора, тем меньше  $K_{\text{п}}^{90}\text{Sr}$ . Так, на слабощелочной дерново-перегнойно-глеевой супесчаной почве, где содержание обменного кальция составило 1709 мг/кг, гумуса – 3,79 % (объект №3) отмечены минимальные  $K_{\text{п}}^{90}\text{Sr}$  в лекарственных растениях, а на избыточно увлажненной слабокислой почве, где содержание обменного кальция – 1089 мг/кг, гумуса – 2,93 % (объект №2) они максимальные. Относительно не высокие  $K_{\text{п}}^{90}\text{Sr}$  на кислой дерново-подзолистой почве с содержанием обменного кальция – 217 мг/кг, гумуса – 1,57 % (объект №1), объясняются тем, что на данном объекте применялись агротехнические приемы обработки почвы. Известно [4], что при перемешивании почвы в пределах пахотного горизонта или перемешивании поверхностного, наиболее загрязненного, слоя почвы в более глубокие горизонты снижается концентрация радионуклидов в корнеобитаемом слое почв, что приводит к уменьшению их содержания в растениях. Различия в накоплении  $^{137}\text{Cs}$  растениями на объектах незначительны; минимальные значения  $K_{\text{п}}^{137}\text{Cs}$  в траву и соцветия наблюдались на объекте №1. Установлено [5], что метеорологические условия влияют на аккумуляцию радионуклидов, чем и объясняются межгодовые отличия в накоплении  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  лекарственными растениями.

Значения  $A_{\text{у}}^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в растительных образцах варьировали в широких пределах. Максимальная  $A_{\text{у}}^{137}\text{Cs}$  была отмечена в траве душицы обыкновенной (1270 Бк/кг), произрастающей на объекте № 3. Минимальная  $A_{\text{у}}^{137}\text{Cs}$  наблюдалась в траве зверобоя продырявленного (41 Бк/кг) на объекте № 1. Наибольшая  $A_{\text{у}}^{90}\text{Sr}$  отмечена в траве душицы обыкновенной (1278 Бк/кг), произрастающей на объекте №2, а наименьшая  $A_{\text{у}}^{90}\text{Sr}$  наблюдалась в траве зверобоя продырявленного (144 Бк/кг) на объекте № 1.

На объекте №1 в 7 из 8 отобранных образцов растений содержание  $^{137}\text{Cs}$  не превышало норматив РДУ/ЛТС-2004, равный 370 Бк/кг. На объекте № 2 в 4 из 8 образцов растений содержание  $^{137}\text{Cs}$  соответствовало данному нормативу. На объекте № 3 содержание  $^{137}\text{Cs}$  во всех образцах превышало норматив РДУ/ЛТС-2004. Нормирование лекарственного сырья по содержанию  $^{90}\text{Sr}$  в Беларуси не предусмотрено.

Исследованиями установлено, что лекарственные растения, произрастающие на загрязненных радионуклидами суходольных обрабатываемых почвах с ПЗ  $^{137}\text{Cs}$  3,8–10,3 Ки/км<sup>2</sup>, накапливают данный радионуклид без превышения норматива РДУ/ЛТС-2004, или с незначительным его превышением (1 проба с  $A_{\text{у}}^{137}\text{Cs}$  327±80 Бк/кг). Наименьшей способностью накапливать  $^{137}\text{Cs}$  обладают соцветия ослинника двулетнего и трава зверобоя продырявленного. На залежных более плодородных полугидроморфных почвах с ПЗ  $^{137}\text{Cs}$  8,7–14,6 Ки/км<sup>2</sup> лекарственные растения интенсивнее накапливают данный радионуклид. Превышение норматива РДУ/ЛТС-2004 регистрировалось в 50–100% проб.

Следует отметить, что лекарственные растения значительно интенсивнее накапливают  $^{90}\text{Sr}$ , чем  $^{137}\text{Cs}$ . Их  $K_{\text{п}}$  различаются на порядок.  $A_{\text{у}}^{90}\text{Sr}$  в лекарственном сырье при ПЗ им 0,4–2,9 Ки/км<sup>2</sup> превышает (21 проба из 22) или близка (1 проба с  $A_{\text{у}}^{90}\text{Sr}$  152±44 Бк/кг) к нормативу ОФС.1.5.3.0001.15 200 Бк/кг, принятому в Российской Федерации (в Республике Беларусь нормирование  $^{90}\text{Sr}$  отсутствует).

На накопление лекарственными растениями  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  помимо их видовой специфичности аккумулировать данные радионуклиды значительное влияние оказывают метеорологические и экологические условия среды произрастания и прежде всего агрохимические характеристики почв. Применение агротехнических приемов обработки почвы способствует уменьшению накопления радионуклидов лекарственными растениями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Почвы Полесского государственного радиационно-экологического заповедника = Soils of Polesye state radiation-ecological reserve / В.В. Лапа [и др.] ; под ред. В.В. Лапа, Н.Н. Цыбулько. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 97 с.
2. Парфёнов, В. И. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси / В.И. Парфёнов, Б.И. Якушев, Б.С. Мартинович. – Минск : Навука і тэхніка, 1995. – 578 с.
3. Алексахин, А. В. Сельскохозяйственная радиоэкология / А.В. Алексахин [и др.] под ред. А.В. Алексашина, Н.А. Корнеева. – Москва: Экология, 1991. – 396 с.
4. Чистик, О. В. Ведение сельскохозяйственного производства на землях загрязненных радионуклидами : учебно-методическое пособие / О.В. Чистик, С.Е. Головатый, С.С. Поздняк. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2008. – 208 с.
5. Орлов, А. А. Влияние погодных условий вегетационного периода на интенсивность аккумуляции техногенных радионуклидов растениями (аналитический обзор) / А.А. Орлов // Сборник научных трудов / Полесская АЛНИС. – Житомир, 2004 – Вып. 10: Проблемы экологии леса и лесопользования на Полесье Украины. – С. 27–32.