

Л.М. Сапегин¹, Н.М. Дайнеко¹, С.Ф. Тимофеев¹, А.В. Лукаш²

НАКОПЛЕНИЕ ¹³⁷Cs РАСТЕНИЯМИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОМЕЛЬСКОЙ И ЧЕРНИГОВСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

растения, лесные экосистемы, накопление ¹³⁷Cs, Гомельская область, Черниговская область

Введение

В результате аварии на Чернобыльской АЭС территории Украины и Беларуси были подвержены загрязнению радиоактивными изотопами, в первую очередь ¹³⁷Cs. В значительной степени радиоактивное загрязнение охватило леса, имеющие хозяйственное значение. Поэтому в настоящее время очень актуальна проблема использования растений лесных экосистем в постчернобыльский период. Проблеме радиоактивного загрязнения дикорастущих лекарственных растений, кормовых растений лесных экосистем посвящены публикации отечественных и зарубежных исследователей [1 – 4, 11 – 17].

Цель и задачи исследования

Целью исследований было выяснение степени радиоактивного загрязнения ¹³⁷Cs лекарственных и других хозяйственно полезных видов растений лесных экосистем. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: определение типа леса; отбор и проведение агрохимических анализов проб почвы изучаемых объектов; распределение содержания радиоцезия в почвенном горизонте 0 – 10 см, 10 – 20 см, 20 – 30 см, сравнение полученных результатов с нормативом РДУ/ЛТС-2004.

Объекты и методика исследований

Объектами исследований служили лекарственные и другие хозяйственно ценные виды растений. Всего с шести объектов отобрано 73 образца растений и 36 проб почвы. Изучение видового состава лекарственных растений выполняли с использованием флористических методов [7]. Анализировали виды растений, произрастающих в растительных сообществах вблизи населенных пунктов. Отбор образцов растений и проб почвы для анализа выполнен по существующим методикам [5, 6, 8, 9]. На каждом объекте отбирали 6 проб почвы специальным пробоотборником с глубины 0 – 10, 10 – 20, 20 – 30 см. Определение содержания ¹³⁷Cs в почвенных и растительных образцах производили на гамма-спектрометрах Tennelec-Oxford и Canberra-Packard (США).

Степень радиоактивного загрязнения лекарственных растений и возможность их безопасного использования оценивали путем сопоставления полученных результатов с нормативными показателями Республиканского допустимого уровня содержания ¹³⁷Cs в лекарственно-техническом сырье (РДУ/ЛТС-2004) [10].

Результаты исследований и их обсуждение

Летом 2010 г. выполнены полевые исследования по изучению радиоактивного загрязнения ¹³⁷Cs лекарственных и других хозяйственно полезных видов растений в лесных экосистемах приграничных территорий: 4 объекта в Гомельском районе Гомельской области и 2 – в Семеновском районе Черниговской области.

Объект № 1 – сосняк чернично-мшистый в 1 км северо-восточнее д. Глыбокое Гомельского района. Координаты: N 52°; 03'; 85.3", E 31°; 15'; 24.1". Высота 234 м над уровнем моря. Почва дерново-подзолистая супесчаная, свежая, сильноокислая, рН_{KCl} – 4,1 [10]. Содержание обменного кальция и магния очень низкое, соответственно 277 и 32 мг/кг, содержание подвижного калия низкое – 133 мг/кг, фосфора повышенное – 235 мг/кг, органического вещества также повышенное – 3,46 %. Основное количество ¹³⁷Cs в почве находится в горизонте 0 – 10 см (50,0 % или 60 Бк/кг), в нижележащих горизонтах его зафиксировано, соответственно, 37,5 и 12,5 %. На этом объекте для радиологического анализа отобрано 15 образцов растений и 6 проб почвы.

Объект № 2 – сосняк дубняково-мшистый в 0,5 км юго-восточнее деревни Марковичи Гомельского района. Координаты: N 52°; 06'; 41.3", E 31°; 12'; 95.5". Высота 178 м над уровнем моря. Почва дерново-подзолистая супесчаная, свежая, сильноокислая, рН_{KCl} – 3,3. Содержание обменных кальция и магния очень низкое, соответственно, 353 и 45 мг/кг.

Обеспеченность подвижными калием и фосфором низкая и высокая, то есть 80 и 345 мг/кг, соответственно. Содержание органического вещества выше среднего – 6,20 %.

Основное количество радиоцезия находится в горизонте 0 – 10 см (65,6 % и 63 Бк/кг). В нижележащих горизонтах, соответственно, 18,8 и 1,2 %. Из этой экосистемы для радиологического анализа взято 12 образцов растений и 6 проб почвы.

Объект № 3 – сосняк дубняково-мшистый в 1 км юго-западнее деревни Кравцовка Гомельского района. Координаты: N 52°; 06'; 60.8", E 31°; 04'; 98.2". Высота 167 м над уровнем моря. Почва дерново-подзолистая супесчаная, свежая, сильноокислая, рН_{KCl} – 4,0.

Как и на предыдущих объектах, содержание обменных кальция и магния – очень низкое, 253 и 24 мг/кг. Обеспеченность подвижными формами калия и фосфора также очень низкое, 58 и 50 мг/кг, соответственно. Содержание органического вещества высокое – 4,97 %.

Основное количество ¹³⁷Cs в почве находится в горизонте 0 – 10 см – 150 Бк/кг (67,0 %). В нижележащих горизонтах, соответственно, 19,6 и 13,4 %. Для радиологического анализа из этой экосистемы отобрано 12 образцов растений и 6 проб почвы.

Объект № 4 – сосняк раkitниково-мшистый в 0,5 км южнее д. Новая Гута Гомельского района. Координаты: N 52°; 05'; 96", E 30°; 59'; 17.8". Высота 148 м над уровнем моря. Почва дерново-подзолистая супесчаная, свежая, сильноокислая, рН_{KCl} – 3,9. Содержание обменного кальция и магния очень низкое, 228 и 23 мг/кг; подвижного калия и фосфора также очень низкое – 53 и 56 мг/кг, органического вещества высокое – 5,74 %. Из этой лесной экосистемы для радиологического анализа взято 11 образцов растений и 6 проб почвы. Содержание ¹³⁷Cs в почве в горизонте 0 – 10 см – 150 Бк/кг (70 %); 10 – 20 см – (20,6 %); 20 – 30 см – (9,3 %).

Объект № 5 – сосняк березово-разнотравный в Блешнянском лесничестве Семеновского района Черниговской обл. Координаты: N 52°; 15'; 38.4", E 32°; 40'; 28.2". Высота 158 м над уровнем моря. Почва дерново-подзолистая супесчаная, свежая, сильноокислая, рН_{KCl} – 4,2. Содержание обменного кальция и магния очень низкое – 283 и 27,5 мг/кг, соответственно. Обеспеченность почвы подвижным калием и фосфором низкая и повышенная, 124 и 243 мг/кг. Содержание органического вещества высокое – 4,25 %.

Содержание ¹³⁷Cs в почве в горизонте 0 – 10 см – 90 Бк/кг (60,0 %); в нижележащих горизонтах 21,4 и 12,0 %. На этом объекте для радиологического анализа отобрано 12 образцов растений и 6 проб почвы.

Объект № 6 – сосняк чернично-мшистый в квартале 19 Орликовского лесничества Семеновского района. Координаты: N 52°; 15'; 56.8", E 32°; 40'; 59.9". Высота 164 м над уровнем моря. Почва дерново-подзолистая супесчаная, свежая, сильноокислая рН_{KCl} – 4,0. Обеспеченность обменным кальцием и магнием очень низкая – 225 и 24 мг/кг. Содержание подвижных калия и фосфора в почве также очень низкое – 49 и 48 мг/кг. Как и на предыдущих объектах, почва характеризуется повышенным содержанием органического вещества – 4,25 %.

Содержание ¹³⁷Cs в почве в горизонте 0 – 10 см – 65 Бк/кг (67,7 %); в нижележащих горизонтах 10 – 20 см – 23 Бк/кг (23,40 %); 20 – 30 см – 12 Бк/кг (15,5 %). Из этой лесной экосистемы для радиологического анализа взято 11 образцов растений и 6 проб почвы.

Следует отметить, что почвы исследуемых экосистем схожи по ряду агрохимических и радиологических показателей.

Результаты радиологического анализа видов растений на содержание ¹³⁷Cs представлены в таблице.

Накопление ¹³⁷Cs различными видами растений зависит от плотности загрязнения почвы радионуклидом, биологических особенностей видов накопителей ¹³⁷Cs из почвы, почвенных условий и др.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что при концентрации радионуклидов в верхнем горизонте и кислой реакции почвы, низком содержании калия и кальция возможны высокие переходы радионуклидов в растения. Особо следует отметить факты высокого содержания органического вещества, которое существенно снижает интенсивность миграции радионуклидов.

Таблица. Аккумуляция ^{137}Cs растениями в лесных экосистемах Гомельской и Черниговской областей

Дата отбора образцов	Вид, растительный образец	Содержание ^{137}Cs в растениях, Бк/кг	КН по ^{137}Cs , Бк/кг : Бк/кг
09.07. 2010	Объект № 1		
	<i>Lamium purpureum</i> L. – трава	Меньше МДА	-
	<i>Fragaria vesca</i> L. – трава	Меньше МДА	-
	<i>Chamaenerion angustifolium</i> L. – трава	8,0	0,13
	<i>Betula pendula</i> Roth – ветви с листьями	Меньше МДА	-
	<i>Sorbus aucuparia</i> L. – ветви с листьями, дер.	153,0	2,55
	<i>Hypericum perforatum</i> L. – трава	20,0	0,33
	<i>Rubus idaeus</i> L. – побеги с листьями, куст.	21,0	0,33
	<i>Frangula alnus</i> Mill. – ветви с листьями, куст.	Меньше МДА	-
	<i>Pyrus communis</i> L. – ветви с листьями, дер.	Меньше МДА	-
	<i>Lapsana communis</i> L. – трава	Меньше МДА	-
	<i>Lycopodium clavatum</i> L. – трава	Меньше МДА	-
	<i>Veronica officinalis</i> L. – трава	170,0	2,83
	<i>Pinus sylvestris</i> L. – ветви с хвоей, дер.	Меньше МДА	-
<i>Sambucus racemosa</i> L. – ветви с листьями	7,0	0,12	
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth – трава	80,0	1,33	
09.07. 2010	Объект № 2		
	<i>Quercus robur</i> L. – ветви с листьями, дер.	33,0	0,52
	<i>Lapsana communis</i> L. – трава	Меньше МДА	-
	<i>Oenothera biennis</i> L. – трава	Меньше МДА	-
	<i>Helichrysum arenareum</i> (L.) Moench – трава	Меньше МДА	-
	<i>Pinus sylvestris</i> L. – ветви с хвоей, дер.	Меньше МДА	-
	<i>Frangula alnus</i> Mill. – ветви с листьями, куст.	Меньше МДА	-
	<i>Sorbus aucuparia</i> L. – ветви с листьями, дер.	Меньше МДА	-
	<i>Rubus idaeus</i> L. – побеги с листьями, куст.	Меньше МДА	-
	<i>Betula pendula</i> Roth – ветви с листьями	Меньше МДА	-
	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth – трава	181,0	2,86
	<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop. – трава	Меньше МДА	-
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth – трава	Меньше МДА	-	
09.07 2010	Объект № 3		
	<i>Artemisia vulgaris</i> L. – трава	74,0	0,49
	<i>Quercus robur</i> L. – ветви с листьями, дер.	415,0	2,76
	<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth – трава	383,0	2,55
	<i>Frangula alnus</i> Mill. – ветви с листьями, куст.	Меньше МДА	-
	<i>Rubus idaeus</i> L. – побеги с листьями, куст.	152,0	1,01
	<i>Vaccinium myrtillus</i> L. – ветви с листьями, куст.	Меньше МДА	-
	<i>Hypericum perforatum</i> L. – трава	Меньше МДА	-
	<i>Pinus sylvestris</i> L. – ветви с хвоей, дер.	Меньше МДА	-
	<i>Betula pendula</i> Roth – ветви с листьями	Меньше МДА	-
	<i>Daucus carota</i> L. – трава	13,0	0,08
	<i>Sorbus aucuparia</i> L. – ветви с листьями, дер.	53,0	0,35
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. – трава	42,0	0,28	

Дата отбора образцов	Вид, растительный образец	Содержание ¹³⁷ Cs в растениях, Бк/кг	КН по ¹³⁷ Cs, Бк/кг : Бк/кг
09.07 2010	Объект № 4		
	<i>Frangula alnus</i> Mill. – ветви с листьями, куст.	Меньше МДА	-
	<i>Solidago virgaurea</i> L. – трава	141,0	0,94
	<i>Convallaria majalis</i> L. – трава	209,0	1,39
	<i>Pinus sylvestris</i> L. – ветви с хвоей, дер.	137,0	0,91
	<i>Quercus robur</i> L. – ветви с листьями, дер.	122,0	0,81
	<i>Rubus idaeus</i> L. – побеги с листьями, куст.	189,0	1,26
	<i>Sorbus aucuparia</i> L. – ветви с листьями, дер.	Меньше МДА	-
	<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth – трава	122,0	0,81
	<i>Chimaphila umbellate</i> (L.) W. Barton – трава	32,0	0,21
	<i>Melampyrum sylvaticum</i> L. – трава	13,0	0,09
	<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Woloszcz. – трава	18,0	0,12
13.08. 2010	Объект № 5		
	<i>Pinus sylvestris</i> L. – ветви с хвоей, дер.	Меньше МДА	-
	<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop. – трава	9,0	0,10
	<i>Betula pendula</i> Roth – ветви с листьями	Меньше МДА	-
13.08. 2010	<i>Sorbus aucuparia</i> L. – ветви с листьями, дер.	Меньше МДА	-
	<i>Hypericum perforatum</i> L. – трава	18,0	0,20
	<i>Rubus idaeus</i> L. – побеги с листьями, куст.	Меньше МДА	-
	<i>Fragaria vesca</i> L. – трава	Меньше МДА	-
	<i>Frangula alnus</i> Mill. – ветви с листьями, куст.	Меньше МДА	-
	<i>Convallaria majalis</i> L. – трава	182,0	2,02
	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth – трава	160,0	1,78
	<i>Lycopodium clavatum</i> L. – трава	19,0	0,21
	<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P.Fuchs – трава	27	0,30
	Объект № 6		
	<i>Pinus sylvestris</i> L. – ветви с хвоей, дер.	Меньше МДА	-
	<i>Betula pendula</i> Roth – ветви с листьями	Меньше МДА	-
	<i>Frangula alnus</i> Mill. – ветви с листьями, куст.	Меньше МДА	-
	<i>Vaccinium myrtillus</i> L. – ветви с листьями, куст.	232	3,57
	<i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop. – трава	Меньше МДА	-
	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn – трава	116	1,78
	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hill. – трава	124	1,90
	<i>Sorbus aucuparia</i> L. – ветви с листьями, дер.	Меньше МДА	-
	<i>Orthilia secunda</i> (L.) House – трава	68	1,05
<i>Chimaphila umbellate</i> (L.) W. Barton – трава	92	1,42	
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Woloszcz. – трава	Меньше МДА	-	

Примечание. Удельная активность – это содержание радионуклида в единице массы, Бк/кг; КН – коэффициент накопления, характеризует отношение содержания радионуклида в единице массы растения к содержанию радионуклида в единице массы почвы, Бк/кг : Бк/кг; МДА – минимальная детектируемая активность.

Известно, что один и тот же вид в бедных и более влажных условиях местопроизрастания накапливает ^{137}Cs в большем количестве, чем в более богатых и сухих. В отобранных образцах растений не ожидалось увеличения накопления радионуклида, поскольку во всех случаях растения отбирались из экосистем с дерново-подзолистыми почвами со свежими типами местопроизрастания.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о том, что в исследованных лесных экосистемах происходят разнонаправленные процессы миграции ^{137}Cs в их компонентах – очищение одних и увеличение радиоактивного загрязнения других. Только на объекте № 3 *Quercus robur* L. и *Athyrium filix-femina* (L.) Roth превышали норматив РДУ/ЛТС-2004 по ^{137}Cs , равный 370 Бк/кг. В большей части образцов растений содержание ^{137}Cs имело значение меньше минимальной дозы аккумуляции и отвечало нормативу РДУ/ЛТС-2004 по ^{137}Cs , поэтому они могут быть использованы как лекарственное сырье. Наблюдается не только видовая специфичность накопления ^{137}Cs растениями, но и варьирование накопления радионуклидов растениями различных семейств и систематических групп. Наибольшее накопление характерно для папоротникообразных, а также представителей семейств *Pyrolaceae* Lindl., *Ericaceae* Juss. В большей мере ^{137}Cs накапливается у растений, корневые системы которых размещены в верхних слоях почвы (*Veronica officinalis* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Convallaria majalis* L.).

1. Краснов В.П. Радиоактивное загрязнение цезием-137 лекарственных растений Украинского Полесья / В.П. Краснов, А.А. Орлов, С.П. Иркиенко и др. // Растительные ресурсы. – 1996. – Т. 32, вып. 3. – С. 6 – 43.
2. Краснов В.П. Коэффициенты перехода цезия-137 в системе «почва-фитомасса черники» в различных экологических условиях / В.П. Краснов, А.А. Орлов, Е.З. Короткова // Тез. докл. 2-ой межд. конф. «Проблемы сельскохозяйственной радиологии – десять лет спустя после аварии на Чернобыльской АЭС». – Житомир, 1996. – С. 60 – 63.
3. Елиашевич Н.В. Накопление радионуклидов хозяйственно полезными растениями / Н.В. Елиашевич, Т.Г. Иванова // 1-й Всесоюз. радиол. съезд: тез. докл. – Пушино, 1989. – С. 441 – 442.
4. Елиашевич Н.В. Накопление радионуклидов лекарственными растениями по типам их местообитаний / Н.В. Елиашевич, Р.В. Рубанова // Радиол. съезд (г. Киев, 20 – 25 сентября 1993 г.): тез. докл. – Часть I. – Пушино, 1993. – С. 338.
5. Крупномасштабное агрономическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных угодий Беларуси : методические указания / Науч. ред. академик НАН РБ И.М. Багдевич . – Минск. : Хата, 2001. – 60 с.
6. Методика полевых геоботанических исследований. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1938. – 215 с.
7. Определитель высших растений Беларуси / Под ред. В.И. Парфенова. – Минск : Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
8. Программа и методика биогеоэкологических исследований / Под ред. Дылиса Н.В. – М. : Наука, 1974. – 404 с.
9. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС) / Под общ. ред. В.И. Парфенова, Б.И. Якушева. – Минск.: Наука и техника, 1995. – 112 с.
10. Постановление Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 24.12.2004 № 152 «Об утверждении Гигиенического норматива 2.6.1.8-10-2004 «Республиканский допустимый уровень содержания цезия-137 в лекарственно-техническом сырье (РДУ/ЛТС-2004)».
11. Ciuffo L. E. C. Comparison of spatial patterns of ^{137}Cs and ^{40}K in natural grassland soil-to-plant relationship / L. E. C. Ciuffo, J. H. Ulacco, R. H. Velasco // ECORAD – 2001 – Vol. 1. – The radioecology – ecotoxicology of continental and estuarine environments / Proc of the International Congress. – Aix-en-Provence: EDP Sciences, 2002. – 559 – 564.
12. Gillit A.G. A review of ^{137}Cs transfer to fungi and consequences for modeling environmental transfer / A.G. Gillit, N.M.J. Grout // J. of Environ. Radioact. – 2000. – № 48. – P. 95 – 121.
13. Goor F. Processes, dynamics and modelling of radiocaesium cycling in a chronosequence of Chernobyl-contaminated Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations / F. Goor, Y. Thiry // Science of the Total Environment. – 2004. – Vol. 325. – P. 163 – 180.
14. Modeling the migration and accumulation of radionuclides in forest ecosystems: Report of the forest working group of the biosphere modelling and assessments (BIOMASS) programme. – Вена: IAEA, 2002. – 127 p.

15. *Fesenko S. V.* Identification of processes governing long-term accumulation of ^{137}Cs in forest trees following the Chernobyl accident / S.V. Fesenko, N.I. Sanzharova, P.P. Avila [et al.] // *Radiat. Environ. Biophys.* – 2001. – Vol. 40. – P. 105–113.
16. *Belli M.* EUR 16531 – The behavior of radionuclides in natural seminatural ecosystems / M. Belli, F. Tikhomirov // European Commission, Luxembourg: office for official publications of the European Communities, 1996. – Vol. 8. – P. 136.

¹Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

²Черниговский национальный государственный педагогический университет имени Т.Г. Шевченко

Получено 11.05.2011

УДК 581.5:630*18:546.791.027*137(476.2 + 477.51)

НАКОПЛЕНИЕ ^{137}Cs РАСТЕНИЯМИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОМЕЛЬСКОЙ И ЧЕРНИГОВСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Л.М. Сапегин¹, Н.М. Дайнеко¹, С.Ф. Тимофеев¹, А.В. Лукаш²

¹Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

²Черниговский национальный государственный педагогический университет имени Т.Г. Шевченко

Установлено, что накопление ^{137}Cs различными видами растений зависит от плотности загрязнения почвы радионуклидом, биологических особенностей видов – накопителей ^{137}Cs из почвы, почвенных условий и др. Результаты радиологического и агрохимического анализов почвы свидетельствуют о том, что при концентрации радионуклидов в верхнем горизонте и кислой реакции почвы, низком содержании калия и кальция возможны высокие переходы радионуклидов в растения. При этом особо следует отметить факт высокого содержания органического вещества, которое существенно снижает интенсивность миграции радионуклидов.

UDC 581.5:630*18:546.791.027*137(476.2 + 477.51)

^{137}Cs ACCUMULATION BY FOREST ECOSYSTEM PLANTS ON TERRITORIES BORDERING GOMEL AND CHERNIGOV REGIONS

L.M. Sapegin¹, N.M. Dajneko¹, S.F. Timofeev¹, A.V. Lukash²

¹Educational Establishment «Francisk Skorina Gomel State University»

²T.G. Shevchenko Chernigov National State Pedagogical University

^{137}Cs accumulation by different plant species depends on the density of radioactive soil pollution, biological peculiarities of ^{137}Cs accumulator types, soil conditions, etc. The results of radiological and agrochemical soil analyses show that high radionuclide transitions into soils are possible under radionuclide concentration in surface soil level and acidic soil reaction, low potassium and calcium content. Facts of high organic matter content which significantly reduces intensity of radionuclide migration should be particularly noted.