

УДК: 539.163(546.36+546.42):630*182.47+630*228.8(630*176.321.5)

Загрязнение ^{137}Cs и ^{90}Sr доминантных видов живого напочвенного покрова в черноольшаниках зоны отчуждения Чернобыльской АЭС

А.В. УГЛЯНЕЦ, Д.К. ГАРБАРУК

В лесных насаждениях живой напочвенный покров наиболее интенсивно аккумулирует радионуклиды. В преобладающих типах леса черноольшаников зоны отчуждения Чернобыльской АЭС изучены особенности накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr доминантными видами травянистых растений. Выявлено, что коэффициенты перехода радионуклидов в их части индивидуальны для каждого типа леса. Надземная фитомасса загрязнена ^{137}Cs выше, чем подземная во всех типах леса, а ^{90}Sr – только на полугидроморфных почвах. С повышением влажности почвы переход ^{137}Cs в фоновые травянистые виды увеличивается, а накопление ими ^{90}Sr от этого фактора не зависит.

Ключевые слова: черноольшаник, тип леса, живой напочвенный покров, доминантный вид, ^{137}Cs , ^{90}Sr , коэффициент переход.

In forest plantations, the living ground cover accumulates radionuclides most intensively. In the prevailing types of black alder forest in the exclusion zone of the Chernobyl NPP, the features of ^{137}Cs and ^{90}Sr accumulation by dominant herbaceous plant species were studied. It was revealed that the transfer coefficients of radionuclides in their part are individual for each type of forest. The aboveground phytomass is contaminated with ^{137}Cs higher than the underground one in all types of forests, and ^{90}Sr – only on semi-hydromorphic soils. With an increase in soil moisture, the transition of ^{137}Cs to background herbaceous species increases, and their accumulation of ^{90}Sr does not depend on this factor.

Keywords: black alder stand, forest type, living ground cover, dominant species, ^{137}Cs , ^{90}Sr , transition coefficient.

Введение. В 2019 г. в целях организации радиационно-экологического мониторинга лесных экосистем в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) были заложены три постоянных пункта наблюдения (ППН) в черноольшаниках снытевом, папоротниковом и осоковом. На эти типы леса приходится 63 % площади черноольховой формации [1]. Одной из задач радиационно-экологического мониторинга является оценка накопления радионуклидов растениями живого напочвенного покрова (ЖНП).

Черноольховые леса в зоне отчуждения ЧАЭС, расположенной в границах Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, произрастают преимущественно на гидроморфных (ольс папоротниковый, ольс осоковый) и полугидроморфных (ольс снытевый) почвах [1]. В таких условиях интенсивность перехода ^{137}Cs в древесную растительность по сравнению с автоморфными почвами повышается, в то же время гидрологический фактор не оказывает сильного влияния на накопление ^{90}Sr древесными породами [2], [3]. Среди элементов лесного фитоценоза наибольшей способностью накапливать радионуклиды отличаются растения ЖНП [4]. В этом процессе весьма важную роль играют условия местопрорастания [5].

Согласно [6], в Белорусском Полесье в ЖНП черноольшаника снытевого преобладают сныть обыкновенная, кислица обыкновенная, зеленчук желтый, гравилат речной, крапива двудомная, обильны таволга вязолистная, недотрога обыкновенная, лютик ползучий, звездчатка лесная, селезеночник обыкновенный, встречаются кочедыжник женский, щитовники мужской и игольчатый, копытень европейский, осоки и другие виды. Доминантными видами ЖНП черноольшаника папоротникового являются кочедыжник женский, щитовник игольчатый, кондоминантными – крапива двудомная и таволга вязолистная, часто встречаются вербейник обыкновенный, зюзник европейский, паслен сладко-горький, недотрога обыкновенная, белокрыльник болотный, лютик ползучий, калужница болотная, тростник обыкновенный, осоки. В черноольшанике осоковом более трети почвы покрывают осоки, постоянно присутствуют телиптерис болотный, паслен сладко-горький, подмаренник болотный, щитов-

ник игольчатый, наумбургия кистецветная, вербейник обыкновенный, обычные зеленые мхи, местами произрастают лютик ползучий, белокрыльник болотный, хвощ болотный, вейник ланцетный, иногда – сфагновые мхи.

Сведения об аккумуляции радионуклидов растениями ЖНП в черноольшаниках немногочисленны. В первые годы после аварии на ЧАЭС содержание гамма-активных радионуклидов и ^{90}Sr в растениях ЖНП черноольшаника крапивного (в зоне отчуждения) и черноольшаника таволгового (за ее пределами) были высокими. По уровням их концентрации травянистые растения существенно различались между собой. За 1987–1993 гг. накопление гамма-содержащих радионуклидов видами ЖНП в черноольшаниках снизилось на 10–30 % за счет распада короткоживущих радионуклидов, а ^{90}Sr – выросло [5]. В черноольшанике крапивном на фоне общего уменьшения удельной активности и коэффициентов перехода гамма-активных радионуклидов в растения ЖНП за 1986–1997 гг. каждому виду была свойственна индивидуальная динамика этих показателей. У крапивы двудомной они снижались на протяжении всего периода наблюдений, у кочедыжника женского их падение замедлилось с 1989 г., у чистотела большого – с 1993 г., а у таволги вязолистной и осоки удлиненной они повышались с 1993 г. [7].

Цель настоящей работы – выявить современные уровни загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr доминантных видов ЖНП в наиболее распространенных типах черноольховых лесов зоны отчуждения ЧАЭС.

Объекты и методика исследований. Закладку ППН осуществляли в соответствии с требованиями [8]. Типы леса черноольшаников определяли по [9], видовой состав ЖНП на ППН – с использованием источника [10], обилие видов растений – по шкале Друде [11].

Объектами исследований являлись по шесть наиболее распространенных видов травянистых растений создающих фон растительного покрова в каждом типе леса. В черноольшанике снытевом это – звездчатка ланцетолистная, зеленчук желтый, обилие которых по шкале Друде оценивалось величиной сор₃, и сныть обыкновенная (sp); в черноольшаниках папоротниковом и осоковом – герань Роберта (sp–сор₂), череда олиственная (sp–сор₁), окопник лекарственный (sp), а также общие для всех типов леса виды – крапива двудомная (sp–сор₂), осока ложносытевая (sp–сор₂) и щитовник игольчатый (sol–сор₁).

Отбор проб наземной и подземной фитомассы у растений ЖНП производили равномерно по всей площади ППН в количестве необходимом для репрезентативной навески. Для определения плотности загрязнения почвы ($A_{\text{пов}}$) ^{137}Cs и ^{90}Sr на ППН по углам и диагонали в девяти контрольных точках отбирали пробы почвы стандартным пробоотборником диаметром 4 см на глубину 20 см.

Подготовку проб (измельчение образцов растений, высушивание образцов почвы и растений) выполнили в лабораторных условиях. Корни отмывали от частиц почвы. Удельную активность (A_y) ^{137}Cs и ^{90}Sr в пробах определяли в лаборатории спектрометрии и радиохимии заповедника на сцинтилляционном гамма-бета-спектрометре МКС-АТ1315 с погрешностью измерений не более 20 %.

Коэффициенты перехода (K_p) ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в компоненты фитомассы растений ЖНП рассчитывали как частное от A_y (Бк/кг) к $A_{\text{пов}}$ (кБк/м²).

Математико-статистическая обработка экспериментального материала осуществлялись на персональном компьютере с использованием программного пакета Microsoft Excel. Для оценки уровня статистической значимости различий средних K_p радионуклидов в части фитомассы ЖНП рассчитывали t-критерий Стьюдента для малых выборок.

Результаты исследований. Плотность загрязнения почв ^{137}Cs в ольсе снытевом составляет 655,8 кБк/м², в ольсе папоротниковом – 357,6 кБк/м², в ольсе осоковом – 364,3 кБк/м², ^{90}Sr – 94,5, 88,9 и 219,9 кБк/м² соответственно.

Известно [5], что накопление радионуклидов растениями ЖНП зависит, главным образом, от их видовой принадлежности, условий местопроизрастания и плотности загрязнения почвы. Оно индивидуально для каждого вида, имеет определенную общность для близкородственных систематических групп, а существенные различия, как правило, выражены между

семействами. Специфичность депонирования радионуклидов видами и частями растений определяется их морфологическим строением и физиологическими особенностями, видовым разнообразием (взаимным влиянием) растений в фитоценозе, индивидуальной площадью питания, условиями произрастания, селективностью поглощения отдельных химических элементов, включая радионуклиды, доступным количеством радионуклидов в корнеобитаемом слое почвы и рядом других факторов [2]–[5], [12]. Следовательно, виды ЖНП сильно различаются по уровням концентрации радионуклидов в различных частях фитомассы.

В черноольшаниках в надземных частях преобладающих видов растений ЖНП A_y ^{137}Cs изменяется от 4922 Бк/кг до 97411 Бк/кг, K_n – от $13,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$ до $267,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$, или в 19,8 раза; в подземной – от 6615 Бк/кг до 51000 Бк/кг и от $18,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$ до $140,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$ (в 7,7 раза) соответственно.

Индивидуальность накопления ^{137}Cs компонентами фитомассы каждым видом в разных условиях местопроизрастания (типах леса) показана в таблице 1. В восьми случаях из семнадцати K_n ^{137}Cs в надземной части доминантных видов ЖНП выше, чем в подземной, в четырех – они выше в подземной фитомассе, в пяти – в надземной и подземной фитомассе близки. Эти соотношения различаются по типам леса.

Таблица 1 – K_n ^{137}Cs и ^{90}Sr в фитомассу доминантных видов ЖНП, $\text{н} \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$

Тип леса	Вид растения	K_n ^{137}Cs		K_n ^{90}Sr	
		надземная	подземная	надземная	подземная
Черноольшаник снытевый	Щитовник игольчатый	71,5	29,1	3,9	8,6
	Звездчатка ланцетолистная	52,2	–	11,1	–
	Зеленчук желтый	45,7	36,9	15,0	7,6
	Крапива двудомная	21,8	19,1	20,0	7,7
	Осока ложносытевая	20,6	23,6	1,7	2,0
	Сныть обыкновенная	27,4	29,7	12,3	6,1
Черноольшаник папоротниковый	Щитовник игольчатый	88,3	19,6	3,1	8,1
	Герань Роберта	95,4	38,2	15,5	6,4
	Крапива двудомная	34,2	41,0	9,8	4,3
	Окопник лекарственный	61,1	38,3	3,2	4,2
	Осока ложносытевая	24,7	37,9	1,4	9,2
Черноольшаник осоковый	Щитовник игольчатый	143,6	33,6	2,9	5,2
	Герань Роберта	267,4	140,0	22,7	14,5
	Крапива двудомная	46,8	45,0	12,8	9,7
	Окопник лекарственный	95,4	75,6	8,0	6,3
	Осока ложносытевая	53,6	48,2	2,6	6,3
	Черда олиственная	13,5	18,2	4,8	5,3

Несмотря на высокие коэффициенты вариации, в каждом типе леса, а также суммарно на всех ПНП средние K_n ^{137}Cs в надземную фитомассу фоновых видов ЖНП на достаточно высоком доверительном уровне превышают средние K_n радионуклида в подземные части растений (таблица 2).

Таблица 2 – Статистическая характеристика средних K_n ^{137}Cs в фитомассу доминантных видов ЖНП

Статистики	Черноольшаник снытевый		Черноольшаник папоротниковый		Черноольшаник осоковый		Все типы леса	
	надземная	подземная	надземная	подземная	надземная	подземная	надземная	подземная
n	6	5	6	6	6	6	18	17
min–max	20,6–71,5	19,1–36,9	16,0–95,4	19,1–41,0	13,5–267,4	18,2–140,0	13,5–267,4	18,2–140,0
$M \pm m$	$39,9 \pm 9,0$	$27,7 \pm 3,4$	$53,3 \pm 15,0$	$32,4 \pm 4,5$	$103,4 \pm 41,2$	$60,1 \pm 19,5$	$65,5 \pm 14,8$	$40,8 \pm 7,3$
σ	20,2	6,7	33,6	10,1	92,0	43,5	61,1	29,2
V/p	50,7/22,7	24,3/12,2	63,0/28,2	31,3/14,0	89,0/39,8	72,4/32,4	93,3/22,6	71,7/17,9
t	3,060		3,270		2,331		6,320	
$t_{\text{таб.}}$	$t_{\text{таб. (0,02)}} = 2,821$		$t_{\text{таб. (0,01)}} = 3,169$		$t_{\text{таб. (0,05)}} = 2,228$		$t_{\text{таб. (0,001)}} = 4,587$	

С повышением индекса увлажнения почвы в типологическом ряду черноольшаник снытевый-черноольшаник папоротниковый-черноольшаник осоковый у произрастающих во всех типах леса крапивы двудомной, осоки ложносытевой и щитовника игольчатого увеличиваются $K_{\text{п}}^{137}\text{Cs}$ в надземную часть фитомассы, а также в подземную часть первых двух видов (таблица 1). В этом направлении растет интенсивность перехода радионуклида в обе части фитомассы всех фоновых видов ЖНП в среднем (таблица 2). Достоверные различия (на 95–99 % уровне значимости) средних $K_{\text{п}}^{137}\text{Cs}$ в надземную и подземную фитомассу доминантных видов ЖНП наблюдаются между черноольшаником осоковым с одной стороны и черноольшаниками снытевым и папоротниковым с другой (таблица 3).

Таблица 3 – Достоверность различий средних $K_{\text{п}}^{137}\text{Cs}$ в фитомассу доминантных видов ЖНП по типам леса

Тип леса	Черноольшаник снытевый		Черноольшаник папоротниковый	
	надземная	подземная	надземная	подземная
Черноольшаник папоротниковый	1,876	1,958	–	–
Черноольшаник осоковый	2,801*	4,005**	3,693**	3,398**

Примечание. Различия достоверны: * – на 95 %, ** – на 99 % уровнях значимости.

Видоспецифичность накопления ^{137}Cs фитомассой доминантных видов ЖНП по типам черноольховых лесов отражают ранжированные ряды (таблица 4). Просматриваются общие черты распределения уровней загрязнения ^{137}Cs надземных частей растений в разных типах леса. Общие для ППН виды по величинам $K_{\text{п}}^{137}\text{Cs}$ в надземную фитомассу в черноольшаниках снытевом и папоротниковом располагаются в ряду осока ложносытевая < крапива двудомная < щитовник игольчатый, в черноольшанике осоковом – крапива двудомная < осока ложносытевая < щитовник игольчатый. Ранжирование доминантных видов по $K_{\text{п}}^{137}\text{Cs}$ в подземные их части индивидуально для каждого типа леса.

Таблица 4 – Ранжированные ряды доминантных видов ЖНП по $K_{\text{п}}^{137}\text{Cs}$ в фитомассу

Тип леса	Надземная часть	Подземная часть
Черноольшаник снытевый	осока ложносытевая < крапива двудомная < сныть обыкновенная < зеленчук желтый < звездчатка ланцетолистная < щитовник игольчатый	крапива двудомная < осока ложносытевая < сныть обыкновенная < щитовник игольчатый < зеленчук желтый
Черноольшаник папоротниковый	череда олиственная < осока ложносытевая < крапива двудомная < окопник лекарственный < щитовник игольчатый < герань Роберта	череда олиственная < щитовник игольчатый < осока ложносытевая < герань Роберта < окопник лекарственный < крапива двудомная
Черноольшаник осоковый	череда олиственная < крапива двудомная < осока ложносытевая < окопник лекарственный < щитовник игольчатый < герань Роберта	череда олиственная < щитовник игольчатый < крапива двудомная < осока ложносытевая < окопник лекарственный < герань Роберта

В 1997 г. в черноольшанике крапивном (D_4) зоны отчуждения ЧАЭС $K_{\text{п}}$ гамма-активных радионуклидов в шесть видов ЖНП колебались в пределах $14,5\text{--}90,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$, в том числе в крапиву двудомную – $14,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$, в кочедыжник женский – $90 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$, в осоку удлиненную – $60 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$ [7]. Так как в 1996 г. парциальный вклад ^{137}Cs в $A_{\text{пов}}$ составлял 95,5–98,2 % [13], то приведенные выше величины фактически являлись $K_{\text{п}}$ этого радионуклида в указанные виды растений. В условиях аналогичного увлажнения почвы (черноольшаник папоротниковый, C_4) в 2019 г. $K_{\text{п}}^{137}\text{Cs}$ в надземную фитомассу доминантных видов ЖНП составляли $16,0\text{--}95,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$, в том числе в фитомассу крапивы двудомной – $34,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$, щитовника игольчатого – $88,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$, осоки ложносытевой – $37,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$ (таблица 1). Следовательно, в черноольшаниках со сходной влагообеспеченностью почв загрязнение ^{137}Cs как близкородственных, так и доминантных видов ЖНП в целом за последние 22 года изменилось слабо и через 33 года после аварии на ЧАЭС продолжает оставаться высоким.

В надземной части преобладающих видов растений ЖНП в черноольшаниках $A_{\text{у}}^{90}\text{Sr}$ варьировала в диапазоне 121–4992 Бк/кг (максимальное значение превышало минимальное в

41,2 раза), в подземной – 192–3191 Бк/кг (в 16,6 раз). Диапазон варьирования $K_{\text{п}}$ ^{90}Sr в надземных частях фитомассы между отдельными видами составлял $1,4\text{--}22,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$ (16,2 раза), в подземных – $2,0\text{--}14,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{кг}$ (7,2 раза).

Накопление ^{90}Sr доминантными видами травянистых растений в ольсах приведено в таблице 1. Поступление его в надземную и подземную фитомассу ЖНП различается по видам растений и типам леса. В семи случаях $K_{\text{п}}$ радионуклида выше в надземных частях растений, в шести – в подземных, в четырех случаях значения близки. В черноольшанике снытевом $K_{\text{п}}$ ^{90}Sr выше в надземных частях растений, в папоротниковом – в подземных, в осоковом соотношение равное.

Средние $K_{\text{п}}$ ^{90}Sr для доминантных видов ЖНП в надземную и подземную фитомассу наиболее существенно (на 99 % уровне значимости) различаются между собой только в черноольшанике снытевом, приуроченном к полугидроморфным почвам. В черноольшаниках папоротниковых и осоковых (гидроморфные почвы) они близки. Суммарно в трех типах черноольшаников преобладающие виды ЖНП достоверно (на 99,9 % уровне значимости) интенсивнее аккумулируют ^{90}Sr в надземных частях по сравнению с подземными (таблица 5).

Таблица 5 – Статистическая характеристика средних $K_{\text{п}}$ ^{90}Sr в фитомассу доминантных видов ЖНП

Статистики	Черноольшаник снытевый		Черноольшаник папоротниковый		Черноольшаник осоковый		Все типы леса	
	надземная	подземная	надземная	подземная	надземная	подземная	надземная	подземная
n	6	5	6	6	6	6	18	17
min-max	1,7–20,0	2,0–8,6	1,4–15,5	4,2–9,2	2,6–22,7	5,2–14,5	1,4–22,7	2,0–14,5
$M \pm m$	$11,5 \pm 2,7$	$6,4 \pm 1,3$	$5,9 \pm 2,5$	$6,4 \pm 0,9$	$9,0 \pm 3,5$	$7,9 \pm 1,6$	$8,8 \pm 1,6$	$6,9 \pm 0,7$
σ	6,1	2,6	5,6	2,0	7,7	3,6	6,6	2,8
V/p	53,4/23,9	40,9/20,5	95,8/42,9	31,2/13,9	86,2/38,6	46,1/20,6	75,3/18,3	39,7/9,9
t	4,022*		1,085		0,694		4,440**	

Примечание. Различия достоверны: * – на 99 %, ** – на 99,9 % уровнях значимости.

С ростом влажности почв в типологическом ряду черноольшаник снытевый–черноольшаник папоротниковый–черноольшаник осоковый тенденция снижения $K_{\text{п}}$ ^{90}Sr в надземную и подземную фитомассу наблюдается только у щитовника игольчатого (таблица 1). Изменение средних $K_{\text{п}}$ ^{90}Sr в надземных частях доминантных видов ЖНП не синхронизируется с влагообеспеченностью почв, в подземных этот показатель несколько повышен в черноольшанике осоковом (таблица 5).

Достоверные (на 99 % уровне значимости) различия средних $K_{\text{п}}$ ^{90}Sr для шести фоновых видов ЖНП установлены только для надземной фитомассы между черноольшаником снытевым и черноольшаником папоротниковым (таблица 6).

Таблица 6 – Достоверность различий средних $K_{\text{п}}$ ^{90}Sr фитомассу доминантных видов ЖНП по типам леса

Тип леса	Черноольшаник снытевый		Черноольшаник папоротниковый	
	надземная	подземная	надземная	подземная
Черноольшаник папоротниковый	3,712*	0,048	–	–
Черноольшаник осоковый	1,396	1,677	1,787	1,920

Примечание. * Различия достоверны на 99 % уровне значимости.

Ранжированные ряды доминантных видов растений ЖНП по $K_{\text{п}}$ ^{90}Sr в части их фитомассы различаются по типам леса (таблица 7), но для надземных частей растений наблюдается общая тенденция чередования видов в разных типах леса в ряду повышения $K_{\text{п}}$ ^{90}Sr . Более близки между собой ряды на гидроморфных почвах. В частности у произрастающих на всех ППН видов ЖНП характерно повышение $K_{\text{п}}$ ^{90}Sr в надземную часть фитомассы в ряду осока ложносытевая < щитовник игольчатый < крапива двудомная.

Таблица 7 – Ранжированные ряды доминантных видов ЖНП по K_p ^{90}Sr в фитомассу

Тип леса	Надземная часть	Подземная часть
Черноольшаник снытевый	осока ложносытевая<щитовник игольчатый<снить обыкновенная<звездчатка ланцетолистная< зеленчук желтый<крапива двудомная	осока ложносытевая<снить обыкновенная<зеленчук желтый<крапива двудомная< щитовник игольчатый
Черноольшаник папоротниковый	осока ложносытевая<череда олиственная<щитовник игольчатый<окопник лекарственный< крапива двудомная<герань Роберта	окопник лекарственный<крапива двудомная< череда олиственная<герань Роберта<щитовник игольчатый<осока ложносытевая
Черноольшаник осоковый	осока ложносытевая<щитовник игольчатый<череда олиственная<окопник лекарственный<крапива двудомная<герань Роберта	щитовник игольчатый<череда олиственная<осока ложносытевая<окопник лекарственный< крапива двудомная<герань Роберта

Благодаря высокой подвижности ^{137}Cs в полугидроморфных и гидроморфных почвах [3], доминантные растения ЖНП черноольшаников поглощают ^{137}Cs более интенсивно, чем ^{90}Sr , что подтверждают величины соотношений коэффициентов перехода этих радионуклидов. В надземной фитомассе всех фоновых травянистых растений соотношение K_p $^{137}\text{Cs}/K_p$ ^{90}Sr составляет 1,1–49,5, в подземной – 2,4–12,0, в том числе в черноольшанике снытевом – 1,1–18,3 и 2,5–11,8, в черноольшанике папоротниковом – 3,5–28,5 и 2,4–9,5, в черноольшанике осоковом – 2,8–49,5 и 3,4–12,0 соответственно. Средние превышения K_p ^{137}Cs над K_p ^{90}Sr в надземной фитомассе для преобладающих видов ЖНП увеличиваются от черноольшаника снытевого (в 4,6 раза) до черноольшаников папоротникового (в 13,8) и осокового (в 16,7). В подземной фитомассе этот рост выражен слабее – в 5,5, в 5,7 и в 7,3 раза соответственно.

Заключение. В 2019 г. доминантные виды ЖНП в преобладающих типах леса черноольховых лесов зоны отчуждения ЧАЭС характеризовались высокой степенью загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr .

В силу специфичности поглощения радионуклидов и неоднородности условий произрастания, главным образом увлажнения почв, наблюдались значительные различия в накоплении радионуклидов видами ЖНП и частями их фитомассы.

Ранжированные ряды преобладающих видов ЖНП по K_p ^{137}Cs и K_p ^{90}Sr в фитомассу индивидуальны для каждого типа леса. Однако в надземной ее части просматриваются общие черты расположения травянистых видов по величинам этих показателей. Наиболее сходны эти ряды в типах леса, приуроченных к гидроморфным почвам.

Средние K_p ^{137}Cs в надземную фитомассу доминантных видов ЖНП достоверно выше, чем в подземную в черноольшаниках снытевом, папоротниковом и осоковом, K_p ^{90}Sr – в черноольшанике снытевом, K_p обоих радионуклидов – в черноольховой формации в целом.

С повышением влажности почвы интенсивность перехода ^{137}Cs в части фоновых видов ЖНП увеличивается. Переход ^{90}Sr в фитомассу травянистых растений, за исключением щитовника игольчатого, с влагообеспеченностью почв практически не связан.

Установлены различия средних K_p ^{137}Cs в фитомассу всех доминантных видов ЖНП черноольшаника осокового с черноольшаниками снытевым и папоротниковым, а также среднего K_p ^{90}Sr в надземную фитомассу черноольшаников снытевого и папоротникового.

В черноольшаниках K_p ^{137}Cs в фитомассу доминантных видов ЖНП выше, чем K_p ^{90}Sr , а разница между ними растет с повышением гидроморфизма почв.

Литература

1. Гарбарук, Д. К. Структура черноольховых лесов Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / Д. К. Гарбарук, А. В. Углянец // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования : сб. науч. ст. Березинского биосферного заповедника. – 2017. – Вып. 12. – С. 32–49.
2. Переволоцкий, А. Н. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесных биогеоценозах / А. Н. Переволоцкий. – Гомель : Институт радиологии, 2006. – 255 с.

3. Щеглов, А. И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах: по материалам 10-летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС / А. И. Щеглов. – М. : Наука, 2000. – 268 с.
4. Радиоэкологические последствия Чернобыльской аварии / В. С. Аверин [и др.] // 20 лет после чернобыльской катастрофы : последствия в Республике Беларусь и их преодоление. Национальный доклад ; под ред. В. Е. Шевчука, В. Л. Гурачевского. – Минск : Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете Министров Респ. Беларусь, 2007. – С. 13–35.
5. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси / В. И. Парфенов [и др.] ; под общ. ред. В. И. Парфенова, Б. И. Якушева. – Минск : Навука і тэхніка, 1995. – 578 с.
6. Юркевич, И. Д. Леса Белорусского Полесья (геоботанические исследования) / И. Д. Юркевич, Н. Ф. Ловчий, В. С. Гельтман. – Минск : Наука и техника, 1977. – 288 с.
7. Динамика радиоактивного загрязнения почв и растений природно-растительных комплексов в зоне отселения ЧАЭС на территории Беларуси / Б. И. Якушев [и др.] // 10 лет Полесскому государственному радиационно-экологическому заповеднику : сб. ст. Полесского государственного радиационно-экологического заповедника ; сост.: Т. М. Одинцова, К. М. Киреенко ; под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск, 1998. – С. 15–23.
8. Радиационный мониторинг лесного фонда. Закладка постоянного пункта наблюдения. Порядок проведения = Радыяцыйны маніторынг ляскога фонда. Закладка пастаяннага пункта назірання. Парадак правядзення : ТКП 498-2013 (02080). – Введ. 03.10.13. – Минск : Министерство лесного хозяйства Респ. Беларусь, 2013. – 28 с.
9. Юркевич, И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах / И. Д. Юркевич – Минск : Наука и техника, 1980. – 120 с.
10. Определитель высших растений Беларуси / Под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
11. Учебная полевая практика по геоботанике: учебно-методическое пособие / сост.: Г.А. Сорокина [и др.]. – Красноярск : СФУ, 2012. – 30 с.
12. Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС : состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / В. А. Ипатьев [и др.] ; под общ. ред. В. А. Ипатьева. – Гомель : Речицкая укрупненная типография, 1999. – 454 с.
13. Булавик, И. М. Динамика радиационной обстановки в лесных экосистемах / И. М. Булавик, А. Н. Переволоцкий // 10 лет Полесскому государственному радиационно-экологическому заповеднику : сб. ст. Полесского государственного радиационно-экологического заповедника ; сост.: Т. М. Одинцова, К. М. Киреенко ; под общ. ред. В. И. Парфенова. – Минск, 1998. – С. 45–53.

Полесский государственный
радиационно-экологический заповедник

Поступила в редакцию 10.07.2020