

## СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ $^{137}\text{Cs}$ В ПОЧВЕ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛИГОНОВ 30-КИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЫ ЧАЭС И «ЮЖНОГО СЛЕДА»

Н. Е. Зарубина, И. А. Малюк, Э. Ю. Котишевская, С. В. Телецкая,  
А. И. Головач, Л. А. Головач

*Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев*

Исследовались сезонные изменения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почве. На территории полигонов «Парышев» и «Стайки» минимальные уровни удельной активности этого радионуклида в слое лесной подстилки соответствует по времени максимальным значениям содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почве в слоях 0 - 5 и 5 - 10 см. На территории полигона «Дитятки» изменения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в слое лесной подстилки и верхнем (0 - 5 см) слое почв совпадают.

*Ключевые слова:* содержание  $^{137}\text{Cs}$ , почва послойно, сезонная динамика.

После аварии на ЧАЭС огромное количество публикаций посвящено загрязнению почв  $^{137}\text{Cs}$ . В литературе рассматриваются такие вопросы, как распределение и перераспределение этого радионуклида по вертикальному профилю почв, зависимость уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  от типа почв, состава и количества гумуса и др. [1 - 7]. Однако сезонные изменения уровней удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в различных почвенных слоях практически не изучаются. В работе [8] указывается, что существуют сезонные колебания содержания  $^{137}\text{Cs}$  в различных компонентах лесных экосистем. По данным [7], интенсивность биогеохимических процессов, определяющих поведение радионуклидов в системе «почва - растение» в лесных экосистемах, нестабильна и изменяется в годовом цикле.

Целью нашей работы было исследование сезонных изменений уровней удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в почве.

### Материалы и методики

Пробы почв отбирались послойно: опад, подстилка, слой почвы 0 - 5 см и слой почвы 5 - 10 см. Полигоны относятся к одному типу экотопы (А1), характеризуются типами почв: «Дитятки» – дерново-подзолистая, песчаная; «Стайки» – дерново-подзолистая, песчаная; «Парышев» – дерново-подзолистая, глеевато-песчаная; различаются уровнем загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$ .

Для исследования послеаварийной динамики содержания  $^{137}\text{Cs}$  пробы почв отбирались в осенний период: в конце сентября - середине октября ежегодно. На полигонах «Дитятки» (зона отчуждения и зона безусловного (обязательного) отселения) и «Стайки» (территория «южного следа») пробы отбирались в период с 1986 г. по настоящее время (2009 г.); на полигоне «Парышев» (зона отчуждения и зона безусловного (обязательного) отселения) - с 1995 г.

Для исследования сезонной динамики содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почвах отбор проб проводился ежемесячно в 2007 - 2009 гг. Исключение составляет полигон «Стайки», на котором отбор проб не проводится с декабря по март.

Пробы почв отбирались с учетом таких требований:

на местах с ненарушенной после формирования радиоактивного загрязнения поверхностью при отсутствии признаков смыва или намыва поверхностного слоя почв за это же время;

на задернованных местах;

место пробоотбора должно быть ровным, однородным, открытым.

Почвы отбирались методом «конверта»: со стороны 1 м – полигоны «Дитятки» и «Парышев»; со стороны 1,5 м – полигон «Стайки» с помощью пробоотборника площадью 100 см<sup>2</sup>. После отбора пробы почвы с одного полигона и одной глубины помещали в один полиэтиленовый пакет. В лабораторных условиях методом квартирования отделялась одна проба массой не меньше 0,5 кг.

При подготовке проб к гамма-спектрометрическим измерениям их высушивали до воздушно-сухой массы при комнатной температуре.

Перед измерениями пробы взвешивались, тщательно измельчались, перемешивались [9 - 11]. Измерение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в пробах почв послойно проводилось по стандартным методикам.

### Результаты исследований и их обсуждение

На территории всех полигонов исследований отмечено постепенное ежегодное снижение уровней удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в лесной подстилке и слое почв 0 - 5 см (рис. 1 - 3). Характерным является более медленное снижение содержания этого радионуклида на территории, менее загрязненной в результате аварии - полигоне

«Стайки». На этом полигоне содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве снизилось по сравнению с 1986 г. приблизительно в два раза. На территории зоны отчуждения и зоны безусловного отселения ЧАЭС по сравнению с 1986 г. уменьшение уровней удельной активности в почве составляет один порядок.

На территории всех полигонов до настоящего времени (2009 г.) основной запас  $^{137}\text{Cs}$  находится в слое лесной подстилки. В слое почв 0 - 5 см его количество меньше приблизительно в 10 раз - всего около 10 % от общего запаса (см. рис. 1 - 3).

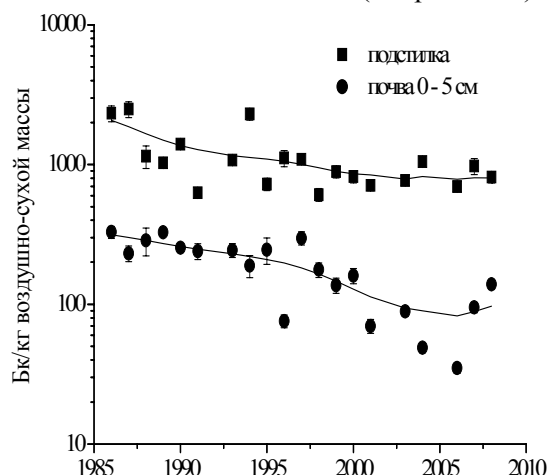


Рис. 1. Динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  в слое лесной подстилки и почвы (0 - 5 см) на полигоне «Стайки».

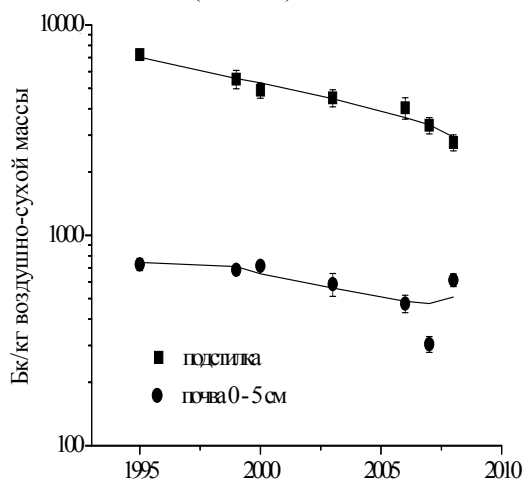


Рис. 2. Динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  в слое лесной подстилки и почвы (0 - 5 см) на полигоне «Парышев».

Анализ сезонных изменений уровней удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в почве указывает на то, что на протяжении года колебания содержания этого радионуклида могут быть значительными (до 4,5 раз) (табл. 1 - 3).

Сезонная динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  в разных слоях почвы сходна для двух полигонов, находящихся на разном расстоянии от ЧАЭС - «Стайки» и «Парышев» (см. табл. 1 и 2). Однако на полигоне «Стайки» пробы почв не отбираются в

период с конца ноября до конца марта - начала апреля. Поэтому изменение уровней удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в пробах почвы к концу вегетационного периода на этой точке пробоотбора не зафиксировано, в отличие от полигона «Парышев».

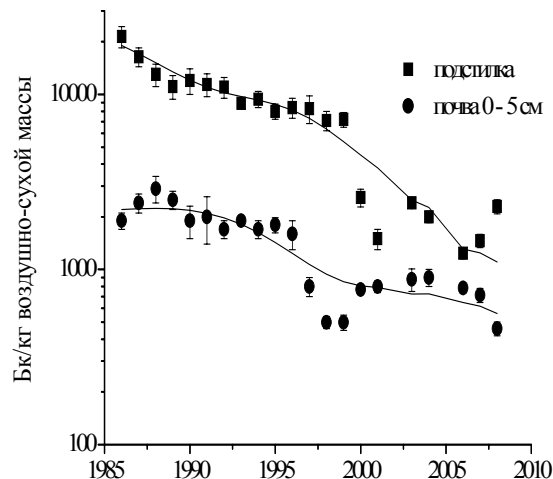


Рис. 3. Динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  в слое лесной подстилки и почвы (0 - 5 см) на полигоне «Дитятки».

На обоих полигонах закономерности содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почвенных слоях 0 - 5 см и 5 - 10 см сходны - максимумы и минимумы совпадают по времени. Противоположные закономерности характерны для слоя лесной подстилки. Т.е. минимум уровней удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в подстилке совпадает по времени с максимальным содержанием этого радионуклида в почве в слоях 0 - 5 и 5 - 10 см. По-видимому, в конце вегетационного периода с отмиранием части биоты,  $^{137}\text{Cs}$  может освобождаться из слоя подстилки и перемещаться в минеральную часть почвы. С началом вегетации активный рост почвенной биоты и ее потребность в калии, вероятно, может приводить к перемещению химического аналога калия -  $^{137}\text{Cs}$  из более глубоких слоев почвы в слой лесной подстилки - наиболее густо заселенной части почв.

Для полигона «Дитятки» характерной чертой вертикального разреза почв является очень тонкий (1,5 см) слой лесной подстилки, в отличие от других полигонов исследования, на которых он равен приблизительно 5 см. На этом полигоне сезонные различия не носят волнообразного характера, а являются более хаотическими. Для этого полигона колебания содержания цезия в слое лесной подстилки соответствуют колебаниям в слое почв 0 - 5 см, а противоположные изменения характерны для более глубокого слоя почв - 5 - 10 см (см. табл. 3).

Таблица 1. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве, полигон «Стайки», Бк/кг воздушно-сухой массы

Дата отбора	Подстилка		Почва 0 - 5 см		Почва 5 - 10 см	
	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
04.05.2007	640	60	40	5	40	5
10.06.2007	760	70	50	5	20	1
29.06.2007	620	60	170	15	20	2
14.07.2007	980	90	90	10	30	2
18.08.2007	980	80	100	10	15	1
11.10.2007	1430	130	90	10	10	1
14.11.2007	1150	90	20	1	10	1
20.04.2008	2840	150	100	10	50	5
10.05.2008	2910	260	70	10	20	2
04.07.2008	1060	90	40	5	10	2
29.07.2008	1410	100	100	5	20	2
19.08.2008	1490	130	50	5	20	1
27.09.2008	1930	180	70	5	20	1
24.10.2008	760	50	60	5	20	2
06.11.2008	820	80	140	10	50	4
18.11.2008	1980	170	100	10	30	3
18.04.2009	1720	110	40	5	10	1
28.05.2009	970	70	10	1	20	2
02.07.2009	1670	140	60	5	20	2
31.07.2009	2530	200	40	5	10	1

Таблица 2. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве, полигон «Парышев», Бк/кг воздушно-сухой массы

Дата отбора	Подстилка		Почва 0 - 5 см		Почва 5 - 10 см	
	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
04.09.2007	6440	430	470	40	170	10
20.09.2007	5700	460	240	20	80	10
17.10.2007	3300	290	300	30	130	10
07.11.2007	3500	270	240	10	90	10
21.11.2007	2500	160	490	40	210	20
14.02.2008	5200	340	420	30	160	10
28.02.2008	3475	250	280	30	100	10
20.03.2008	10000	740	280	30	130	10
17.04.2008	3500	300	600	50	140	10
14.05.2008	8700	450	150	10	80	10
21.06.2008	3900	320	490	40	100	10
25.07.2008	4900	360	180	10	70	10
27.08.2008	4000	320	270	20	120	10
01.10.2008	3800	300	1200	100	950	80
26.10.2008	2800	240	600	40	180	20
25.12.2008	3300	280	90	10	130	12
12.03.2009	3800	280	530	40	132	10
04.04.2009	4400	380	460	40	70	10
30.04.2009	4400	290	300	30	140	10
21.05.2009	7200	550	480	40	150	10
10.07.2009	3200	280	650	50	230	20
04.08.2009	2600	170	580	50	280	20

Таблица 3. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве, полигон «Дитятки», Бк/кг воздушно-сухой массы

Дата отбора	Подстилка		Почва 0 - 5 см		Почва 5 - 10 см	
	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
04.09.2007	760	70	790	60	60	10
20.09.2007	1460	120	710	70	80	10
17.10.2007	450	40	620	40	280	30

Дата отбора	Подстилка		Почва 0 - 5 см		Почва 5 - 10 см	
	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
07.11.2007	510	50	540	50	190	20
21.11.2007	840	70	440	40	280	30
14.02.2008	1740	100	470	30	190	20
28.02.2008	2160	180	150	10	50	10
20.03.2008	970	90	610	50	110	10
17.04.2008	1190	90	1270	80	160	10
14.05.2008	2920	160	470	40	100	10
21.06.2008	1240	100	690	60	90	10
25.07.2008	1830	120	410	40	80	10
27.08.2008	1980	180	980	80	90	10
01.10.2008	2290	210	460	40	230	20
26.10.2008	1560	140	790	70	210	20
25.12.2008	1270	110	1530	130	120	10
12.03.2009	1550	120	790	60	110	10
04.04.2009	1150	90	830	70	130	10
30.04.2009	2100	170	920	80	230	20
21.05.2009	1500	100	400	90	90	10
10.07.2009	2370	250	420	90	90	10
04.08.2009	2790	190	700	50	200	20

### Заключение

В результате проведенных исследований наблюдалось изменение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в разных почвенных слоях на протяжении года. На поли-

гонах с мощным слоем лесной подстилки (5 см) независимо от месторасположения и расстояния от ЧАЭС минимумы содержания  $^{137}\text{Cs}$  в ней совпадают с максимальным содержанием этого радионуклида в почве в слоях 0 - 5 и 5 - 10 см.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеевский В.Е., Иванушкина Н.И., Рябцева Г.П., Наседкин И.Ю. Распределение изотопов по профилю почво-грунтов зоны аэрации на мелиоративных системах // Чернобыль'88. Докл. I Всесоюз. науч.-техн. совещ. по итогам ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Т. 6. Меры по уменьшению миграции и захоронение радиоактивных отходов. - Чернобыль, 1989. - С. 99 - 107.
2. Лощилов Н.А., Иванов Ю.А., Кашиаров В.А. Вертикальная миграция в почвах Полесья р/н выброса ЧАЭС в различных физико-химических формах // Проблемы с/х радиологии. Сб. науч. тр. / Под ред. Н. А. Лощилова. - К., 1991. - С. 36 - 44.
3. Круглов С.В., Куринов А.Д., Архипов Н.П. Формы нахождения радионуклидов в почвах 30-км зоны ЧАЭС и их изменение со временем // Сб. докл. Т. 1. IV Междунар. науч.-техн. конф. "Итоги 8 лет работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС". - Минчернобыль Украины, 1994. - С. 243 - 250.
4. Шестопалов В.М., Бублясь В.Н., Гудзенко В.В. и др. Изучение процесса быстрой вертикальной миграции р/н в геологической среде // Сб. докл. Междунар. науч. конф. «Чернобыль-94». - К., 1994. - Т. 1. - С. 110 - 119.
5. Бондаренко Г.Н., Кононенко Л.В. Распределение форм нахождения стронция-90 и цезия-137 по вертикальным почвенным разрезам зоны отчуждения ЧАЭС // Проблемы Чернобыльской зоны відчуження. - 1995. - Вип. 2. - С. 176 - 185.
6. Исследования физико-химических форм нахождения радионуклидов и их трансформация с учетом типов выпадений и экологических факторов: (Отчет о НИР по договору № 13/130, 133, 135). - ЧенЦМИ, 1998. - 202 с.
7. Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах. - М.: Наука, 1999. - 267 с.
8. Переволоцкий А.Н. Распределение  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в лесных биогеоценозах. - Минск: РНИУП «Институт радиологии», 2006. - 256 с.
9. Инструкции и методические указания по оценке радиационной обстановки на загрязненной территории / Под ред. Ю. А. Израэля. - М., 1989. - 118 с.
10. Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах в зоне радиоактивного загрязнения со средней плотностью до 5 Ки/кв. км цезия-137. - К., 1991. - 37 с.
11. Методичні рекомендації «Пробовідбір повітря, води, ґрунту, донних осадів та атмосферних випадань для визначення вмісту радіонуклідів». - К., 1998. - 29 с.

**СЕЗОННІ ЗМІНИ РІВНІВ ПИТОМОЇ АКТИВНОСТІ  $^{137}\text{Cs}$  В ҐРУНТІ НА ТЕРИТОРІЇ ПОЛІГОНІВ 30-КІЛОМЕТРОВОЇ ЗОНИ ЧАЕС ТА «ПІВДЕННОГО СЛІДУ»****Н. Є. Зарубіна, І. А. Малюк, Е. Ю. Котишевська, С. В. Телецька, А. І. Головач, Л. О. Головач**

Досліджувалися сезонні зміни вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунті. На території полігонів «Паришів» і «Стайки» мінімальні рівні питомої активності цього радіонукліда в шарі лісової підстилки відповідають за часом максимальним значенням вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунті в шарі 0 - 5 і 5 - 10 см. На території полігону «Дитятки» зміни вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в шарі лісової підстилки і верхньому (0 - 5 см) шарі ґрунту збігаються.

*Ключові слова:* вміст  $^{137}\text{Cs}$ , ґрунт пошарово, сезонна динаміка.

**SEASONAL CHANGES OF SPECIFIC ACTIVITY OF  $^{137}\text{Cs}$  IN SOIL ON THE TERRITORY OF RANGES 30-km ZONES OF ChNPP AND «THE SOUTHERN TRACE»****N. E. Zarubina, I. A. Maliyk, E. Ju. Kotishevskaya, S. V. Teletskaya, A. I. Golovach, L. A. Golovach**

Seasonal changes of the content of  $^{137}\text{Cs}$  in soil were investigated. On the territory of “Parishev” and “Stayki” ranges minimum levels of specific activity of radionuclide in the layer of a wood laying corresponds on time to the maximum values of  $^{137}\text{Cs}$  content in soil in layer 0 - 5 and 5 - 10 cm. On the territory of “Dityatki” range the changes of the content of  $^{137}\text{Cs}$  in a layer of a wood laying and top (0 - 5 cm) a layer of soils coincide.

*Keywords:* content of  $^{137}\text{Cs}$ , soil, season's dynamic.

Поступила в редакцию 07.09.2009,  
после доработки - 14.12.09.