

doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.09.105>

УДК 582.287.539.16 : 546.36

Н.Е. Зарубина

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

E-mail: nataliia.zarubina@gmail.com, zarubina@kinr.kiev.ua

Изменение содержания ^{137}Cs в различных объектах лесных экосистем зоны отчуждения Чернобыльской АЭС в течение календарного года

Представлено членом-корреспондентом НАН Украины В.И. Слисенко

*Исследованы сезонные изменения содержания ^{137}Cs в почве и растительности лесных экосистем на территории зоны отчуждения Чернобыльской АЭС. Зависимости изменения концентраций ^{137}Cs от сезона года в почвах не выявлено. В хвое и побегах *Pinus sylvestris* максимальные значения концентрации радионуклида отмечаются в весенне-летний период. Установлено наличие линейной зависимости между сезонными изменениями содержания ^{137}Cs в хвое и побегах *P. sylvestris* на полигонах с разным уровнем загрязнения. Совпадающие по времени изменения содержания ^{137}Cs в исследованных органах *P. sylvestris* на разных полигонах свидетельствуют об общих для лесных экосистем закономерностях перераспределения ^{137}Cs по цепи почва – растительность в течение года.*

Ключевые слова: зона отчуждения Чернобыльской АЭС, лесные экосистемы, сезонные изменения, содержание ^{137}Cs .

В многочисленных исследованиях, проводимых после аварии на Чернобыльской АЭС, отмечено постепенное снижение содержания ^{137}Cs во всех объектах природных и полуприродных экосистем с течением времени. Но на фоне этого снижения концентраций отмечаются колебания значений удельной активности ^{137}Cs в течение календарного года. Для дикорастущих растений и лесных экосистем таких работ немного и результаты исследований часто противоречивы.

Показано [1], что в древесине сосны, березы и осины регистрируется незначительное повышение удельной активности ^{137}Cs к осени, у ели таких изменений не отмечено. С сентября—октября содержание этого радионуклида в древесине повышается. В коре исследованных видов деревьев (кроме березы) зафиксированы такие же колебания концентрации ^{137}Cs .

В работе [2] отмечено, что у дуба наблюдается возрастание удельной активности ^{137}Cs в 1,5 раза от весны к лету, в то время как для ольхи характерен противоположный процесс. Для сосны сезонные колебания не прослеживались. Исследования древесины [3] показали незначительные изменения содержания ^{137}Cs в ней в зимний период.

© Н.Е. Зарубина, 2018

Согласно данным [4], уровень удельной активности ^{137}Cs в надземной фитомассе лесных экосистем зимой повышается в 10 раз по сравнению с маем. Сезонная динамика накопления ^{137}Cs в хвое текущего года *Pinus sylvestris* L. характеризуется практически однонаправленным изменением концентрации ^{137}Cs в сторону понижения от весны до осени [5]. Стабилизация наступает с сентября. Такие же закономерности отмечены для двулетней хвои. Но в то же время четко выраженных изменений в содержании этого радионуклида в дву- и трехлетней хвое в течение вегетационного сезона не наблюдается.

Исследования удельной активности ^{137}Cs в различных объектах лесных экосистем зоны отчуждения ЧАЭС проводились на двух полигонах — Лелев (30°09'36,63"Е, 51°19'19,74"N) и Парышев (51°17'57,54"Е, 30°18'17,43"N) на протяжении 2013 г. На обоих полигонах тип лесорастительных условий A_1 — бор сухой.

В качестве объектов исследования использованы: A_0l и A_0f+A_0h (лесная подстилка), слои 0—5 см и 5—10 см гумусово-элювиального горизонта HE почвы; однолетние и двулетние хвоя и побеги *P. sylvestris* — одни из наиболее загрязненных ^{137}Cs частей этого растения.

Отбор проб осуществлялся один раз в месяц в январе, феврале и марте. Начиная с апреля пробоотбор проводился один раз в две недели.

Тип почвы полигонов: дерново-скрытоподзолистая песчаная на древнеаллювиальных отложениях — Лелев; дерново-слабоподзолистая глинисто-песчаная глееватая почва на древнеаллювиальных отложениях — Парышев.

Для исключения влияния на расчеты периода полураспада ^{137}Cs данные измерений удельной активности этого радионуклида в пробах пересчитывались на дату аварии — 26 апреля 1986 г.

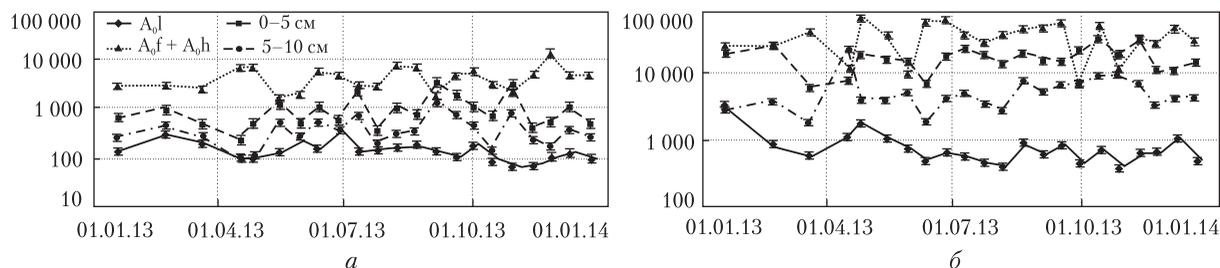


Рис. 1. Содержание ^{137}Cs в почве послойно на территории полигонов Парышев (а) и Лелев (б), Бк/кг воздушно-сухой массы, логарифмическая шкала

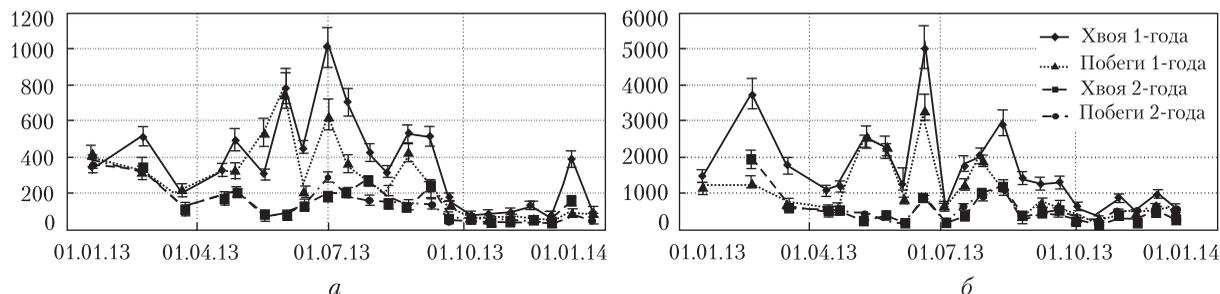


Рис. 2. Содержание ^{137}Cs в хвое и побегах *P. sylvestris* на территории полигонов Парышев (а) и Лелев (б), Бк/кг сухой массы

Содержание ^{137}Cs во всех исследованных объектах изменяется на протяжении календарного года. В разных почвенных слоях (рис. 1) максимумы удельной активности ^{137}Cs отмечаются на протяжении всего года и не совпадают по времени друг с другом. В хвое и побегах *P. sylvestris* максимальный уровень содержания ^{137}Cs отмечен в весенне-летний период (рис. 2).

На основе полученных данных рассчитаны коэффициенты корреляции (r) между содержанием ^{137}Cs в почве (послойно), одно- и двухлетних побегах и хвое на каждом полигоне. Согласно результатам расчетов ($r < |0,3|$), изменения содержания ^{137}Cs в разных почвенных слоях происходят независимо друг от друга, что указывает на различие процессов накопления и перераспределения ^{137}Cs в них. Не было установлено линейной зависимости между наблюдаемыми колебаниями содержания ^{137}Cs в почве (послойно) и изменением уровня удельной активности этого радионуклида в одно- и двухлетних хвое и побегах *P. sylvestris* ($r < |0,3|$).

Наличие корреляции между сезонными колебаниями значений удельной активности ^{137}Cs в хвое и побегах на каждом полигоне (табл. 1) указывает на сходство процессов накопления этого радионуклида как быстрорастущими однолетними хвоей и побегами, так и двухлетними.

С использованием метода корреляционного анализа проведено сравнение сезонных колебаний содержания ^{137}Cs в хвое и побегах *P. sylvestris* на полигонах Лелев и Парышев (табл. 2). Установлено, что изменение уровня удельной активности этого радионуклида как в сторону увеличения, так и уменьшения в хвое и побегах *P. sylvestris* на обоих полигонах происходит практически одновременно. Это указывает на то, что независимо от различий в уровне загрязнения, типе почв, расстоянии и направлении от ЧАЭС процессы аккумуляции ^{137}Cs в растениях имеют свои временные закономерности, т. е. основным фактором, влияющим на перераспределение этого радионуклида между почвой и *P. sylvestris*, являются именно процессы жизнедеятельности растений.

На основании результатов исследования, можно утверждать, что использовать лесную подстилку и верхние генетические горизонты лесных почв в качестве объектов мониторинга сезонной динамики содержания ^{137}Cs нецелесообразно. Уровень удельной активности ^{137}Cs в хвое и побегах *P. sylvestris* изменяется в зависимости от сезона. Периодические изменения содержания этого радионуклида в *P. sylvestris* свидетельствуют о том, что в лес-

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между удельной активностью ^{137}Cs в одно- и двухлетних побегах и хвое *P. sylvestris*

Исследуемые органы <i>P. sylvestris</i>	Парышев	Лелев
Однолетняя хвоя — однолетние побеги	+ 0,84	+ 0,88
Однолетняя хвоя — двухлетняя хвоя	+ 0,75	+ 0,81
Однолетняя хвоя — двухлетние побеги	+ 0,76	+ 0,82
Однолетние побеги — двухлетняя хвоя	+ 0,54	+ 0,56
Однолетние побеги — двухлетние побеги	+ 0,66	+ 0,67
Двухлетняя хвоя — двухлетние побеги	+ 0,76	+ 0,93

Таблица 2. Коэффициенты корреляции (r) между удельной активностью ^{137}Cs в хвое и побегах *P. sylvestris* на территории полигонов Лелев и Парышев

Содержание ^{137}Cs в однолетней хвое	+ 0,60
Содержание ^{137}Cs в однолетних побегах	+ 0,84
Содержание ^{137}Cs в двухлетней хвое	+ 0,69
Содержание ^{137}Cs в двухлетних побегах	+ 0,62

ных экосистемах выпавший после аварии радионуклид находится в постоянном круговороте: ^{137}Cs может как поступать в растение, так и выводиться из него. В почву ^{137}Cs поступает не только с опадом, но также происходит его отток из живых тканей *P. sylvestris*. Изменения содержания ^{137}Cs в хвое и побегах *P. sylvestris*, практически совпадающие по времени на полигонах с разным типом и уровнем первичного загрязнения, свидетельствуют о существовании общих для этого вида растительности сезонных закономерностей накопления и перераспределения ^{137}Cs в процессе жизнедеятельности растения вне зависимости от различий в уровне загрязнения ^{137}Cs почв.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Переволоцкий А.Н. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесных биогеоценозах. Минск: РНИУП «Институт радиологии», 2006. 256 с.
2. Пономарев А.В., Пономарева Е.Н., Барковский А.Н. и др. Динамика содержания ^{137}Cs в органах древесных растений лесов Брянской области. *Вопросы лесной радиоэкологии*. Москва: МГУЛ, 2000. С. 80–88.
3. Чилимов А.И., Богачев А.В. Результаты наблюдений за динамикой удельной активности ^{137}Cs в древесных растениях по данным минипроб. *Вопросы лесной радиоэкологии*. Москва: МГУЛ, 2000. С. 52–63.
4. Мухамедшин К.Д., Чилимов А.И., Безуглов В.К., Сныткин Г.В. Сертификация лесных ресурсов по радиационному признаку, как основа получения нормативно-чистой продукции лесного хозяйства на загрязненной радионуклидами территории. *Вопросы лесной радиоэкологии*. Москва: МГУЛ, 2000. С. 7–46.
5. Орлов О.О., Иркленко С.П., Турко В.М. Вміст ^{137}Cs в компонентах біогеоценозів мезооліготрофних боліт Українського Полісся та роль сфагнового покриву у перерозподілі потоків калію та ^{137}Cs в їх екосистемах. *Проблеми екології лісів і лісокористування на Поліссі України*. 1999. Вип. 6. С. 26–33.

Поступило в редакцию 26.02.2018

REFERENCES

1. Perevolotsky, A.N. (2006). Distribution of ^{137}Cs and ^{90}Sr in forest biogeocenoses. Minsk: RIPE "Institute of Radiology" (in Russian).
2. Ponomarev, A.V., Ponomareva, E.N., Barkovsky, A.N. et al. (2000). The dynamics of ^{137}Cs content in the organs of woody plants in the forests of the Bryansk region. In Questions of forest radioecology (pp. 80-88). Moscow: MGUL (in Russian).
3. Chilimov, A.I. & Bogachev, A.V. (2000). The results of observations of the dynamics of the specific activity of ^{137}Cs in woody plants according to the data of mini-tests. Questions of forest radioecology. Moscow: MGUL. pp. 52-63 (in Russian).
4. Mukhamedshin, K.D., Chilimov, A.I., Bezuglov, V.K. & Snytkin, G.V. (2000). Certification of forest resources on the basis of radiation, as a basis for obtaining normative-clean forestry products on the territory contaminated with radionuclides. In Questions of forest radioecology (pp. 7-46). Moscow: MGUL (in Russian).
5. Orlov, O.O., Irklienko, S.P. & Turko, V.M. (1999). The content of ^{137}Cs in the components of biogeocenoses of meso-oligotrophic marshes of Ukrainian Polissya and the role of the sphagnum cover in the redistribution of potassium and ^{137}Cs in their ecosystems. Problems of forest ecology and forest use in the Polissya of Ukraine, Iss. 6, pp. 26-33 (in Ukrainian).

Received 26.02.2018

Н.Є. Зарубіна

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ
E-mail: nataliia.zarubina@gmail.com, zarubina@kinr.kiev.ua

ЗМІНИ ВМІСТУ ^{137}Cs У РІЗНИХ ОБ'ЄКТАХ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АЕС ПРОТЯГОМ КАЛЕНДАРНОГО РОКУ

Проведено дослідження сезонних змін вмісту ^{137}Cs у ґрунті і рослинності лісових екосистем на території зони відчуження Чорнобильської АЕС. Залежності зміни концентрацій ^{137}Cs від сезону року в ґрунтах не виявлено. У хвої і пагонах *P. sylvestris* максимальні значення концентрації радіонукліда відзначаються у весняно-літній період. Встановлено наявність лінійної залежності між сезонними змінами вмісту ^{137}Cs у хвої і пагонах *P. sylvestris* на полігонах з різним рівнем забруднення. Зміни вмісту ^{137}Cs в досліджених органах *P. sylvestris*, які збігаються за часом на різних полігонах, свідчать про загальні для лісових екосистем закономірності перерозподілу ^{137}Cs по ланцюгу ґрунт — рослинність протягом року.

Ключові слова: зона відчуження Чорнобильської АЕС, лісові екосистеми, сезонні зміни, вміст ^{137}Cs .

N.Ye. Zarubina

Institute for Nuclear Research of the NAS of Ukraine, Kiev
E-mail: nataliia.zarubina@gmail.com, zarubina@kinr.kiev.ua

CHANGING THE CONTENTS OF ^{137}Cs IN VARIOUS OBJECTS OF THE FOREST ECOSYSTEMS OF THE ChNPP EXCLUSION ZONE DURING THE CALENDAR YEAR

Seasonal changes in the content of ^{137}Cs in the soil and vegetation of forest ecosystems on the territory of the Chernobyl exclusion zone have been studied. Dependences of changes in ^{137}Cs concentrations on the season of the year in the soils were not revealed. In the needles and branches of *P. sylvestris*, the maximum values of the ^{137}Cs concentration are noted in spring and summer. As a result of the studies, a linear relation was found between seasonal changes in the ^{137}Cs concentration in needles and branches of *P. sylvestris* in testing areas with different levels of contamination. Changes of the ^{137}Cs content in the studied organs of *P. sylvestris*, which coincide in time on different testing areas, indicate common regularities of the ^{137}Cs redistribution at the soil-vegetation chain in forest ecosystems throughout the year.

Keywords: ChNPP, exclusion zone, forest ecosystems, seasonal changes, content of ^{137}Cs .