

## ИЗУЧЕНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

УДК [574:539.163]:592/598

### НАКОПЛЕНИЕ $^{134} + ^{137}\text{Cs}$ НАСЕКОМЫМИ ИЗ 30-КИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

© 2003 г. А. С. Шляхтенок\*

Институт зоологии НАН Беларуси, Минск

Накопление  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  у насекомых исследовали в наиболее типичных биогеоценозах Полесского радиоэкологического заповедника (30-километровая зона Чернобыльской АЭС), имеющих разную мощность экспозиционной дозы. Показано, что удельная активность  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  у насекомых лесных биотопов одного порядка с кроной, а у насекомых открытых биотопов она выше, чем у растений. Выявлено два периода увеличения содержания  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  у насекомых: в мае и сентябре. В течение всего периода наблюдений у насекомых наряду с годовыми флуктуациями прослеживалась тенденция к снижению и стабилизации содержания  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$ .

*30-километровая зона Чернобыльской АЭС, насекомые,  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$ , динамика накопления.*

В момент аварии на ЧАЭС радиационный фон в Беларуси определялся в основном 21 радионуклидом. В настоящее время большинство из них (с коротким периодом полураспада) прекратили свое существование. В то же время отмечается увеличение доли  $^{137}\text{Cs}$ , который становится основным компонентом радиоактивного загрязнения. Причем до 98%  $^{137}\text{Cs}$  сосредоточено в почвах природно-растительных комплексов в слое 0–5 см. Среди растительных сообществ наибольшая загрязненность радионуклидами зарегистрирована в лесных (особенно хвойных) фитоценозах, где происходит снижение их общего накопления от нижнего яруса к верхнему. Отмечается различная степень накопления  $^{137}\text{Cs}$  у растений различных семейств [1].

Насекомые, трофически тесно связанные с растениями, являются важным звеном в цепях питания и источником накопления радионуклидов. Как было установлено ранее [2], имеется прямая зависимость между содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в членистоногих и содержанием его в растительности.

Исследования, проведенные на территории Полесского государственного радиоэкологического заповедника (ПГРЭЗ) в 1986–1993 гг. [3] показали, что в 1993 г. по сравнению с 1986 г. максимальное содержание радионуклидов у насекомых снизилось более чем в 30 раз. Удалось выявить выраженную тенденцию к стабилизации удельной активности радионуклидов в тканях насекомых и других беспозвоночных [4]. Однако недостаток сведений о радиочувствительности различных групп беспозвоночных (в основном насекомых),

количестве и формах нахождения радионуклидов в окружающей среде, их миграции по трофическим цепям, особенностях перехода радионуклидов в растительность и животные организмы не позволил получить достоверной информации о процессах, происходящих в биогеоценозах, загрязненных радионуклидами.

Основной задачей этой работы является оценка динамики накопления  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  насекомыми в различных биогеоценозах зоны отчуждения ЧАЭС.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Работу проводили в 1989–1999 гг. в 30-километровой зоне отчуждения на территории Полесского государственного радиоэкологического заповедника в наиболее типичных лесных и открытых биогеоценозах, имеющих (усредненные данные за 1998 г.) разную мощность экспозиционной дозы (МЭД). Лесные биогеоценозы: дубрава орляковая (МЭД 135 мкР/ч) – Дор, дубрава пойменная (300 мкР/ч) – Дп, ольшаник крапивный (МЭД 147 мкР/ч) – Ок, сосняк мшистый (МЭД 164 мкР/ч) – См, посадки сосны на песке (593 мкР/ч) – Спш. Открытые биогеоценозы: прибрежные участки поймы р. Припять (МЭД 73 мкР/ч) – пП, бывшие приусадебные участки выселенных деревень Дроньки (МЭД 113 мкР/ч) – Др, Оревичи (МЭД 218 мкР/ч) – Ор, Красноселье (МЭД 305 мкР/ч) – Кр, Масаны (МЭД 465 мкР/ч) – Мс. Контролем служили аналогичные биогеоценозы Национального парка “Припятский” и Березинского биосферного заповедника.

Основным методом сбора материала были ловушки Малеза в модификации Таунса [6], которые функционировали на стационарных площадках в течение всего полевого сезона: с конца ап-

\*Адресат для корреспонденции: 220072 Беларусь, Минск-72, ул. Академическая, 27, Институт зоологии НАН Беларуси; тел.: (017) 284-23-54; e-mail: humenopt@biobel.bas-net.by.

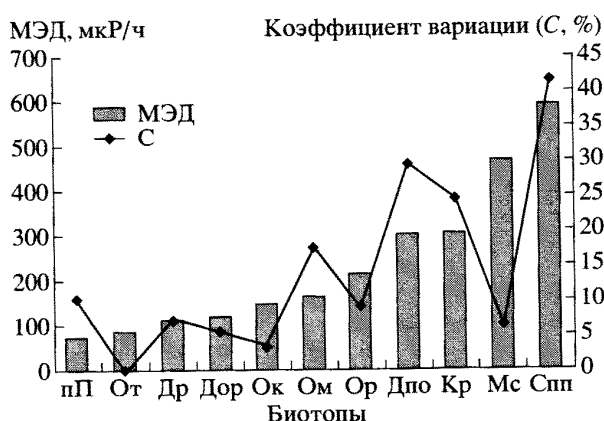


Рис. 1. Мощность экспозиционной дозы (средняя арифметическая МЭД и ее коэффициент вариации (С)) в различных биотопах Полесского государственного радиационно-экологического заповедника.

реля до начала октября. Отбор проб в разные годы проводили с интервалом от 1 до 2 мес в зависимости от задач конкретного сезона. В качестве фиксатора использовали 96%-ный этиловый спирт. Как было установлено нами ранее [5], ловушки Малеза способны отлавливать большое число насекомых из 12 отрядов, среди которых наиболее богато представлены 3 отряда: двукрылые, перепончатокрылые и чешуекрылые. Дополнительно материал собирали с помощью ловушек Мерике (пластмассовых стаканов с привлекающей (пиво, квас) жидкостью), отлавливающих преимущественно двукрылых, перепончатокрылых и чешуекрылых.

Для определения относительной численности насекомых в биотопах из-за трудоемкости подсчета (количество экз. насекомых, отлавливаемых одной ловушкой Малеза за полевой сезон может достигать десятки тысяч) использовали объемный

показатель –  $V_{nc}$ : объем (в мл) насекомых, отловленных одной ловушкой в течение сезона.

Для измерения удельной активности  $^{134} + ^{137}Cs$  в насекомых, в почвенных и растительных пробах использовали  $\gamma$ -радиометр РКГ-01А/1. В зависимости от объема исследуемого материала образцы помещали в пенициллиновые флаконы (объем 0.015 л) и металлические бюксы (0.04 л). Процесс измерения активности пробы длился до тех пор, пока относительная статистическая погрешность не достигала  $\pm 15\%$ . Измеряли удельную активность  $^{134} + ^{137}Cs$  у насекомых, собранных ловушками Малеза и Мерике, в верхнем (0–5 см) слое почвы, травостое и кроне деревьев.

Всего было измерено 202 пробы. Из них 168 проб – насекомые, собранные в течение 1989–1999 гг., 34 пробы – образцы верхнего слоя почвы, травостоя и кроны, взятые в июне и сентябре 1998 г. в различных биотопах. В открытых биотопах в качестве образцов кроны использовали листовую массу отдельно стоящих дубов и плодовых деревьев. В связи с тем, что значения удельной активности радионуклидов во взятых пробах варьировали в широких пределах, оценивали среднюю удельную активность.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные измерения мощности экспозиционной дозы внешнего  $\gamma$ -облучения показали, что в исследуемых биогеоценозах она значительно варьирует (рис. 1). Причем в открытых биогеоценозах (кроме поймы р. Припять) коэффициенты вариации МЭД были ниже по сравнению с лесными биогеоценозами. По-видимому, это можно объяснить кроме имеющейся мозаичности радиоактивного загрязнения биотопов более сложной структурой лесных биоценозов и нали-

Мощность экспозиционной дозы, удельная активность  $^{134} + ^{137}Cs$  в почвенно-растительных образцах и теле насекомых, относительная численность насекомых в различных биотопах ППРЭЗ (1989–1999 гг.)

Образцы	Биотопы									
	пП	Др	Дор	Ок	См	Ор	Дпо	Кр	Мс	Спн
Мощность экспозиционной дозы (МЭД, мкР/ч),										
	73	113	135	147	164	218	300	305	465	593
Удельная активность, кБк/кг										
Почва (0–5см)	0.92	6.52	21.10	375.85	9.15	566.30	181.20	7.22	1672.00	365.90
Травостой	0.13	0.49	13.69	88.97	3.08	2.00	24.41	1.60	3.53	730.00
Крона	0.16	0.87	1.45	5.07	2.89	1.61	1.76	0.17	0.53	113.20
Насекомые из										
лов. Малеза	0.18	0.11	0.44	0.30	0.53	0.18	0.62	0.35	–	0.64
лов. Мерике	–	1.59	1.41	3.29	2.07	2.48	0.69	1.47	6.70	0.83
Относительная численность										
$V_{nc}$	798	654	283	1027	604	535	600	325	–	224

Примечание.  $V_{nc}$  – объем насекомых (мл), отлавливаемых 1 лов. Малеза в среднем за сезон.

чем видовой специфичности аккумуляции радионуклидов в данных сообществах.

Как видно из таблицы, не наблюдается четкой зависимости между изменением в биотопах МЭД и динамикой активности  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  в почве, растениях и насекомых, а также изменением относительной численности насекомых. По-видимому, в настоящее время кроме плотности радиоактивного загрязнения, определяемого по МЭД, на уровень накопления  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  у растений и насекомых оказывает заметное влияние ряд экологических факторов (прежде всего эдафический и биоценотический), позволяющих задействовать механизмы перераспределения выпавших радионуклидов между отдельными компонентами биогеоценоза. Биотопические условия определяли характер колебания численности насекомых в загрязненной зоне, который был аналогичен колебаниям их численности в контрольных биотопах.

Выше уже отмечалось, что содержание  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  в фитоценозе изменяется в зависимости от ярусности. Как и следовало ожидать в исследуемых биотопах, наибольшая удельная активность радионуклидов (кроме посадок сосны на песке) была зарегистрирована в верхнем слое почвы. По сравнению с почвой в травостое удельная активность была заметно ниже. В травостое открытых биотопов это снижение было более значительным, чем в травостое лесных биотопов. Исключение составили посадки сосны, где в растении напочвенного покрова, представленного исключительно мхами и лишайниками, которые в лесных сообществах являются наибольшими аккумуляторами радионуклидов, удельная активность была даже выше, чем в почве. Наименьшая же удельная активность отмечалась в кроне.

Для анализа данных о накоплении  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  у насекомых мы использовали материалы, полученные с помощью ловушек Малеза и Мерике. Следует отметить более низкие значения удельной активности радионуклидов в насекомых, собранных с помощью лов. Малеза, где в качестве фиксатора использовали этиловый спирт, который выщелачивает  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  из проб насекомых.

Проведенные исследования показали, что удельная активность  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  у насекомых (по данным лов. Мерике) из различных биотопов была одного порядка и имела наибольшие величины в биотопах с более высокой удельной активностью  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  в почве. Следует отметить, что удельная активность  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  в пробах насекомых лесных биотопов была близка по величине с удельной активностью  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  в растительных образцах из кроны и значительно ниже по сравнению с удельной активностью  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  из растений напочвенного покрова. В открытых биотопах удельная активность  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  у насекомых была несколько выше, чем в растениях. Различия, от-

Удельная активность  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг

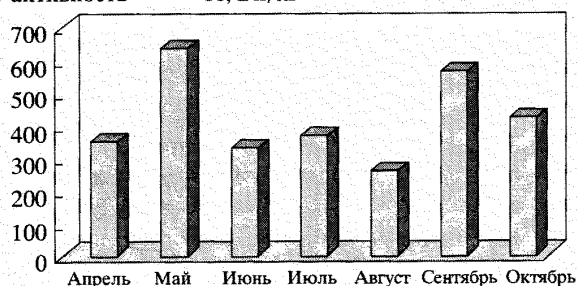


Рис. 2. Сезонная динамика удельной активности  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  у насекомых ПГРЭЗ, отловленных лов. Малеза в 1989–1999 гг.

Удельная активность, Бк/кг

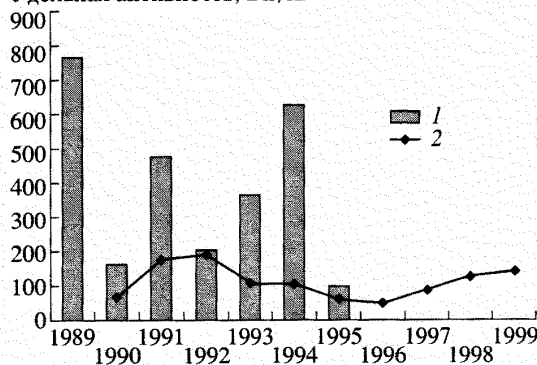


Рис. 3. Многолетняя динамика содержания  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  в насекомых (собраны лов. Малеза) в среднем для всех биотопов (1) и на стационаре "Дроньки" (2).

меченные для насекомых лесных и открытых биотопов, вероятно, связаны прежде всего с особенностью последних, где растительные сообщества представлены главным образом "луговыми злаками, корневая система которых обладает барьерной функцией при передвижении радионуклидов в системе почва – корни – надземные органы [1]".

Следует отметить, что кроме биотопических различий выявлена флуктуация удельной активности  $^{134} + ^{137}\text{Cs}$  у насекомых в течение сезона и по годам. Как это уже отмечалось для растений [1], прослеживается два периода увеличения содержания этих радионуклидов у насекомых: в мае и сентябре (рис. 2). Для объяснения этого явления, по-видимому, следует не только привлекать данные об особенностях биологии, экологии, фенологии исследуемых насекомых, но и использовать для анализа всю биоту в целом.

Изучение многолетней динамики содержания  $^{134+137}\text{Cs}$  начато нами в 1989 г., т.е. на третий год после аварии (рис. 3). Заметное колебание удельной активности  $^{134+137}\text{Cs}$  у насекомых из всех биогеоценозов (данные за 1989–1995 гг.) свидетельствует, по-видимому, о том, что как по всей территории ПГРЭЗ, так и внутри отдельных биотопов идет постоянная миграция радионуклидов, обусловленная внутренними (биоценоотический) и внешними (метеорологический, пожары и т.п.) факторами. Менее заметные многолетние флуктуации активности  $^{134+137}\text{Cs}$  отмечали у насекомых, собранных в одном и том же месте – на бывшем приусадебном участке в урочище Дроньки (данные за 1990–1999 гг.). В течение всего периода наблюдений прослеживалась тенденция к некоторому снижению и относительной стабилизации содержания радионуклидов у насекомых.

В целом выявленные нами тенденции при отсутствии катастрофических явлений должны сохраниться, а динамика радиоактивного загрязнения насекомых ПГРЭЗ прежде всего будет определяться естественным распадом радионуклидов и их миграцией в биогеоценозе, а также зависеть

от таких внешних факторов, как пожары [7], влажные сезоны [1] и т.п.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парфенов В.И., Якушев Б.И., Мартинович Б.С. // Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС) / Под ред. В.И. Парфенова, Б.И. Якушева. Мн.: Наука і тэхніка, 1995. С. 535–540.
2. Криволицкий Д.А. // Радиоэкология почвенных животных. М.: Наука, 1985. С. 5–52.
3. Литвинова А.Н., Белявская В.И., Максименков М.В. // Животный мир в зоне аварии Чернобыльской АЭС / Под ред. Л.М. Суцени, М.М. Пикулика, А.Е. Пленина. Мн.: Наука і тэхніка, 1995. С. 50–55.
4. Матвеевко А.А., Максимова С.Л., Блинов В.В. // Животный мир в зоне аварии Чернобыльской АЭС / Под ред. Л.М. Суцени, М.М. Пикулика, А.Е. Пленина. Мн.: Наука і тэхніка, 1995. С. 43–50.
5. Терешкин А.М., Шляхтенюк А.С. // Зоол. журн. 1989. Т. 68. Вып. 2. С. 290–292.
6. Townes H. // Ent. News. 1972. V. 83. P. 239–247.
7. Азаров С.И. // Радиация, биология, Радиоэкология. 1998. Т. 38. Вып. 1. С. 102–109.

Поступила в редакцию  
09.04.2002

## Dynamics of $^{134+137}\text{Cs}$ Accumulation in Insects Inhabiting the 30-km Zone of Chernobyl Nuclear Power Station

A. S. Shlyakhtenok

*Institute of Zoology, Belarus Academy of Sciences, Minsk, 220072 Belarus;  
e-mail: hymenopt@biobel.bas-net.by*

Accumulation of the specific activity of  $^{134+137}\text{Cs}$  in insects was investigated in the most typical biogeocenoses within the 30-km zone of the Chernobyl NPP. The studied biogeocenoses had different rates of the exposure doses. It was shown that the specific activity of  $^{134+137}\text{Cs}$  in the insects inhabiting forest biotops was of the same order that in the crown, whereas in the insects inhabiting open biotops the specific activity was higher than in plants. Two periods of the increased  $^{134+137}\text{Cs}$  content in insects were found: May and September. Along with seasonal activity variations, a tendency to decreasing and stabilization of  $^{134+137}\text{Cs}$  content was observed during the period of the study.