

УДК 581.5 582.29:632.118.3

НАКОПЛЕНИЕ ^{90}Sr И ^{137}Cs ЖИВЫМИ И МЕРТВЫМИ ЛИШАЙНИКАМИ

М. Г. Нифонтова, А. В. Лебедева, Н. В. Куликов

В последние годы большое внимание уделяется изучению миграции радионуклидов в пищевой цепочке лишайник—олень—человек, присущей арктическим экосистемам. В силу своих морфофизиологических и экологических особенностей лишайники обладают повышенной способностью накапливать ^{137}Cs , в результате чего последние звенья цепочки оказываются обогащенными этим радионуклидом (Троицкая и др., 1971; Моисеев, Рамзаев, 1975; Нифонтова, Куликов, 1977; Nevstrueva e.a., 1967; Mattsson, 1972).

В настоящем сообщении приводятся экспериментальные данные о накоплении и прочности фиксации двух долгоживущих осколочных радионуклидов (^{90}Sr и ^{137}Cs) живыми и мертвыми лишайниками. Результаты такого рода исследований могут дополнить скудные сведения о возможных механизмах поглощения ^{90}Sr и ^{137}Cs лишайниками и позволяют полнее оценить роль живых и отмирающих растений в накоплении и перераспределении радионуклидов в биогеоценозе.

В опытах использовали кустистые (*Cladonia amaurocraea*) и листоватые (*Peltigera canina*, *Umbilicaria pennsylvanica*) формы лишайников. Поскольку работа с отмершими в природных условиях частями слоевищ представляет определенные трудности, в качестве мертвых растений были взяты гербарные экзикаты соответствующих видов лишайников (гербарий Института экологии растений и животных УНЦ АН СССР, время сбора растений 1890—1900 гг.). Живые и мертвые талломы помещали в сосуды с дистиллированной водой, в которую в форме хлоридов вносили ^{90}Sr и ^{137}Cs из расчета 20 и 8 мкКи/л соответственно без добавления стабилизирующих веществ. Через 1, 2 и 4 суток после погружения лишайников в растворы определяли содержание радионуклидов в растениях и водной среде. Более подробно методика постановки подобных экспериментов описана ранее (Нифонтова, 1976). Через четверо суток живые и мертвые растения, накопившие радионуклиды, переносили на 16 суток в сосуды с чистой дистиллированной водой либо с озерной водой средней минерализации. При этом дважды (через 3 и 6 суток) растения перемещали в сосуды, заполненные свежими порциями воды. По изменению содержания радионуклидов в растениях и окружающей воде судили о прочности фиксации ^{90}Sr и ^{137}Cs в живых и мертвых лишайниках.

Средние коэффициенты накопления ^{90}Sr и ^{137}Cs у живых и мертвых лишайников на 4-е сутки после начала опыта

Виды	^{90}Sr		^{137}Cs	
	живые	мертвые	живые	мертвые
<i>Cladonia amaurocraea</i>	2500±50	2400±200	6600±200	30±3
<i>Umbilicaria pennsylvanica</i>	800±30	1100±70	1400±50	50±3
<i>Peltigera canina</i>	600±10	1700±150	5500±350	8±2

Как видно из таблицы, коэффициенты накопления (КН) ^{90}Sr у живых и мертвых талломов *Cl. amaurocraea* практически не различаются. У двух других видов мертвые слоевища накапливают ^{90}Sr даже несколько больше, чем живые, что связано, возможно, с увеличением проницаемости протоплазмы мертвых растений. В отличие от ^{90}Sr , ^{137}Cs у всех изучавшихся видов гораздо в большей степени аккумулируется живыми растениями, чем мертвыми. Это подтверждается также результатами опытов с инaktivированными лишайниками (рис. 1), данными по динамике накопления радионуклидов живыми и мертвыми растениями (рис. 2) и результатами ранее выполненного нами исследования (Нифонтова, 1975).

Отсутствие существенных различий в накоплении ^{90}Sr между живыми и мертвыми лишайниками свидетельствует о преимущественной роли физико-химических (сорбционных) механизмов фиксации этого радионуклида в тканях растений. В накоплении ^{137}Cs , по-видимому, существенную роль играют физиологические механизмы, непосредственно связанные с метаболической активностью лишайников.

На рис. 3 приведены данные по выделению ^{90}Sr из живых и мертвых лишайников после перемещения их на 16 суток из радиоактивных растворов в дистиллированную и озерную воду. Видно, что темпы выделения радионуклидов из живых и мертвых

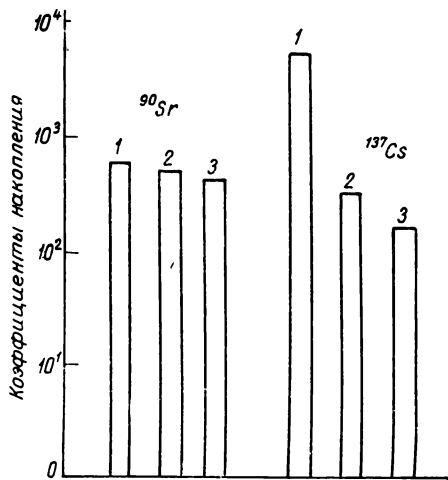


Рис. 1. Коэффициенты накопления радионуклидов у живых и инактивированных талломов *Peltigera canina*:

1 — живые; 2 — инактивированные высокой температурой (130°C); 3 — инактивированные парами кипящей воды.

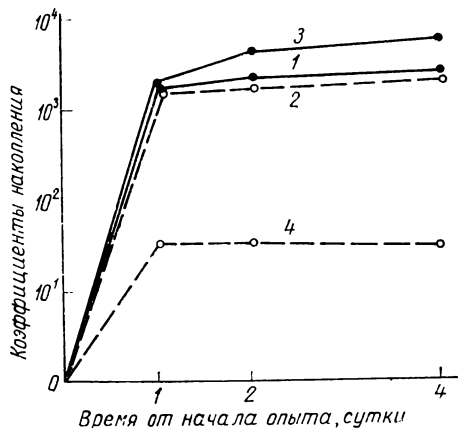


Рис. 2. Динамика коэффициентов накопления ^{90}Sr (1, 2) и ^{137}Cs (3, 4) у живых и мертвых талломов *Cladonia ataurograea*:

— — живые лишайники; - - - мертвые лишайники.

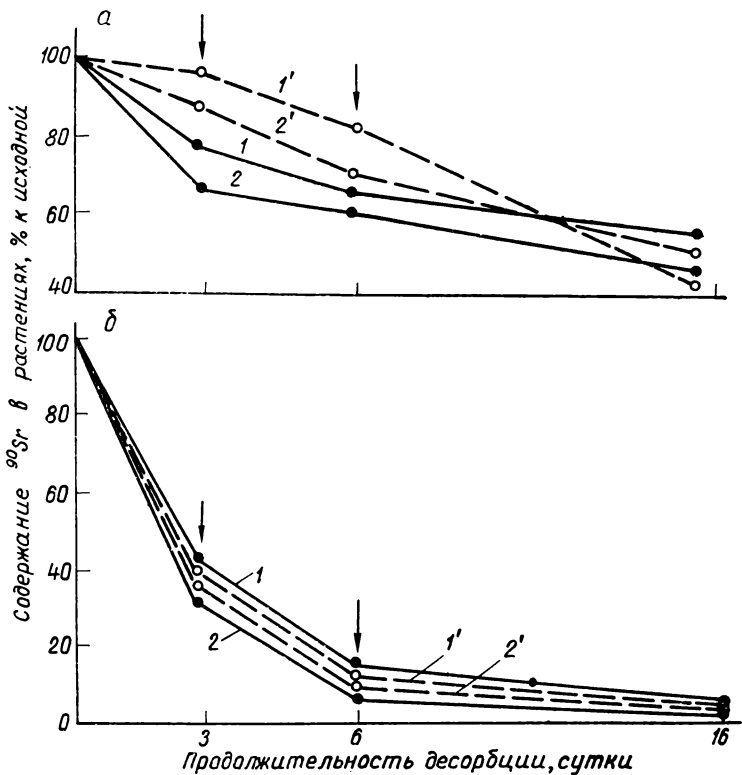


Рис. 3. Выделение ^{90}Sr из живых (—) и мертвых (---) лишайников в дистиллированную (а) и озерную воду (б) (стрелками указаны дни замены раствора чистой водой):

1, 1' — *Cladonia ataurograea*; 2, 2' — *Umbilicaria pennsylvanica*.

растений примерно одинаковы, что также указывает на превалирующее значение сорбционных механизмов в накоплении и фиксации ^{90}Sr лишайниками. Увеличение выделения ^{90}Sr из лишайников в озерной воде, отличающейся от дистиллированной повышенной концентрацией солей, подкрепляет гипотезу о том, что ^{90}Sr поглощается лишайниками в значительной степени по типу ионного обмена (Tuominen, 1967).

Выше отмечалось, что ^{137}Cs сильнее (на 2—3 порядка величин) накапливается живыми, чем мертвыми лишайниками, что свидетельствует о большом участии физиолого-биохимических механизмов в накоплении ^{137}Cs растениями. Данные по выделению ^{137}Cs из живых и мертвых лишайников подтверждают участие этих механизмов и в закреплении радионуклида в тканях растений. Как видно из рис. 4, ^{137}Cs

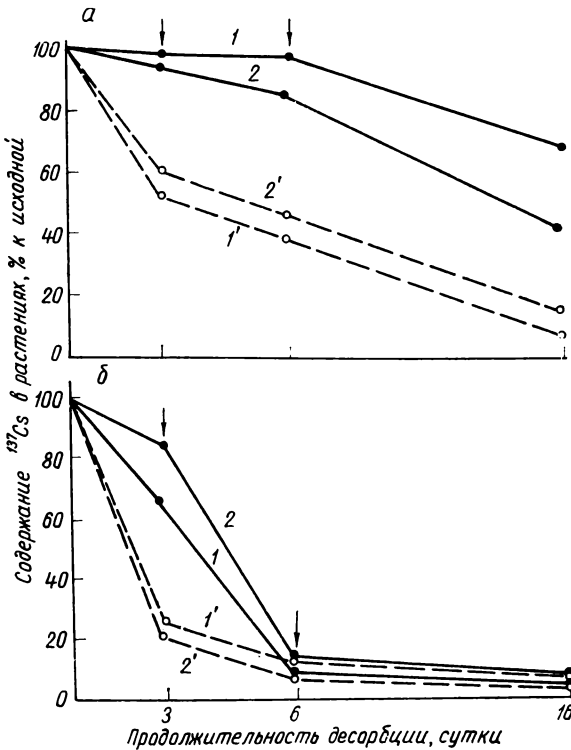


Рис. 4. Выделение ^{137}Cs из живых и мертвых лишайников в дистиллированную (а) и озерную воду (б) (условные обозначения см. на рис. 3).

заметно прочнее фиксируется в живых, чем в мертвых лишайниках. Усиление выделения ^{137}Cs из лишайников в озерной воде по сравнению с дистиллятом говорит о том, что основная доля его в растениях находится в ионообменной форме.

Таким образом, полученные в настоящей работе данные показывают, что в основе механизмов поглощения ^{90}Sr лишайниками из водных растворов лежат преимущественно процессы физико-химической сорбции, тогда как в поглощении ^{137}Cs большую роль играют физиолого-биохимические процессы, связанные с метаболической активностью растений. При этом оба радионуклида удерживаются в лишайниках в достаточно подвижной ионообменной форме.

В природных условиях лишайники, в отличие от других растений, обладают большим (7—11 лет) периодом полувыведения ^{90}Sr и ^{137}Cs , свидетельствующим, на первый взгляд, о прочной фиксации радионуклидов в тканях растений (Троицкая и др., 1971; Koranda, Martin, 1971). В действительности, как показали наши опыты (16-суточное вымывание ^{90}Sr и ^{137}Cs из лишайников), прочность фиксации радионуклидов в этих растениях сравнительно невелика. Поэтому длительное удерживание ^{90}Sr и ^{137}Cs в лишайниках можно объяснить лишь тем, что водный режим лишайников в природных условиях отличается крайней неустойчивостью, приводящей к весьма продолжительному их обезвоживанию (Walter, 1931; Lange, 1953; Pueyo, 1960). В таких условиях процессы вымывания радионуклидов из растений слабоминерализованными водами оказываются заторможенными. Освобождение лишайников от радионуклидов

с ежегодно отмирающими частями талломов также не может иметь существенного значения в силу долговечности этих растительных форм, их медленного нарастания и отмирания.

Институт экологии растений и животных
УНЦ АН СССР

Поступило в редакцию
7 декабря 1977 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Моисеев А. А., Рамзаев П. В. Цезий-137 в биосфере, М., Атомиздат, 1975.
- Нифонтова М. Г. Экспериментальное изучение накопления цезия-137 лишайниками из водных растворов (на примере *Cladonia rangiferina*). Труды Института экологии растений и животных УНЦ АН СССР, вып. 95, Свердловск, 1975.
- Нифонтова М. Г. Накопление ^{90}Sr и ^{137}Cs лишайниками в условиях эксперимента. Экология, 1976, № 1.
- Нифонтова М. Г., Куликов Н. В. О накоплении стронция-90 и цезия-137 лишайниками в природных условиях. Экология, 1977, № 3.
- Троицкая М. Н., Рамзаев П. В., Моисеев А. А., Нижников А. И., Бельцев Д. И., Ибатуллин М. С., Литвер Б. Я., Дмитриев И. М. Радиоэкология ландшафтов Крайнего Севера. В кн. Современные проблемы, радиобиологии, т. 2, Радиоэкология, М., Атомиздат, 1971.
- Koranda J. J., Martin J. R. Gamma-emitting radionuclides in Alaskan environments 1967—1970. In: Radionuclides in Ecosystems, v. 1, Oak Ridge, 1971.
- Lange O. L. Hitze- und Frockenresistenz der Elechten in Beziehung zu ihrer Verbreitung. Flora, 1953, 140, № 1.
- Mattsson S. Radionuclides in lichen, reindeer and man, Lund, 1972.
- Nevstrueva M. A., Ramsaev P. V., Moiseev A. A., Ibatullin M. S. Терлыкх I. A. The Nature of ^{137}Cs and ^{90}Sr transport over the lichen—reindeer—man food chain. In: Radioecological Concentration Processes, Oxford, 1967.
- Pueyo G. Influence de l'anhidrobiose sur les lichens. Quelques resultats avec *Cladonia impexa* Harm. et *Umbilicaria pennsylvanica* Hoffm. Rev. bryol. et lichenol., 1960, 29, № 3—4.
- Tuominen J. Studies on the strontium uptake of the *Cladonia alpestris* thallus. Ann. Bot. Fenn., 1967, 4, № 1.
- Walter H. Die Hydratur der Pflanzen, Iena, 1931.

УДК 591.5/595.775

К ЭКОЛОГИИ БЛОХИ *PARADOXOPSYLLUS SCORODUMOVI*, ПАРАЗИТИРУЮЩЕЙ НА МОНГОЛЬСКОЙ ПИЩУХЕ В ГОРНО-АЛТАЙСКОМ ОЧАГЕ ЧУМЫ

Г. И. Васильев, Н. П. Елистратова, Л. А. Лазарева

Блоха *P. scorodumovi* встречается на разных зверьках во всех сибирских очагах чумы — Забайкальском, Тувинском, Горно-Алтайском, а также в очагах Монголии, однако привязанности к определенному виду хозяина у нее нет (Июфф, Скалон, 1954). В Горно-Алтайском очаге чумы *P. scorodumovi* паразитирует на монгольской и даурской пищухах, длиннохвостом суслике и плоскочерепной полевке. Во время чумных эпизоотий среди пищух и грызунов до 68% культур чумного микроба приходится на данный вид.

Сведения об особенностях экологии этого переносчика при паразитировании его на монгольской пищухе в литературе мало. В настоящей работе приводятся материалы, собранные в 1967—1972 гг. на энзоотичной по чуме территории в Горном Алтае. За это время обследовано 7280 зверьков, раскопано 378 гнезд и осмотрено 146 711 входов в норы. Собрано и изучено 13 938 блох *P. scorodumovi*.

По срокам паразитирования *P. scorodumovi* можно отнести к летне-осеннему виду. Имаго, как правило, появляются в середине июля и к концу октября отмирают. За шестилетний период наблюдений в июне, ноябре и декабре на зверьках встречены лишь единичные особи. Несмотря на то, что срок паразитирования блохи невелик, количественно в сборах она занимает значительное место среди других эктопаразитов монгольской пищухи. За годы наблюдений на ее долю приходится 14,5% в сборах со зверьков, 19,2% — из гнезд и 38,6% — из входов в норы.