

Л.І. Сімонова,  
В.А. Гайченко

ДУ Інститут медичної  
радіології ім. С.П. Григор'єва  
АМН України, Харків,

Національний університет  
біоресурсів  
та природокористування  
України, Київ

## Біогенна міграція $^{137}\text{Cs}$ у трофічних ланцюгах

### Biogenic $^{137}\text{Cs}$ migration in trophic chains

**Цель работы:** Выяснение особенностей миграции  $^{137}\text{Cs}$  в сапробных звеньях трофической цепи пастбищного типа, особенно связанных с утилизацией отмерших органических веществ и экскрементов.

**Материалы и методы:** Материалом исследования служили сборы растений и животных на территории Чернобыльской зоны отчуждения. Радиометрические исследования осуществлялись с помощью гамма-спектрометра АМА-02 Ф-1 с Ge-Li полупроводниковым детектором с последующим пересчетом удельной активности на сырую массу.

**Результаты:** Рассмотрены вопросы биогенной миграции  $^{137}\text{Cs}$  в трофической цепи пастбищного типа. Показано, что наиболее высокие коэффициенты накопления характерны для сапробной части трофической цепи.

**Выводы:** Полученные результаты в перераспределении радионуклидов в биогеоценозе для разных звеньев трофической цепи свидетельствуют о большой значимости биогенной трансформации радионуклидов.

**Ключевые слова:** экосистема, радиоактивное загрязнение, биоценоз, миграция  $^{137}\text{Cs}$ .

**Objective:** To determine the peculiarities of  $^{137}\text{Cs}$  migration in saprobe links of trophic chain of pasture type, especially in connected with utilization of dead organic substances and excretions.

**Material and Methods:** Samples of plants and animals from the territory of Chornobyl alienation zone were used in the investigation. Radiometry was performed using gamma-spectrometer АМА-02 Ф-1 with Ge-Li detector and was followed by calculation of specific activity per raw mass.

**Results:** The questions of biogenic  $^{137}\text{Cs}$  migration in the trophic chain of pasture type are discussed. It is shown that the highest accumulation coefficients are typical for saprobe portion of the trophic chain.

**Conclusion:** The obtained findings about radionuclide redistribution in the biogeocenosis for different links of the trophic chain suggest about considerable significance of biogenic radionuclide transformation.

**Key words:** ecosystem, radioactive contamination biocenosis,  $^{137}\text{Cs}$  migration.

**Мета роботи:** З'ясування особливостей міграції  $^{137}\text{Cs}$  у сапробних ланках трофічного ланцюга пасовищного типу, особливо пов'язаних з утилізацією відмерлих органічних речовин та екскрементів.

**Матеріали і методи:** Як матеріал дослідження використовували збори рослин та тварин на території Чорнобильської зони відчуження. Радіометричні дослідження здійснювали за допомогою гамма-спектрометра АМА-02 Ф-1 з Ge-Li напівпровідниковим детектором з подальшим перерахунком питомої активності на сирі масу.

**Результати:** Розглянуто питання біогенної міграції  $^{137}\text{Cs}$  у трофічному ланцюзі пасовищного типу. Показано, що найвищі коефіцієнти накопичення характерні для сапробної частини трофічного ланцюга.

**Висновки:** Одержані результати в перерозподілі радіонуклідів у біогеоценозі для різних ланок трофічного ланцюга свідчать про велику значущість біогенної трансформації радіонуклідів.

**Ключові слова:** екосистема, радіоактивне забруднення, біоценоз, міграція  $^{137}\text{Cs}$ .

Як відомо, характер розподілу радіонуклідів за трофічними рівнями у харчових ланцюгах, завдяки яким здійснюється зв'язок популяцій тварин із джерелами іонізуючої радіації, акумульованими біогеоценозом, не залежить від ступеня контакту популяцій із забрудненими екосистемами [1]. Існують загальні закономірності надходження радіонуклідів як у популяції земноводних і плазунів, які постійно мешкають у забруднених біогеоценозах, так і в популяції перелітних птахів [2–7]. Різниця в кількості радіонуклідів у кожній ланці трофічного ланцюга залежить, насамперед, від екологічних особливостей усіх тварин, включених у даний

трофічний ланцюг [1, 7], у зв'язку з чим слід детально проаналізувати його фауністичний склад і ретельно дослідити всі трофічні зв'язки різноманітних груп тварин.

Більшість дослідників, які вивчали особливості поведінки радіонуклідів у харчових ланцюгах, обмежуються дослідженням особливостей просування ізотопів ланцюгами, які ведуть до людини [8–11]. Дикі тварини, як правило, не відіграють важливої ролі в цих ланцюгах (крім районів Крайньої Півночі), однак при вивченні ступеня впливу радіоактивного забруднення місцевості на екосистеми і, зокрема, на їх фауністичну компоненту, ця роль набагато зростає, а

в деяких випадках стає домінуючою. На думку деяких авторів [12], участь диких тварин у транспортуванні радіоактивних елементів біологічними ланцюгами і в перерозподілі їх за компонентами біогеоценозу досить значна. Істотний вплив на рівень накопичення радіонуклідів популяціями диких тварин мають також і міжвидові взаємовідносини в екосистемі [13].

Поряд із проблемами міграції радіонуклідів трофічними ланцюгами існує і проблема переносу або концентрування на обмежених ділянках радіоактивних речовин як осілими, так і мігруючими тваринами. Ті з них, які постійно мешкають у забруднених екосистемах, завдяки особливостям свого способу життя і при високій чисельності, а також, наприклад, при гніздуванні птахів в одному місці протягом тривалого часу, здатні деякою мірою перерозподіляти радіонукліди в біогеоценозі [14, 15].

Метою дослідження було з'ясування особливостей міграції  $^{137}\text{Cs}$  у сапробних ланках трофічного ланцюга пасовищного типу, особливо пов'язаних з утилізацією відмерлої органічної речовини та екскрементів.

## Методика дослідження

Вивчення процесів перерозподілу  $^{137}\text{Cs}$  при його просуванні трофічним ланцюгом було проведено в натурних умовах на полігоні Нова Красниця. Дослідження проводили в різних екологічних групах тварин, які в процесі своєї життєдіяльності пов'язані з ґрунтом і рослинним покривом.

Як матеріал дослідження використовували збори тварин і рослин на експериментальній ділянці Нова Красниця Чорнобильської зони відчуження. Комах надземно-приземного ярусу (фітофаги, сапрофаги, хижак) відловлювали за допомогою пасток Барбера стандартним методом пастколіній протягом 30 діб, мишоподібних гризунів — стандартним методом облікових ділянок площею 0,25 га на тих же ділянках протягом травня-червня (по завершенні періоду весняного розмноження), використовуючи пастки-живоловки та пастки Геро.

Проби домінуючих в екосистемі рослин (пирій повзучий, *Elytrigia repens* L.) відбирали на площі 1 м<sup>2</sup> методом суцільного викошування вегетативної маси.

Екскременти мишоподібних гризунів відбирали на кормових столиках тварин.

Радіометричні дослідження проводили за допомогою гамма-спектрометра АМА-02 Ф-1 з Ge-Li напівпровідниковим детектором з перерахунком питомої активності на сиру масу. Розрахунок коефіцієнтів накопичення здійснювали за співвідношенням питомої активності ланки-акцептора до ланки-донора в безрозмірних величинах.

Загалом було досліджено 87 проб, зокрема, 35 мишоподібних гризунів — сірої нориці (*Microtus arvalis* L.), 40 — комах, 5 — екскрементів та 7 проб вегетативної маси пирію повзучого.

## Результати та їх обговорення

*Розраховані для різних ланок трофічного ланцюга коефіцієнти накопичення  $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1} / \text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$  розподіляються таким чином:*  
*Coefficients of accumulation  $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1} / \text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$  calculated for different links of trophic chains are distributed in the following way*

рослинність → фітофаги (середнє)	0,540
зокрема рослинність → комахи	0,570
рослинність → гризуни	0,510
фітофаги (середнє) → некрофаги	1,259
зокрема комахи → некрофаги	1,190
гризуни → некрофаги	1,334
гризуни → екскременти	5,799
комахи → екскременти**	22,176

\*\* Лише для одного виду комах.

Розрахунок надходження  $^{137}\text{Cs}$  у гризунів показав, що з кормом одна східноєвропейська нориця за добу одержує близько 162 Бк (4,375Е-9 Кі), а за весь період життя (8—9 місяців) — до 44 кБк. При середній щільності цих тварин 60—80 особин на гектар в них за один місяць надходить близько 291 кБк радіоцезію, що є вже досить істотним у перерозподілі ізотопу, а впродовж року лише через мишоподібних гризунів на площі в 1 га в біогенний кругообіг залучається близько 3,5 МБк  $^{137}\text{Cs}$ . На основі наведеного розрахунку одержано дані, які свідчать про високу концентрацію радіонукліда в тваринах — питома надходження за добу складає 8095 Бк/кг. Ці розрахунки досить точно збігаються з даними гамма-спектрометрії — питома радіоактивність проб, зібраних на ділянці, складає 11803 Бк/кг, тобто у мишоподібних гризунів  $^{137}\text{Cs}$  сягає стану рівноваги приблизно за 1,0—1,5 доби.

Результати вивчення поведінки радіоцезію при просуванні трофічним ланцюгом свідчать про інтенсивні процеси його накопичення на шляху від ґрунту до тварин-сапрофагів. Якщо коефіцієнти переходу і накопичення в пасовищній частині трофічного ланцюга не виходять за межі звичайних показників, то їх збільшення у понад два рази у передсапробній частині (фітофаги → некрофаги) і майже п'ятиразове збільшення в ланці екскременти → копро-

фаги однозначно свідчать про зростання концентрації  $^{137}\text{Cs}$  при пересуванні до власне сапробної частини ланцюга.

Порівняння одержаних результатів з даними літератури дає можливість переконатися в тому, що коефіцієнти накопичення зростають не лише при пересуванні  $^{137}\text{Cs}$  ланками рослинності —> фітофаги —> хижаки з максимальною концентрацією ізотопу в м'яких тканинах ссавців, як було визначено раніше [1, 7] і підтверджено нами [16], але й у ланках ґрунт —> рослинність —> фітофаги —> сапрофаги з максимальною концентрацією в комах.

Виявлене свідчить про велику значущість біогенної трансформації радіонуклідів у сапробних ланках трофічних ланцюгів. За високої щільності сапрофагів у біогеоценозах ці процеси можуть призвести до істотної інтенсифікації кругообігу радіоактивних речовин в екосистемах унаслідок високої доступності біологічно трансформованих радіоактивних ізотопів. Не виключено, що легкодоступні для кореневої системи рослин радіонукліди постійно перебуватимуть у верхньому шарі ґрунту і, можливо, з цим пов'язане дуже повільне пересування  $^{137}\text{Cs}$  углиб ґрунтовим профілем.

## ВИСНОВКИ

1. На площі 1 га через мишоподібних гризунів (східноєвропейська нориця) в біогенний кругообіг залучається близько 3,5 МБк  $^{137}\text{Cs}$ .

2. Коефіцієнти накопичення  $^{137}\text{Cs}$  зростають у ланках ґрунт —> рослинність —> фітофаги —> сапрофаги з максимальною концентрацією в комах.

3. Для вивчення особливостей перерозподілу  $^{137}\text{Cs}$  у трофічних ланцюгах великих ссавців (дики свині, лосі, звичайні козулі) — тварин, які істотно відрізняються від комах та мишоподібних гризунів за способом життя і харчування, необхідне проведення додаткових досліджень.

## Література

1. Ильенко А.И., Крапивко Т.П. Экология животных в радиационном биогеоценозе. — М.: Наука, 1989. — 223 с.
2. Odum E.P. // Proc. Intern. Conf. Peaceful Uses Atom. Energy. (Geneva). — 1956. — № 13. — P. 350–353.
3. Wiegert R.G., Odum E.P., Schnell J.H. // Ecology. — 1967. — Vol. 48. — P. 75–83.
4. De la Cruz A.A., Wiegert R.G. // Amer. Midland. Nat. — 1967. — Vol. 77. — P. 501–509.

5. Wiegert R.G., Odum E.P. // Proc. II Nat. Symp. on Radioecol. (Springfield). — 1969. — P. 709–710.
6. Shure D.J. // Ecol. — 1970. — Vol. 51. — P. 899–901.
7. Ильенко А.И. Концентрирование животными радиоизотопов и их влияние на популяцию. — М.: Наука, 1974. — 168 с.
8. Comar C.L. // Ann. Rev. Nucl. Sci. — 1965. — Vol. 15. — P. 175–206.
9. Russel R.S. // Health Phys. — 1965. — Vol. 11. — P. 1305–1315.
10. Hanson W.C., Watson D.G., Perkins R.W. Concentration and retention of fallout radionuclides in Alaskan arctic ecosystems // Radioecological Concentration Processes (Aberg and Hungate, eds). — Oxford: Pergamon Press. — 1967. — P. 233–245.
11. Miettinen J.K. Enrichment of radioactivity by arctic ecosystems in Finnish Lapland // In: Proc. II Nat. Symp. on Radioecol. (Nelson and Evans eds.). — Springfield, 1969.
12. Криволицкий Д.А. Радиоэкология сообществ наземных животных. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 87 с.
13. Соколов В.Е., Криволицкий Д.К., Усачев В.Л. Дикие животные в глобальном радиоэкологическом мониторинге. — М.: Наука, 1989. — 148 с.
14. Верховская И.Н., Вавилова П.П., Маслов В.И. // Изв. АН СССР. — 1967. — Сер. биол., № 2. — С. 720–729.
15. Миронов О.Г. // Океанол. — 1965. — Т. 5, № 4. — С. 715–717.
16. Гайченко В.А. Радиобіологічні наслідки аварії на ЧАЕС у популяціях диких тварин зони відчуження: Автореф. дис. ... д.м.н. — К., 1996. — 48 с.

Надходження до редакції 09.04.2009.

Прийнято 22.04.2009.

Адреса для листування:

Сімонова Лариса Іванівна,  
ДУ Інститут медичної радіології ім. С.П.Григор'єва АМНУ,  
вул. Пушкінська, 82, Харків, 61024, Україна