

В. А. Гайченко

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ***ЗНАЧЕННЯ МИШОПОДІБНИХ ГРИЗУНІВ
У БІОГЕННІЙ МІГРАЦІЇ ^{137}Cs НА ПЕРЕЛОГАХ**

Вивчалися особливості накопичення ^{137}Cs мишоподібними гризунами та його міграція у трофічних ланцюгах пасовищного типу, а також особливості трофіки, просторовий розподіл, вплив тварин на трав'янистий покрив біоценозів різного типу. Наводяться дані щодо інтенсивності біогенної міграції вказаного радіонукліда. Установлено взаємозв'язок способу життєдіяльності сірих нориць та локалізація ^{137}Cs в їхніх колоніях.

Ключові слова: радіонукліди, гризуни, перелоги, накопичення, міграція радіонуклідів, ріюча діяльність, живлення.

Живі організми та їхнє неживе (абіотичне) оточення нероздільно пов'язані одне з одним і знаходяться в постійній взаємодії. Однією з найголовніших умов функціонування екосистем і біосфери в цілому [1, 2] є збалансованість продукування і розкладання, що полягає у виробництві поживних речовин для живих організмів, поверненні елементів мінерального живлення до круговороту і перетворенні інертних речовин земної поверхні. Забезпечення цієї умови здійснюється шляхом перенесення речовини та енергії по трофічних ланцюгах.

При радіоактивному забрудненні будь-якого з компонентів екосистеми автоматично відбувається перерозподіл забруднення внаслідок його активного включення в кругообіг речовин (як абіогенний, так і біогенний). Причому найбільш значущим є біогенний, оскільки радіоактивні речовини активно включаються в процеси обміну, що відбуваються в живих організмах [3, 4].

Надходження радіонуклідів до організму тварин залежить від особливостей екології різних видів, характеру їхнього живлення, розподілу в біогеоценозі і фізико-хімічних властивостей радіонуклідів [5]. Для деяких груп тварин з однаковим характером живлення спостерігаються схожі закономірності в концентрації радіонуклідів за їхньої міграції по ланках харчового ланцюга.

Разом із проблемами міграції радіонуклідів по харчових ланцюгах існує проблема перенесення або концентрації на невеликій ділянці радіоактивних речовин як осілими, так і мігруючими тваринами. Осілі тварини, які постійно живуть у забруднених екосистемах унаслідок особливостей свого способу життя (наприклад, запасання корму мишоподібними гризунами на зимовий період або добове розтягування кормових залишків у вегетаційний період тощо) за високої чисельності [6], а також деякі птахи, які гніздуються в одному й тому ж місці впродовж тривалого часу [7], здатні певною мірою перерозподіляти радіонукліди в біогеоценозі.

Сірі нориці, які живуть колоніально, використовують одні й ті самі місця колонії для запасання зеленого корму, екскреції тощо [8], що може призводити до утворення локальних осередків концентрування радіоактивності. Аналогічна проблема може виникнути за використання гною великої рогатої худоби для удобрення ґрунту на ділянках, призначених для вирощування сільськогосподарських культур [9].

Відомо, що у ґрунтових зооценозах перенесення радіонуклідів тваринами, навіть такими відносно великими і в деяких випадках досить численими, як дощові черв'яки, не здійснює істотного впливу на перерозподіл радіоактивних речовин [10 - 12], проте представники ґрунтової і надґрунтової макрофауни – гризуни та комахоїдні, особливо в роки високої чисельності, можуть відігравати певну роль у перерозподілі природних елементів у верхньому горизонті ґрунтового покриву [13].

Як відомо, основна кількість ^{90}Sr і ^{137}Cs концентрується у вегетативних частинах рослин, а ^{144}Ce , ^{95}Zr , ^{95}Nb і ^{106}Ru – у підземних частинах [14], що обумовлює нерівнозначне потрапляння радіонуклідів до організму тварин-фітофагів залежно від екологічної ніші, в якій даний вид тварин знаходиться, причому значну роль у цьому процесі мають видові особливості накопичення радіонуклідів трав'янистими рослинами, коефіцієнти накопичення яких, у деяких випадках, відрізняються більш ніж у 70 разів. Ці відмінності обумовлені, з одного боку, неоднаковістю потреби окремих видів рослин у мінеральних речовинах, а з іншого – фізико-хімічними властивостями різних ґрунтів і, зокрема, їхньою поглинальною здатністю [15, 16]. Підтвердженням цього є також і результати досліджень А. І. Ільєнка [17] на забрудненій ^{90}Sr ділянці, де було встановлено, що мінливість концентрації радіонукліда в популяціях тварин визначається розподілом цього радіонукліда в рослинах, що входять до раціону тварин.

© В. А. Гайченко, 2012

Результати натурних експериментів, проведених на природному пірійниковому перелозі з домішкою енотери звичайної, злишки канадської та пижма звичайного, що утворився на місці поля, де росли багаторічні трави поблизу с. Нова Красниця в зоні відчуження ЧАЕС, підтвердили суттєву роль мишоподібних гризунів у біогенній міграції ¹³⁷Cs [18].

Дослідження проводились на ділянці зі щільністю забруднення $1,95 \cdot 10^6$ Бк/м², що обумовило суттєве забруднення не лише рослинності, а й

мишоподібних гризунів, споживаючих цю рослинність (таблиця), а визначені високі коефіцієнти переходу (K_п) і накопичення є свідченням досить швидкого та інтенсивного надходження радіонукліда до біоценозу. Звертає на себе увагу високий коефіцієнт накопичення (K_н) в екскреторній ланці – майже вдвічі вищий, ніж по відношенню до рослинності, що, на наш погляд, підтверджує дані про швидке досягнення стану динамічної рівноваги ¹³⁷Cs в організмі нориць.

Коефіцієнти переходу і накопичення ¹³⁷Cs в елементах перелозу

Щільність забруднення ґрунту, Бк/м ²	Питома активність рослинності, кБк/кг	K _п	Питома активність, кБк/кг		K _н		
			Гризуні	Екскременти	Гризуні – рослинність	Екскременти – рослинність	Екскременти – гризуни
1,9 · 10 ⁶	23,125	12	12,4	205,7	0,6	8,9	16,6

Відомо, що обсяг трофічного споживання навіть таких дрібних тварин, як сіра нориця, сягає значних величин. Так, фітомаса, спожита норицями, може бути до 75 % від загальної наземної рослинної продукції [19]; сіра нориця в місцях масової концентрації в лучних угрупованнях може знизити асиміляційну поверхню на 60 - 80 %. За рік 30 - 50 звірків споживають 50 - 100 кг трави в розрахунку на суху масу [20]. Зважаючи на суттєву питому активність рослинності в умовах польового експерименту за середньої щільності сірих нориць, за рік до інтенсивного перерозподілу залучається щонайменше 1156,25 - 2312,5 кБк активності на суху масу.

Середньодобове споживання зеленого корму однією сірою норицею становить 7 - 9 г за добу [8], отже, надходження ¹³⁷Cs до організму однієї сірої нориці 162 Бк, за місяць – майже 5 кБк, а за весь період життя (8 - 10 міс) – до 39 - 49 кБк. За середньої щільності мишоподібних гризунів 60 - 80 особин/га до тварин із кормом за один місяць надходить від 300 до 400 кБк ¹³⁷Cs, що вже є досить істотним у перерозподілі радіонукліда, а за рік на одному гектарі перелозу до біогенного кругообігу лише за рахунок живлення й лише одного виду – сірої нориці – залучається близько 4,8 МБк ¹³⁷Cs, з яких близько 1,4 МБк (30 %) відкладається у вигляді екскрементів (частка екскретів від загальної кількості спожитого корму становить до 30 %) [21]. Мишоподібні, які в природних умовах утворюють колоніальні поселення, здатні створювати “екскрементний дощ” або “середньолітній зоогенний листопад” [22]. Сіра нориця чисельністю лише 30 - 50 особин за рік в одній колонії виділяє 7 - 14 кг екскретів, а за три літніх місяці – до 3,4 г/м² екскреторної сухої речовини [23].

Розрахунок активності ¹³⁷Cs, що надходить до

ґрунту через екскременти, також дає значні цифри. Зважаючи на високу питому активність екскрементів і високий коефіцієнт накопичення в ланці “екскременти → гризуни” (див. таблицю) слід зазначити, що за питомої активності екскрементів 205,72 кБк/кг на незначній площі за рік концентрується активність близько 2800 кБк ¹³⁷Cs, що суттєво змінює загальну картину просторового розподілу радіонукліда на площі з утворенням мікроконцентратів.

З іншого боку, експериментально було доведено [24, 25], що під екскреціями суттєво прискорюється розкладення підстилки – більш ніж у 1,5 рази, що за умов радіоактивного забруднення ценозів призводить до прискорення міграції радіонуклідів від рослинності до ґрунту. Крім цього, самі екскрети виступають як каталізатори деструктивного процесу на поверхні ґрунту завдяки наявності в них значного числа метаболітів, вітамінів і мікроорганізмів. Унаслідок легкої розчинності та високої біологічної доступності екскретів сконцентровані в них радіонукліди дуже швидко надходять до рослинності й знову споживаються тваринами, тобто знову залучаються до кругообігу.

Загальновідомо [26], що зростання щільності популяції відбувається за логістичним законом $dN/dt = rN(K - N)/K$, де N – кількість особин у популяції; K – ємність середовища; r – питома швидкість росту популяції. За умови N = K крива виходить на плато, що означає баланс між народжуваністю і смертністю, отже коливання щільності на даний момент часу є мінімальними.

Зважаючи на це, є можливість розрахувати мінімальне річне надходження ¹³⁷Cs внаслідок природної смертності радіоактивних тварин (див. таблицю), яке становить близько 990 кБк за умови щільності популяції до 80 особин на гектар.

Слід зауважити, що процеси народження й смертності в природних популяціях тварин є безперервними, тому наведені дані слід розцінювати як оціночні.

Пряме трофічне споживання фітомаси завжди супроводжується істотними втратами – витоптуванням, погризами, суттєвим запасанням кормів та їхнім недовикористанням: із запасених у норах кормів мишака жовтогорлого за рік недовикористовується 1,42 - 4,14 кг різноманітних рослинних кормів, лісової миші – 0,3 - 4,80 кг, польової миші – 0,7 - 5,15 кг, рудої нориці – 0,87 - 5,26 кг [27]. Такі недовикористані звірками різноманітні корми швидше залучаються до процесів деструкції – рослинні залишки подрібнюються, розтоптуються, мінералізуються, перемі-



Схема будови нір сірої нориці [24]. Заштриховано комори із зеленим кормом.

Виходячи з наведеного вище, можна зауважити, що внаслідок життєдіяльності на перелозі лише одного виду – сірої нориці – за мінімально необхідної для підтримання життєздатності популяції щільності (60 - 80 ос/га) до біогенного кругообігу залучається більше 4,1 МБк ^{137}Cs . Слід зауважити, що такий значний рівень кругообігу радіонукліда відбувається на досить обмеженій площі – максимум 0,1 га (середня площа двох колоній) [8]. У роки масового розмноження цих гризунів, як це, наприклад, відбувалось у 1987 - 1988 рр. у зоні відчуження ЧАЕС, коли щільність мишоподібних сягала на різних ділянках від 800 до 2500 ос/га, цифра може збільшитися більш ніж на порядок.

Наведені дані й оцінки базуються на вивченні міграції радіонукліда лише за однією складовою трофічного ланцюга пасовищного типу від ґрунту до екскретів сірої нориці й знову до ґрунту. У реальності біогенний кругообіг радіонуклідів значно масштабніший, зважаючи на інші групи живих організмів – мікро- і мезофауну, інших риучих представників мегафауни, щільність і біомаса

шуються з ґрунтом і тим самим додатково прискорюють мінералізаційний процес. Так, прискорення залучення рослинних трофічних залишків до деструкційного процесу, зокрема в Середньому Подніпров'ї, до прямого споживання може становити від 38 до 790 кг/га в різних біотопах для різних видів риучих тварин [25]. Отже, разом з недовикористаними запасами корму в колоніях сірих нориць може концентруватися близько 5 кг рослинних залишків із загальною активністю близько 125 кБк, причому ця активність концентрується в певних місцях колонії на незначній глибині (до 20 - 25 см) і також утворює мікроконцентрати (рисунок), в яких біомаса за участю мікроорганізмів, грибів і мезофауни дуже швидко мінералізується і надходить до ґрунту.

яких в десятки, а то й у сотні, разів перевищує аналогічні показники для мишоподібних гризунів. Саме за рахунок такого біогенного перерозподілу радіонуклідів у місцях проживання (колоніях) мишоподібних швидкість його просування вглиб ґрунтового профілю певним чином уповільнена внаслідок утворення з ґрунтовым розчином органічно-мінеральних комплексів і фіксації їх у гумусовому шарі. Висока біологічна доступність таких комплексів для кореневої системи трав'янистої рослинності обумовлює їхнє швидке поглинання в шарі живлення і максимальні активності ^{137}Cs концентруються не глибше, ніж 30 - 35 см, що й відповідає глибині шару живлення. Зважаючи на значну кількість мешканців ґрунту інших систематичних груп, можна припустити, що така ж картина буде спостерігатися й унаслідок життєдіяльності представників мезо- і макрофауни ґрунту, чисельність і біомаса яких значно перевищують ці показники у гризунів, і певним чином уповільнювати заглиблення радіонуклідів і створювати на обмежених площах коротке, швидке інтенсивне коло їхнього обігу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Одум Ю. Основы экологии. - М.: Мир, 1975. - 740 с.
2. Одум Ю. Экология. Т. 1. - М.: Мир, 1986. - 746 с.
3. Ильенко А.И. Концентрирование животными радиоизотопов и их влияние на популяцию. - М.: Наука, 1974. - 168 с.
4. Соколов В.Е., Криволицкий Д.К., Усачев В.Л. Дикие животные в глобальном радиоэкологическом мониторинге. - М.: Наука, 1989. - 148 с.
5. Witkamp M., Frank M.L. Cesium-137 kinetics in terrestrials microcosms // Proc. II Nat. Symp. Radioecol. (Ann Arbor, Mich., 1967). - P. 635 - 643.
6. Верховская И.Н., Вавилова П.П., Маслов В.И. Миграция естественно-радиоактивных элементов в природных условиях и распределение их по биоти-

- ческим и абиотическим компонентам среды // Изв. АН СССР. Сер. биол. - 1967. - № 2. - С. 720 - 729.
7. *Миронов О.Г.* О роли морских птиц в переносе радиоактивных веществ из моря на сушу // Океанология. - 1965. - Т. 5, № 4. - С. 715 - 717.
 8. *Огнев С.И.* Звери СССР и прилежащих стран. Т. VII. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. - 706 с.
 9. *Ананян В.Л.* О бета-радиоактивности почв Армении // ДАН Арм. ССР. - 1968. - Т. 28. - С. 217.
 10. *Переделский А.А., Шаин С.С., Каравянский Н.С., Николаев Г.В.* Рассеивание радиоизотопов в почве дождевыми червями // ДАН СССР. - 1960. - Т. 135, № 1. - С. 185 - 188.
 11. *Кривоуцкий Д.А.* Радиоэкология сообществ наземных животных - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 87 с.
 12. *Усачев В.Л., Кривоуцкий Д.А., Мартюшов В.З.* Накопление и перераспределение по профилю почвы стронция-90 под влиянием дождевых червей в лабораторных экспериментах // Радиоэкология почвенных животных. - М.: Наука, 1985. - С. 96 - 106.
 13. *Верховская И.Н., Вавилова П.П., Маслов В.И.* Миграция естественно-радиоактивных элементов в природных условиях и распределение их по биотическим и абиотическим компонентам среды // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1967. - № 2. - С. 720 - 729.
 14. *Ильенко А.И., Крапивко Т.П.* Экология животных в радиационном биогеоценозе. - М.: Наука, 1989. - 223 с.
 15. *Тихомиров Ф.А.* Действие ионизирующих излучений на экологические системы. - М.: Атомиздат, 1972. - 73 с.
 16. *Bruckmann A., Wolters V.* Microbial immobilisation and recycling of ^{137}Cs in the organic layers of forest ecosystems: relationship to environmental conditions, humification and invertebrate activity // The Sci. of the Total Environ. - 1994. - Vol. 157. - P. 156 - 249.
 17. *Ильенко А.И.* Результаты применения радионуклидов для мечения позвоночных животных в СССР // Проблемы и задачи радиоэкологии животных. - М.: Наука, 1980. - С. 212 - 234.
 18. *Симонова Л.Л., Гайченко В.А.* Биогенна міграція ^{137}Cs у трофічних ланцюгах // УРЖ. - 2009. - Т. XVII, вип. 2. - С. 218 - 220.
 19. *Кучерук В.В.* Воздействие травоядных млекопитающих на продуктивность травостоя в степи и их значение в образовании органической части степных почв // Биология, биогеоценология и систематика млекопитающих СССР. - М.: Изд-во АН СССР, 1963. - С. 157 - 193.
 20. *Ходашова К.С.* Формы воздействия массовых зеленоядных грызунов на первичную продукцию травостоя луговых степей // Средообразующая деятельность животных. - М.: МГУ, 1970. - С. 57 - 59.
 21. *Абатуров Б.Д.* Особенности трофических взаимодействий типа «фитофаги - растения» в экосистемах пастбищ. Фитофаги в растительном сообществе. - М.: Наука, 1980. - С. 31 - 42.
 22. *Аракчаа Л.К., Шерстнева Н.В.* К роли даурской пищухи в биогеоценозах Южной Тувы // V съезд Всесоюз. териол. о-ва. - М., 1990. - Т. II. - С. 311.
 23. *Злотин Р.И., Ходашова К.С.* Роль животных в биологическом круговороте лесостепных экосистем. - М.: Наука, 1974. - 200 с.
 24. *Пахомов А.Е.* Биоценотическая роль млекопитающих в почвообразовательных процессах степных лесов Украины. - Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1998. - Кн. 1. - 232 с.
 25. *Пахомов А.Е.* Биоценотическая роль млекопитающих в почвообразовательных процессах степных лесов Украины. - Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1998. - Кн. 2. - 215 с.
 26. *Гиляров А.М.* Популяционная экология. - М.: МГУ, 1990. - 191 с.
 27. *Свириденко П.А.* Запасание корма животными. - К.: АН УССР, 1957. - 215 с.

В. А. Гайченко

РОЛЬ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ В БИОГЕННОЙ МИГРАЦИИ ^{137}Cs НА ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЛЯХ

Изучались особенности накопления ^{137}Cs мышевидными грызунами и его миграция в трофических цепях пастбищного типа, а также особенности трофики, пространственное распределение, влияние животных на травянистый покров биоценозов разного типа. Приводятся данные об интенсивности биогенной миграции указанного радионуклида. Показана взаимосвязь способа жизнедеятельности серых полевок и локализации ^{137}Cs в их колониях.

Ключевые слова: радионуклиды, грызуны, залежи, накопление, миграция радионуклидов, роющая деятельность, питание.

V. A. Gaychenko

ROLE OF RODENTS IN BIOLOGICAL MIGRATION OF ^{137}Cs ON FALLOWS

Features of ^{137}Cs accumulation by rodents and its migration in the pasture type food chains, and trophic characteristics, spatial distribution, the animals influence on the grass cover of different types biocenoses were studied. The data of the radionuclides biogenic migration intensity are presented. The correlation of gray voles life and ^{137}Cs localization in their colonies are shown.

Keywords: Radionuclides, rodents, accumulation, migration of radionuclides, fallows, digging activity, nutrition.

Надійшла 09.10.2012

Received 09.10.2012