

УДК 599.325.1:(591.1:591.525)

А. В. Гулаков

*Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины*

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ  $^{137}\text{Cs}$  В ОРГАНИЗМЕ ЗАЙЦА-РУСАКА,  
ОБИТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ С РАЗЛИЧНОЙ  
ПЛОТНОСТЬЮ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Представлены данные многолетнего исследования содержания и распределения радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в организме зайца серого, добытого на территории радиоактивного загрязнения. Отмечены существенные колебания содержания  $^{137}\text{Cs}$  в органах и тканях животных за период наблюдений. Результаты исследований имеют большое практическое значение для охотничьего хозяйства на радиоактивно загрязненных территориях.

А. В. Гулаков

*Гомельський державний університет ім. Франциска Скорини*

**РОЗПОДІЛ  $^{137}\text{Cs}$   
В ОРГАНІЗМІ ЗАЙЦЯ-РУСАКА, ПОШИРЕНОГО НА ТЕРИТОРІЇ  
З РІЗНОЮ ЩІЛЬНІСТЮ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ**

Наведено дані багаторічного дослідження вмісту та розподілу радіонукліду  $^{137}\text{Cs}$  в організмі зайця сірого, добутого на території радіоактивного забруднення. Відмічено суттєві коливання вмісту  $^{137}\text{Cs}$  в органах і тканинах тварин за період спостережень. Результати дослідів мають велике практичне значення для мисливського господарства на радіоактивно забруднених територіях.

A. V. Gulakov

*Francis Scorina Gomel State University*

**DISTRIBUTION OF  $^{137}\text{Cs}$  IN THE BROWN HARE'S BODY,  
AT THE TERRITORY OF VARIOUS RADIOACTIVE POLLUTION**

The long-term data on accumulation and distribution of the radionuclide  $^{137}\text{Cs}$  in an organism of the brown hare obtained from the territories of various levels of radioactive pollution are presented. Essential fluctuations of the radionuclide content in the hare's organs and tissues are shown. Results of the research have an important practical value for the hunting facilities at the radioactive polluted territories.

**Введение**

Авария на Чернобыльской АЭС не имеет аналогов в истории человечества как по площади воздействия ионизирующей радиации, так и по масштабам работ по ее ликвидации. Экологические проблемы, возникшие в результате аварии, носят разноплановый характер. Для ведения охотничьего хозяйства на радиоактивно загрязненной территории особенно важным является вопрос, связанный с накоплением радионуклидов в организме диких млекопитающих. Особенности существования популяций раз-

личных видов животных в загрязненных продуктах деления экосистемах до сих пор остаются малоизученным вопросом.

В природных условиях обитания действие ионизирующих излучений на организм в сочетании с другими экологическими факторами часто оказывается иным, чем в искусственно созданных условиях лабораторного эксперимента [8]. При облучении зооценоза в естественных условиях могут наблюдаться неравноценные биологические эффекты в сообществах животных, выражающиеся в большем воздействии или гибели менее устойчивых организмов и выживании радиорезистентных форм [12]. Радиоактивное загрязнение биогеоценоза, аккумулированное его компонентами, является новым абиотическим фактором среды обитания.

Различия в действии данного фактора на популяции животных разных видов, обитающих в загрязненном биогеоценозе, зависят не столько от плотности загрязнения территории, сколько от сезонных и видовых особенностей экологии животных, их поведения [11]. Специфическая особенность радиоактивного загрязнения среды обитания состоит в том, что радионуклиды действуют на все живые компоненты биогеоценоза; в результате концентрирования радиоактивных веществ в органах и тканях и вследствие облучения от источников, находящихся вне организма животного, они воздействуют как изнутри, так и снаружи [5]. Радиоактивные изотопы, проникая в организм, могут надолго задерживаться в нем и вызывать облучение различных органов и тканей. В условиях длительного поступления живые организмы выступают в качестве аккумуляторов радиоактивных веществ, в результате чего концентрация активности в организме нередко становится выше, чем в окружающей среде [2].

### Материал и методы исследований

Основным объектом исследований являлся заяц-русак (*Lepus vulgaris* Linnaeus, 1758), обитающий на территории с различной плотностью радиоактивного загрязнения.

Наиболее загрязненный радионуклидами участок находился в зоне отчуждения аварийного выброса Чернобыльской АЭС в районе деревень Борщевка, Молочки, Погонное, Радин, Аревичи, Дронки Хойникского района Гомельской области, где уровень загрязнения территории  $^{137}\text{Cs}$  составлял 1100–8184 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  – 185–1633 кБк/м<sup>2</sup>. Данная местность расположена в Полесском зоогеографическом районе и находится в подзоне широколиственно-сосновых лесов. Основную часть изучаемой территории занимают дерново-подзолистые (дерново-глееватые рыхлосупесчаные или связнопесчаные почвы) – 80 %; менее значительную часть – аллювиальные (пойменные) и торфяно-болотные почвы – 20 %. Район характеризуется, главным образом, низким и плоским рельефом с конечноморенными грядами, террасами и равнинами. Территория исследования расположена в междуречье рек Припять и Днепр на расстоянии 10–35 км от Чернобыльской АЭС.

Наряду с зоной отчуждения отбор проб также проводили на территории зоны отселения Брагинского района Гомельской области в окрестностях деревень Савичи, Пучин, Жердное. Плотность загрязнения участка по  $^{137}\text{Cs}$  находилась в пределах 185–1480 кБк/м<sup>2</sup>, по  $^{90}\text{Sr}$  – 74–420 кБк/м<sup>2</sup>. Местность также расположена в Полесском зоогеографическом районе. Основную часть территории занимают дерново-глееватые рыхлосупесчаные или связносупесчаные (85 %) почвы и торфяно-болотные почвы (15 %). Район, в основном, с низким и плоским рельефом, с конечноморенными грядами, террасами и равнинами. Он расположен в междуречье рек Припять и Днепр на расстоянии 30–35 км от Чернобыльской АЭС.

Контрольным районом служила территория Гомельского района Гомельской области, расположенная около д. Кравцовка и находящаяся на границе с Черниговской областью Украины, на притоке реки Днепр (р. Сож). Основную часть территории занимают рыхлосупесчаные (до 80 %) и торфоболотные почвы (до 20 %). Данная местность находится на расстоянии 40 км от г. Гомель и около 100 км от Чернобыльской АЭС. Уровень загрязнения территории  $^{137}\text{Cs}$  составляет 18,5–37,0 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  – 1,0–1,9 кБк/м<sup>2</sup>.

За время исследований получены пробы от 45 животных, обитающих на территории с различной плотностью радиоактивного загрязнения. От диких млекопитающих брали пробы мышечной ткани, сердца, легких, печени, почек, селезенки, половых органов, шкуры. Образцы отбирали массой 0,1–0,5 кг. Содержания  $^{137}\text{Cs}$  в пробах органов и тканей животных определяли гамма-спектрометрическим методом по стандартным методикам на поверенной аппаратуре [9].

### Результаты и их обсуждение

В период 1991–2005 годов нами прослежена динамика накопления  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани представителя сем. Заячьи – зайца русака (табл.). Как видно из данных, приведенных в таблице, наиболее высокое содержание  $^{137}\text{Cs}$  отмечается в мышечной ткани зайца русака, обитающего на территории зоны отчуждения. Средний уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  в организме зайца-русака, добытого в зоне отчуждения, составлял  $4,29 \pm 1,40$  кБк/кг, причем коэффициент вариации данного признака изменялся в широких пределах. Наибольшее содержание данного радионуклида в организме животного составило 8,14 кБк/кг, а наименьшее – 0,42 кБк/кг (различия в накоплении составили более 19 раз).

Таблица

**Средние значения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани зайца-русака, обитающего на территории с различным уровнем радиоактивного загрязнения**

| Год  | Территория      | Количество животных, голов | Содержание $^{137}\text{Cs}$ в мышечной ткани, кБк/кг |            |            | Коэффициент вариации, % |
|------|-----------------|----------------------------|---|------------|------------|-------------------------|
|      |                 |                            | среднее   | <i>min</i> | <i>max</i> |                         |
| 1991 | зона отчуждения | 1                          | 8,14  | –          | –          | –                       |
| 1991 | зона отселения  | 3                          | $0,35 \pm 0,12$                                       | 0,11       | 0,48       | 59,66                   |
| 1991 | контроль        | 8                          | $0,15 \pm 0,04$                                       | 0,02       | 0,37       | 76,93                   |
| 1992 | зона отселения  | 1                          | 0,03  | –          | –          | –                       |
| 1992 | контроль        | 1                          | 0,03  | –          | –          | –                       |
| 1993 | зона отчуждения | 2                          | 1,50  | 0,42       | 2,59       | 101,95                  |
| 1993 | зона отселения  | 6                          | $0,06 \pm 0,01$                                       | 0,05       | 0,06       | 8,81                    |
| 1994 | зона отселения  | 2                          | 0,15  | 0,10       | 0,19       | 41,43                   |
| 1995 | зона отселения  | 2                          | 0,13  | 0,02       | 0,25       | 122,49                  |
| 1996 | зона отчуждения | 2                          | 4,08  | 3,90       | 4,08       | 6,37                    |
| 1996 | зона отселения  | 3                          | $0,08 \pm 0,02$                                       | 0,06       | 0,12       | 40,33                   |
| 1996 | контроль        | 3                          | $0,05 \pm 0,01$                                       | 0,04       | 0,06       | 19,75                   |
| 1997 | зона отчуждения | 3                          | $3,43 \pm 0,45$                                       | 2,72       | 4,25       | 22,47                   |
| 1997 | зона отселения  | 3                          | $0,07 \pm 0,02$                                       | 0,04       | 0,10       | 42,01                   |
| 1997 | контроль        | 3                          | $0,04 \pm 0,01$                                       | 0,02       | 0,06       | 61,06                   |
| 2003 | зона отселения  | 2                          | 0,37  | 0,36       | 0,39       | 6,63                    |

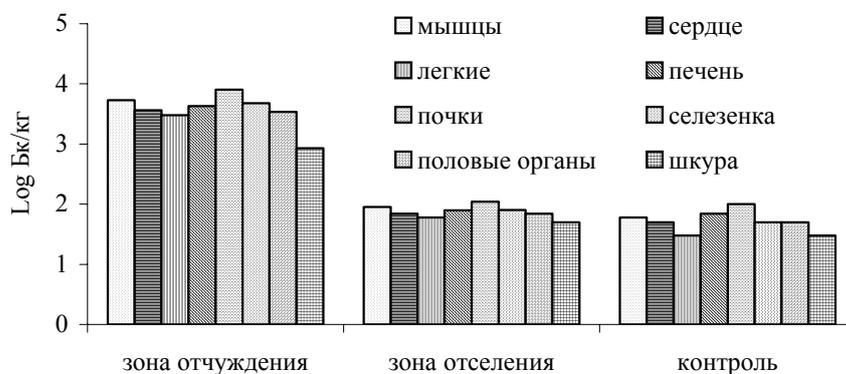
Среднее значение накопления  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани зайца-русака, добытого на территории зоны отселения, составило  $0,17 \pm 0,04$  кБк/кг, что более чем в 25 раз ниже ( $p < 0,001$ ) по сравнению с животными зоны отчуждения. Животные, обитающие на территории контрольного района, имели среднее значение содержания данного радио-

нуклида  $0,07 \pm 0,04$  кБк/кг, что в 61 раз меньше ( $p < 0,001$ ), чем у животных в зоне отчуждения и в почти в 2,5 раза ( $p < 0,05$ ), чем у зайца русака, обитающего на территории зоны отселения. Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани зайца русака, добытого на территории контрольного района, находилась в пределах 0,02–0,06 кБк/кг, что значительно ниже контрольных нормативов [4].

Особенности поступления радионуклидов в организм животных и их распределение между органами и тканями, скорость выведения из организма – основные факторы, которые определяют дозовые нагрузки от внутреннего облучения и наряду с внешним облучением влияют на величину радиационного эффекта.

При этом количественное соотношение поступающих радионуклидов определяется уровнем их содержания в окружающей среде и эколого-биологическими особенностями видов животных разных систематических и экологических групп, видовое разнообразие которых обуславливает широкий спектр путей поступления радионуклидов в организм.

Исходя из того, что различные радионуклиды накапливаются в организме животных не равномерно, а имеют компетентные органы и ткани, большое значение (как научное, так и практическое) представляет изучение содержания и распределения их по основным органам и тканям диких млекопитающих. Особенно важно проведение исследований по распределению радионуклидов в организме диких животных, являющихся объектами спортивной и промысловой охоты на территории республики, подвергшейся радиоактивному загрязнению. Следует отметить, что закономерности распределения и накопления радионуклидов по органам и тканям хорошо изучены, в основном для сельскохозяйственных животных [1; 6; 7; 10]. Данные по распределению радионуклидов в организме диких промысловых животных, длительное время обитающих на территории с различной плотностью радиоактивного загрязнения, малочисленны и фрагментарны [3; 13–15]. Поэтому нами в исследуемый период проведена оценка распределения  $^{137}\text{Cs}$  по органам и тканям зайца-русака, обитающего на территории с различным уровнем радиоактивного загрязнения (рис.).



**Рис. Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в органах и тканях зайца-русака, обитающего на территории радиоактивного загрязнения**

Так как данные удельной активности распределения  $^{137}\text{Cs}$  по органам и тканям основных видов диких промысловых животных имеют большой разброс значений, нами проведена их нормализация путем логарифмирования.

Как видно из данных (см. рис.), у зайца-русака, обитающего на радиоактивно загрязненной территории, наибольшее содержание  $^{137}\text{Cs}$  отмечается в почках и составля-

ет 3,91 logБк/кг у животных, добытых на территории зоны отчуждения, и 2,04 logБк/кг – у животных, обитающих в зоне отселения. Высокое содержание данного радионуклида отмечалось в селезенке и печени зайца-русака и находилось в пределах 3,68–3,63 logБк/кг в зоне отчуждения и 1,90 logБк/кг – у животных, отстрелянных в зоне отселения. Наименьшее содержание  $^{137}\text{Cs}$  отмечается в половых органах, легких и шкуре зайца-русака.

Наибольший уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  имели органы и ткани данного вида животных, добытых в зоне отчуждения, далее следуют зоны отселения и контрольного района. Ряд по накоплению радионуклида у зайца-русака будет иметь следующий вид в порядке убывания: почки > мышечная ткань > селезенка > печень > сердце > половые органы > легкие > шкура.

### Заключение

Наиболее загрязнен организм зайца-русака, обитающего на территории зоны отчуждения после аварии на Чернобыльской АЭС. Анализ распределения  $^{137}\text{Cs}$  по органам и тканям животного показал, что данный радионуклид более всего накапливался в паренхиматозных органах, особенно в почках как интенсивном органе выведения радиоцезия из организма. Содержание основных дозообразующих радионуклидов в организме животных не играет определяющей роли в экологических эффектах, но их хроническое влияние будет продолжаться длительное время. Поэтому изучение особенностей накопления и распределения радионуклидов, выявление видовых, половых, возрастных и сезонных различий в концентрировании радиоизотопов в организме диких животных, обитающих в загрязненном биогеоценозе, будет представлять как научный, так и практический интерес.

### Библиографические ссылки

1. **Адаптация** агроэкоосферы к условиям техногенеза / Под ред. Р. Г. Ильязова. – Казань : Фэн, 2006. – 664 с.
2. **Булдаков Л. А.** Проблемы распределения и экспериментальной оценки допустимых уровней  $\text{Cs-137}$ ,  $\text{Sr-90}$  и  $\text{Ru-100}$  / Л. А. Булдаков, Ю. И. Москалев. – М. : Атомиздат, 1968. – 295 с.
3. **Гайченко В. А.** Радіобіологічні наслідки аварії на ЧАЕС в популяціях диких тварин зони відчуження: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.08. / Ін-т експер. патології, онкології та радіобіології ім. Р. Е. Кавецького. – К., 1996. – 48 с.
4. **Гулаков А. В.** Накопление и распределение  $^{137}\text{Cs}$  по органам и тканям зайца-русака, обитающего на территории зоны отселения после аварии на Чернобыльской АЭС // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий. Матер. IV Междунар. научн.-практ. конф. – Гомель, 2002. – С. 71–72.
5. **Ильенко А. И.** Экология животных в радиационном биогеоценозе / А. И. Ильенко, Т. П. Крапивко. – М. : Наука, 1989. – 224 с.
6. **Корнеев Н. А.** Основы радиоэкологии сельскохозяйственных животных / Н. А. Корнеев, А. Н. Сироткин. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 208 с.
7. **Корнеев Н. А.** Снижение радиоактивности в растениях и продуктах животноводства / Н. А. Корнеев, А. Н. Сироткин, Н. В. Корнеева. – М. : Колос, 1977. – 208 с.
8. **Криволицкий Д. А.** Действие ионизирующей радиации на биогеоценоз / Д. А. Криволицкий и др. – М. : Наука, 1988. – 240 с.
9. **Сборник** нормативных, методических, организационно-распорядительных документов Республики Беларусь в области радиационного контроля и безопасности / Под ред. В. Е. Шевчука. – Минск, 1998. – 230 с.
10. **Сироткин А. Н.** Радиоэкология сельскохозяйственных животных / А. Н. Сироткин, Р. Г. Ильязов. – Казань : Фэн, 2000. – 381 с.

11. **Соколов В. Е.** Проблемы и задачи радиэкологии животных / В. Е. Соколов, А. И. Ильенко // Под ред. А. И. Ильенко. – М. : Наука, 1980. – С. 3–13.
12. **Соколов В. Е.** Развитие исследований по радиэкологии животных в СССР / В. Е. Соколов, А. И. Ильенко // Радиэкология позвоночных животных / Под ред. А. И. Ильенко. – М. : Наука, 1978. – С. 3–9.
13. **Eriksson O.** Evolution of the contamination rate in game / O. Eriksson et al. // The radiological consequence of the Chernobyl accident. Proc. of the I Intern. conf. – Minsk, 1996. – P. 147–154.
14. **Tataruch F.** Studies in levels of radioactivity in wildlife in Austria / F. Tataruch, F. Schonhofer, E. Klansek // Transfer of Radionuclides in Natural and Semi-Natural Environments. Elsevier Applied Science. – London & New-York, 1990. – P. 211–217.
15. **Transfer** of radionuclide to animals, their comparative importance under different agricultural ecosystems and appropriate countermeasures. Final report / Ed. P. Strand, B. Howard, V. Averin. – Luxemburg : Office for official publications of the European Communities, 1996. – P. 144–156.

*Надійшла до редколегії 15.09.2009*