

УДК 591.5 + 639.1

А. В. Гулаков

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины*

## **НАКОПЛЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ $^{137}\text{Cs}$ В ОРГАНИЗМЕ ХИЩНЫХ ЖИВОТНЫХ**

Представлено результати багаторічних досліджень вмісту та розподілу радіонукліду  $^{137}\text{Cs}$  в організмі диких тварин у зоні відчуження ЧАЕС. Відмічено суттєві коливання вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у м'язах за період спостереження. Результати мають велике практичне значення при веденні мисливського господарства на радіоактивно забруднених територіях.

A. V. Gulakov

*F. Scorina Gomel State University*

## **ACCUMULATION AND DISTRIBUTION $^{137}\text{Cs}$ IN PREDATORS' ORGANISM**

Data of the long-term research of accumulation and distribution  $^{137}\text{Cs}$  radionuclide in organisms of predatory wild animals from the alienation zone of the Chernobyl nuclear power station are presented. Essential fluctuations of the  $^{137}\text{Cs}$  contents in muscular tissue are noted. The results have large practical value for management of the hunting facilities on the radioactively polluted territories.

### **Введение**

В результате аварии на Чернобыльской АЭС распространение радиоактивных веществ охватило значительную территорию. На большей ее части уровни облучения оказались недостаточными, чтобы вызвать радиационное поражение диких животных, однако содержание у них основных дозообразующих радионуклидов достигло высоких значений. Особенности обитания популяций диких животных в загрязненном радионуклидами биогеоценозе до сих пор остаются малоизученным вопросом. Промысловые позвоночные животные являются важными элементами наземных экосистем, определяющими хозяйственное значение животного мира на данных территориях.

Плотность связей популяций разных видов животных с загрязненным биогеоценозом и излучателями, аккумулярованными его компонентами, зависит от различий в их экологии, особенностей распределения по трофическим уровням и физико-химических свойств радиоактивных выпадений. В основном этими факторами определяется количество радионуклидов в организме разных видов и во внутривидовых группах. В организме животных, попавших в загрязненный радиоактивными веществами биогеоценоз или находящийся в нем во время загрязнения, начинается процесс быстрого накопления радиоизотопов.

Скорость аккумуляции и предельные уровни накопления радиоизотопов зависят от их концентрации в воде водоемов или плотности загрязнения почвы в сухопутном биогеоценозе [2]. Морфологические и биологические особенности животных, физико-

химические свойства и биологическая значимость радионуклидов могут определять уровни их накопления и распределения по органам и тканям животных [7].

### Материал и методы исследований

Наиболее загрязненный радионуклидами участок, где проводились исследования, находился в зоне отчуждения аварийного выброса Чернобыльской АЭС в районе деревень Борщевка, Молочки, Погонное, Радин, Аревичи, Дроньки 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 (80 %) изучаемой территории занимают дерново-подзолистые (дерново-глееватые рыхлосупесчаные или связнопесчаные почвы), менее значительную часть (20 %) – аллювиальные (пойменные) и торфяно-болотные почвы. 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 проводился 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> и 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 %) 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>.

Основной объект исследований – дикие хищные промысловые животные, обитающие на территории с различной плотностью радиоактивного загрязнения.

За время исследования получены пробы от 53 животных, обитающих на территории с различной плотностью радиоактивного загрязнения. От диких млекопитающих брали пробы мышечной и костной ткани (ребро), сердца, легких, печени, почек, селезенки, половых органов, шкуры. Отбирали образцы массой 0,1–0,5 кг. Определение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в пробах проводили гамма-спектрометрическим методом по стандартным методикам на поверенной аппаратуре [6].

### Результаты и их обсуждение

Содержание радионуклидов в организме диких хищных животных, как правило, характеризуется большими значениями по сравнению с травоядными копытными, так как они занимают более высокие трофические уровни в различных биогеоценозах. В таблице 1 представлены средние значения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани лисицы обыкновенной (*Vulpes vulpes* Linnaeus, 1758), обитающей на территории с раз-

личным уровнем радиоактивного загрязнения. Наибольшее содержание  $^{137}\text{Cs}$  отмечается у животных, обитающих на территории зоны отчуждения.

Таблица 1

**Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани лисицы обыкновенной, обитающей на территории с различным уровнем радиоактивного загрязнения**

Годы исследований	Территория исследований	Количество животных, голов	Содержание $^{137}\text{Cs}$ в мышечной ткани, кБк/кг		
			среднее	<i>min</i>	<i>max</i>
1991	зона отчуждения	1	24,42	–	–
1991	зона отселения	1	1,07	–	–
1991	контроль	1	0,07	–	–
1992	зона отселения	2	2,16±1,90	0,23	4,08
1992	контроль	1	0,07	–	–
1993	контроль	1	0,08	–	–
1994	зона отчуждения	1	29,23	–	–
1994	зона отселения	2	6,95±0,39	6,56	7,35
1995	зона отчуждения	2	33,37±7,33	26,05	40,70
1995	зона отселения	2	8,19±1,91	6,28	10,10
1995	контроль	2	0,09±0,02	0,08	0,11
1997	зона отчуждения	2	11,47±6,79	4,68	18,26
1997	зона отселения	4	5,71±1,43	3,46	9,81
1997	контроль	2	0,09±0,02	0,07	0,11
1998	контроль	1	0,17	–	–
1999	зона отчуждения	1	6,96	–	–
2002	зона отчуждения	1	16,20	–	–

Средний уровень содержания радионуклида в мышечной ткани лисицы обыкновенной, добытой в зоне отчуждения, составил  $20,81 \pm 4,20$  кБк/кг, примерно в 5 раз больше, чем у зайца-русака, обитающего на территории данной зоны. Наибольшее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в организме животного составило 40,70, а наименьшее – 4,68 кБк/кг (различия в накоплении составили почти 9 раз). Среднее значение накопления  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани лисицы обыкновенной, добытой на территории зоны отселения, составило  $4,88 \pm 0,97$  кБк/кг, что в 4,3 раза ниже ( $p < 0,001$ ) по сравнению с животными зоны отчуждения.

Животные, обитающие на территории контрольного района, имели среднее значение содержания данного радионуклида  $0,09 \pm 0,01$  кБк/кг, что в 231,2 раза меньше ( $p < 0,001$ ), чем у животных в зоне отчуждения и в 54,2 раза меньше ( $p < 0,001$ ), чем у лисицы обыкновенной, обитающей на территории зоны отселения. Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани лисицы обыкновенной, добытой на территории контрольного района, находилась в пределах 0,07–0,17 кБк/кг [5]. По данным других авторов, среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани лисицы обыкновенной, добытой на территории зоны отчуждения, в охотничий сезон 1991–1992 годов составило 143,13 кБк/кг. Данный показатель значительно превышает аналогичный средний показатель для лисиц, добытых в охотничий сезон 1988–1989 годов [3].

Более высокое содержание  $^{137}\text{Cs}$  отмечалось в мышечной ткани волка (*Canis lupus* Linnaeus, 1758). К сожалению, мы располагаем только фрагментарными данными по накоплению этого радионуклида в организме волка, обитающего на территории зоны отчуждения и отселения (табл. 2). Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани волка, обитающего на территории зоны отчуждения, изменяется в широких пределах. Наибольшее содержание радионуклида в организме животного данной территории составило 148,00, а наименьшее – 9,62 кБк/кг (различия в накоплении составили более

15 раз). На территории зоны отселения среднее значение накопления составило  $29,65 \pm 11,4$  кБк/кг, что в 2 раза меньше, чем у животных, обитающих на территории зоны отчуждения (хотя выборка очень небольшая). Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани животных зоны отселения находилась в пределах от 18,24 до 41,07 кБк/кг [1]. По данным ученых Института зоологии НАНБ, уровень удельной активности радионуклидов составил в 1991–1992 годах в мышечной ткани 304,89 кБк/кг, в сердце – 329,94, в легких – 290,48, в печени – 657,00, в почках – 587,20, в селезенке – 834,94 кБк/кг [3].

Таблица 2

**Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани волка, обитающего на территории с различным уровнем радиоактивного загрязнения**

Годы исследований	Территория исследований	Количество животных, голов	Содержание $^{137}\text{Cs}$ в мышечной ткани, кБк/кг		
			среднее	min	max
1991	зона отчуждения	2	11,10	9,62	12,58
1992	зона отселения	2	29,65	18,24	41,07
1997	зона отчуждения	2	116,50	85,00	148,00
1998	зона отчуждения	3	$48,87 \pm 4,76$	40,20	56,60

Также нами определено содержание данного радионуклида в организме других представителей отряда хищных: лесной куницы (*Martes martes* Linnaeus, 1758) и речной выдры (*Lutra lutra* Linnaeus, 1758). Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в организме данных млекопитающих представлено в таблице 3. Лесной куницы было добыто всего пять особей, две – в зоне отчуждения и три – на территории контрольного района. Для данного вида сохраняется аналогичная тенденция – чем выше плотность загрязнения территории, тем выше содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани животных. У животных, обитающих в зоне отчуждения, удельная активность данного радионуклида составила от 3,89 до 12,58 кБк/кг. Куница, отстреленная на территории контрольного района, содержала данный радионуклид в среднем  $0,45 \pm 0,06$  кБк/кг.

Таблица 3

**Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани выдры и куницы, обитающих на территории радиоактивного загрязнения**

Вид животного	Годы	Территория	Количество животных, голов	Содержание $^{137}\text{Cs}$ в мышечной ткани, кБк/кг		
				среднее	min	max
Выдра	1991	зона отчуждения	2	21,46	2,22	40,70
	1991	зона отселения	1	1,04	–	–
	1991	контроль	1	0,04	–	–
	1995	контроль	2	0,11	0,09	0,13
	1997	зона отчуждения	2	12,03	6,35	17,70
	1999	зона отчуждения	1	6,36	–	–
Куница	1991	зона отчуждения	1	3,89	–	–
	1992	зона отчуждения	1	12,58	–	–
	1994	контроль	1	0,35	–	–
	1996	контроль	1	0,57	–	–
	1997	контроль	1	0,44	–	–

Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани речной выдры, обитающей на территории зоны отчуждения, составило  $13,28 \pm 4,40$  кБк/кг. У выдры, отстреленной в зоне отчуждения, колебания уровня содержания  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани различались более чем в 18 раз, наименьшая удельная активность для данного вида животных составила 2,22, а наибольшая – 40,70 кБк/кг. К сожалению, на территории зоны отселения добыто всего одно животное данного вида; удельная активность радионуклида в его мышеч-

ной ткани составила 1,04 кБк/кг. Ткани животных, добытых на территории контрольного района, содержали  $^{137}\text{Cs}$  в пределах 0,04–0,13 кБк/кг [4].

Также в период проведения исследований добыты единичные особи других видов охотничье-промысловых животных. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани енотовидной собаки (*Nyctereutes procyonoides* Gray, 1834) и американской норки (*Mustela vison* Schreber, 1777), добытых на территории зоны отчуждения, составило 13,25 и 4,69 кБк/кг соответственно. Удельная активность данного радионуклида в мышечной ткани хорька, обитающего на территории зоны отселения, составила всего лишь 0,14 кБк/кг.

Исходя из того, что различные радионуклиды неравномерно накапливаются в организме животных, 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. Следует учитывать, что распределение радионуклидов по органам и тканям млекопитающих в ближайшее время после поступления в кровь может отличаться от распределения в условиях хронического введения в организм. Знание их распределения в организме диких животных необходимо для решения вопроса о возможности использования охотничьего сырья для нужд пищевой и легкой промышленности.

Так как данные удельной активности распределения  $^{137}\text{Cs}$  по органам и тканям лисицы обыкновенной как у наиболее распространенного хищника изучаемой территории имеют большой разброс значений (рис. 1), нами проведена их нормализация путем логарифмирования.

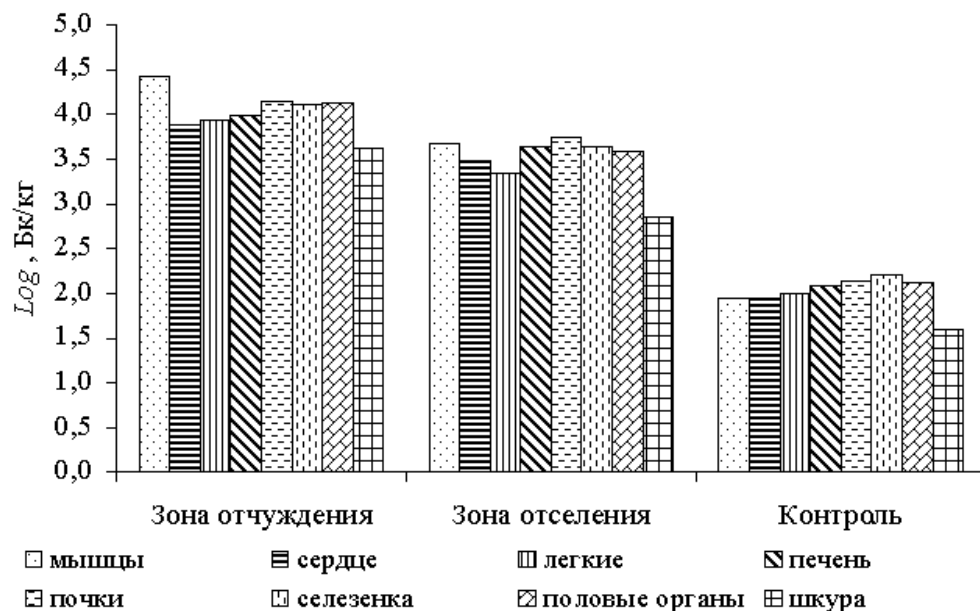


Рис. 1. Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в органах и тканях лисицы обыкновенной, обитающей на территории радиоактивного загрязнения.

У лисицы обыкновенной, обитающей на радиоактивно загрязненной территории, наибольшее содержание  $^{137}\text{Cs}$  отмечается в почках и мышечной ткани. Высокое содержание данного радионуклида наблюдалось в половых органах животного. Наибольший уровень  $^{137}\text{Cs}$  имели органы и ткани данного вида в зоне отчуждения, далее следуют зона отселения и контрольный район. Ряд накопления радионуклида у лисицы обыкновенной, обитающей на территории зоны отчуждения, будет иметь следующий вид

(в порядке убывания): мышечная ткань > почки > половые органы > селезенка > печень > легкие > сердце > шкура.

### Выводы

Анализ распределения  $^{137}\text{Cs}$  по органам и тканям диких животных показал, что после мышечной ткани данный радионуклид больше всего накапливался в паренхиматозных органах, особенно в почках как интенсивном органе выведения радиоцезия из организма. Изучение динамики естественных экосистем после катастрофы на Чернобыльской АЭС позволит получить ценную информацию об их развитии, сукцессии и адаптации в условиях радиоактивного загрязнения территории. Организация системы экологического мониторинга на загрязненных территориях необходима для процесса принятия экологических решений и прогнозирования изменений радиоэкологической ситуации на продолжительное время.

### Библиографические ссылки

1. **Гулаков А. В.** Распределение основных дозообразующих радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  по органам и тканям волка *Canis lupus* // Экологической науке – творчество молодых. Матер. II Регион. научно-практ. конф. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2002. – С. 27–28.
2. **Ильенко А. И.** Экология животных в радиационном биогеоценозе / А. И. Ильенко, Т. П. Крапивко. – М.: Наука, 1989. – 224 с.
3. **Радиоактивное** загрязнение животных различных групп: наземные млекопитающие / П. Г. Козло, С. В. Кучмель, В. Ф. Дунин и др. // Животный мир в зоне аварии Чернобыльской АЭС / Под ред. Л. М. Сушени, М. М. Пикулика, А. Е. Пленина. – Мн.: Навука і тэхніка, 1995. – С. 79–87.
4. **Радиоэкологический** мониторинг представителей отряда Грызуны (*Rodentia*) / В. И. Михалусев, А. В. Гулаков, П. Н. Цыгвинцев, В. И. Толкачев // Проблемы ландшафтной экологии животных и сохранения биоразнообразия. Матер. Респ. научно-практ. конф. – Мн.: БГПУ им. М. Танка, 1999. – С. 87–88.
5. **Саевич К. Ф.** Содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в мышечной ткани обыкновенной лисицы (*Vulpes vulpes*), добытой в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС / К. Ф. Саевич, А. В. Гулаков // Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий. Матер. V Междунар. научно-практ. конф. – Гомель, 2003. – С. 184–185.
6. **Сборник** нормативных, методических, организационно-распорядительных документов Республики Беларусь в области радиационного контроля и безопасности / Под ред. В. Е. Шевчука. – Мн., 1998. – 230 с.
7. **Соколов В. Е.** Дикие животные в глобальном радиоэкологическом мониторинге / В. Е. Соколов, Д. А. Кривоуццкий, В. Л. Усачев. – М.: Наука, 1989. – 150 с.

Надійшла до редколегії 20.10.2007