

Удельная активность радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме диких промысловых копытных животных в зависимости от возрастной и половой структуры

А.В. Гулаков¹, Д.Н. Дроздов²

В статье представлены результаты анализа удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме диких промысловых копытных, обитающих на радиоактивно загрязненных территориях, в зависимости от пола и возраста животных. В ходе исследований у дикого кабана, добытого в зоне отчуждения, не выявлено значимых изменений активности ^{137}Cs в мышечной ткани в зависимости от возраста. Однако у животных в возрасте 2–3 лет наблюдалась тенденция к более высокой активности ^{137}Cs в мышцах. У европейской косули активность ^{137}Cs в организме молодых особей (до 2 лет) находилась в пределах $9,14 \pm 3,95$ кБк/кг, в то время как у более взрослых животных она была в 2 раза выше – $19,18 \pm 4,66$ кБк/кг. У лося, обитающего в зоне отчуждения, удельная активность ^{137}Cs как в группе животных 2–3 лет, так и в возрасте 4–6 лет находилась на одном уровне и составляла 7,73–9,90 кБк/кг. Удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме самок и самцов различных видов промысловых копытных, обитающих на загрязненных территориях, существенно не различалась. Тем не менее, у дикого кабана проявилась тенденция к большему накоплению ^{137}Cs в мышечной ткани у самок по сравнению с самцами. Активность ^{137}Cs в мышечной ткани кабана в зоне отчуждения составила 39,71 кБк/кг у самцов и 52,34 кБк/кг у самок, в зоне отселения – 7,19 кБк/кг и 14,07 кБк/кг соответственно.

Ключевые слова: лось, европейская косуля, дикий кабан, ^{137}Cs , ^{90}Sr , пол, возраст.

The article presents the results of the analysis of the specific activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides in the body of wild game ungulates inhabiting radioactively contaminated territories, depending on the animals' sex and age. The study revealed no significant changes in ^{137}Cs activity in the muscle tissue of wild boar harvested in the exclusion zone related to age. However, animals aged 2–3 years showed a tendency toward higher ^{137}Cs activity in muscles. In the European roe deer, the ^{137}Cs activity in young individuals (up to 2 years old) was lower, ranging within $9,14 \pm 3,95$ kBq/kg, while in older animals, it was twice as high, reaching $19,18 \pm 4,66$ kBq/kg. In elk inhabiting the exclusion zone, the specific activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr in both the 2–3 and 4–6 year-old groups was at the same level, ranging from 7,73 to 9,90 kBq/kg. The specific activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the bodies of females and males of various game ungulate species living in contaminated areas did not differ significantly. Nevertheless, wild boars exhibited a tendency toward higher ^{137}Cs accumulation in the muscle tissue of females compared to males. The ^{137}Cs activity in the muscle tissue of wild boar in the Exclusion Zone was 39,71 kBq/kg for males and 52,34 kBq/kg for females; in the resettlement zone, these values were 7,19 kBq/kg and 14,07 kBq/kg, respectively.

Введение. В настоящее время проблемы охраны окружающей среды и рационального использования биологических ресурсов во всем мире привлекают особое внимание. В процессе эксплуатации объектов атомной энергетики, а также при различных радиационных авариях возрастает вероятность попадания техногенных радионуклидов в различные компоненты биосферы [1].

Радиоактивное загрязнение наземных и водных биогеоценозов рассматривается как новый абиотический фактор среды, требующий изучения в рамках охраны биологических ресурсов. Катастрофа на Чернобыльской атомной электростанции является крупнейшей по своим масштабам и нанесенному ущербу в истории развития атомной энергетики на планете. В результате аварии образовались значительные территории с высоким уровнем радиоактивного загрязнения.

Данное обстоятельство продиктовало необходимость проведения глобальных радиологических и радиобиологических исследований по изучению закономерностей миграции техногенных радионуклидов в биосфере и воздействия ионизирующего излучения на живые организмы в их естественной среде обитания [2].

Ионизирующее излучение является постоянно действующим фактором окружающей среды, значение которого неуклонно возрастает. Это требует изучения процессов взаимодействия живых организмов друг с другом и с окружающей средой в условиях радиоактивного загрязнения и повышенного радиационного фона [3]. Для современной радиоэкологии эта проблема сохраняет свою актуальность [4].

В результате аварии на Чернобыльской АЭС произошло значительное загрязнение лесных экосистем, которые ранее активно использовались для охоты и рыболовства, а также являлись источником сырья для промышленности. Люди и животные подверглись хроническому внешнему и внутреннему (инкорпорированному) облучению.

Поэтому изучение особенностей накопления и распределения радионуклидов, выявление видовых, половых, возрастных и сезонных различий в концентрации радиоизотопов в организме диких животных, обитающих в загрязненных биогеоценозах, представляет большой научный и практический интерес. Кроме того, дары природы, включая мясо диких промысловых копытных, могут быть дополнительным источником поступления радионуклидов в организм человека и приводить к увеличению дозовых нагрузок на население, проживающее на радиоактивно загрязненной территории [5].

Цель работы – провести анализ удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме диких промысловых копытных животных в зависимости от возрастной и половой структуры.

Материалы и методы исследования. Исследование, проведенное в условиях Белорусского Полесья, позволило выявить роль возраста и пола в накоплении ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме диких копытных (лось, косуля, кабан), обитающих на территории радиоактивного загрязнения после Чернобыльской аварии. Мониторинг в зонах отчуждения и зоны отселения с постоянным контролем (Гомельская область) показал, что мясо диких животных является источником поступления радионуклидов и создает дополнительные дозовые нагрузки на население. Зимой животных добывали утром, при небольшом снеге – загоном или подходом, летом – ночью или рано утром, используя охотничье оружие.

В ходе исследования получены пробы мышечной и костной ткани от 393 диких копытных, из них 295 из зоны отчуждения, 98 из зоны отселения, добытые без иных повреждений, кроме пулевых, с измерением активности ^{137}Cs (МКС-АТ1315, РКГ-АТ1320А) и ^{90}Sr (Canberra-2004). Данные, рассчитанные на сырой вес, обработаны в Microsoft Excel 2007 и пакете прикладных статистических программ Statistica 8, методы регрессионного и дисперсионного анализа (ANOVA).

Результаты исследований и их обсуждение. Для определения возрастных различий в накоплении основных дозообразующих радионуклидов в организме промысловых копытных было проанализировано содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме животных различных возрастных групп. В таблице 1 представлена зависимость активности ^{137}Cs в мышечной ткани диких копытных, обитающих на территориях с различной плотностью радиоактивного загрязнения в зависимости от возраста.

Таблица 1 – Активность ^{137}Cs в мышечной ткани диких копытных, добытых в зоне отчуждения и зоне отселения, в зависимости от возраста

Вид	Возраст, лет	Территория	N	Активность ^{137}Cs в мышцах, кБк/кг
Лось	< 2	Зона отчуждения	–	–
	2–3	Зона отчуждения	11	$9,90 \pm 2,48$
	4–6	Зона отчуждения	21	$7,73 \pm 1,25$
Косуля	< 2	Зона отчуждения	5	$9,14 \pm 3,95$
	2–3	Зона отчуждения	19	$19,18 \pm 4,66$
	4–6	Зона отчуждения	5	$16,61 \pm 8,03$
Дикий кабан	Up to 2	Зона отчуждения	12	$26,87 \pm 9,30$
	2–3	Зона отчуждения	20	$16,15 \pm 3,88$
	4–6	Зона отчуждения	12	$18,26 \pm 4,81$
Лось	< 2	Зона отселения	2	$1,43 \pm 1,24$
	2–3	Зона отселения	16	$3,40 \pm 1,05$
	4–6	Зона отселения	10	$1,81 \pm 0,37$

Окончание таблицы 1

Косуля	< 2	Зона отселения	2	$9,19 \pm 2,90$
	2–3	Зона отселения	20	$6,69 \pm 1,10$
	4–6	Зона отселения	3	$7,60 \pm 3,37$
Дикий кабан	< 2	Зона отселения	10	$18,29 \pm 9,82$
	2–3	Зона отселения	25	$13,39 \pm 3,96$
	4–6	Зона отселения	11	$9,19 \pm 2,90$

Анализ содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr у охотничьих копытных показал, что у дикого кабана в зоне отчуждения значимых возрастных изменений активности ^{137}Cs нет, однако у особей 2–3 лет наблюдается высокая вариабельность (226 %) и тенденция к повышенному накоплению из-за миграции. У европейской косули активность ^{137}Cs у молодых особей (до 2 лет) составила $9,14 \pm 3,95$ кБк/кг, что в два раза ниже, чем у старших особей ($19,18 \pm 4,66$ кБк/кг).

У лосей из зоны отчуждения удельная активность ^{137}Cs у особей 2–3 и 4–6 лет находилась на уровне 7,73–9,90 кБк/кг, при этом в зоне постоянного контроля возрастных различий в накоплении радионуклида в мышцах не выявлено [4].

Исследования в Швеции после аварии на ЧАЭС показали, что у молодых лосей активность ^{137}Cs была на 10–40 % выше, чем у взрослых [3]. Также определена удельная активность ^{90}Sr в костной ткани исследованных животных, представленная в таблице 2.

Таблица 2 – Активность ^{90}Sr в костной ткани диких копытных, добытых в зоне отчуждения и зоне постоянного контроля, в зависимости от возраста

Вид	Возраст, лет	Территория	N	Активность в костной ткани, кБк/кг
Лось	< 2	Зона отчуждения	–	–
	2–3	Зона отчуждения	5	$4,25 \pm 0,99$
	4–6	Зона отчуждения	15	$2,81 \pm 0,46$
Косуля	< 2	Зона отчуждения	–	–
	2–3	Зона отчуждения	19	$6,05 \pm 1,68$
	4–6	Зона отчуждения	4	$6,49 \pm 3,89$
Дикий кабан	< 2	Зона отчуждения	6	$16,40 \pm 9,78$
	2–3	Зона отчуждения	16	$14,07 \pm 7,92$
	4–6	Зона отчуждения	9	$7,30 \pm 2,93$
Лось	< 2	Зона отселения	2	$0,61 \pm 0,55$
	2–3	Зона отселения	5	$1,23 \pm 0,27$
	4–6	Зона отселения	8	$0,79 \pm 0,17$
Косуля	< 2	Зона отселения	1	7,57
	2–3	Зона отселения	15	$4,25 \pm 1,09$
	4–6	Зона отселения	4	$2,74 \pm 1,07$
Дикий кабан	< 2	Зона отселения	6	$10,45 \pm 5,43$
	2–3	Зона отселения	14	$7,36 \pm 2,10$
	4–6	Зона отселения	4	$2,53 \pm 0,85$

Результаты проведенных исследований показывают, что у диких промысловых животных, обитающих на территориях с различной плотностью радиоактивного загрязнения, отсутствуют значимые различия в содержании ^{90}Sr в костной ткани [4].

Полученные данные согласуются с результатами исследований А.И. Ильенко, который выявил возрастные различия в концентрации ^{90}Sr в условиях его длительного поступления в организм мышевидных грызунов [2].

В итоге проведенных исследований не было обнаружено существенных различий в накоплении ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме диких копытных, обитающих на территории зоны отчуждения и зоны постоянного контроля, в зависимости от возраста, однако вариабельность этого показателя выше у молодых животных.

Нами также был проведен анализ активности радионуклидов в организме диких копытных в зависимости от пола животных. Данные о содержании радионуклидов у различных видов диких копытных в зависимости от пола представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Активность радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме диких копытных в зависимости от пола

Вид	Территория	Пол	N	Активность ^{137}Cs в мышцах, кБк/кг	N	Активность ^{90}Sr в костной ткани, кБк/кг
Лось	Зона отчуждения	самец	46	$11,00 \pm 2,90$	24	$2,67 \pm 0,43$
		самка	28	$6,34 \pm 1,52$	10	$3,74 \pm 1,17$
	Зона отселения	самец	12	$2,01 \pm 0,40$	7	$1,06 \pm 0,24$
		самка	16	$4,21 \pm 1,07$	8	$0,78 \pm 0,17$
Косуля	Зона отчуждения	самец	53	$15,37 \pm 2,98$	29	$6,45 \pm 1,63$
		самка	57	$24,76 \pm 7,32$	26	$4,73 \pm 1,00$
	Зона отселения	самец	14	$6,95 \pm 1,43$	12	$4,67 \pm 1,26$
		самка	11	$7,06 \pm 1,32$	8	$3,28 \pm 1,09$
Дикий кабан	Зона отчуждения	самец	50	$39,71 \pm 13,84$	29	$14,70 \pm 5,96$
		самка	61	$52,34 \pm 15,05$	37	$21,02 \pm 5,30$
	Зона отселения	самец	22	$7,19 \pm 1,93$	11	$3,99 \pm 1,17$
		самка	23	$14,07 \pm 4,06$	16	$8,61 \pm 2,62$

Как видно из приведенных выше данных, активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме самок и самцов промысловых копытных, обитающих на радиоактивно загрязненных территориях, существенно не различалась. Тем не менее, у дикого кабана проявилась тенденция к большему накоплению ^{137}Cs в мышечной ткани у самок по сравнению с самцами. Активность ^{137}Cs в мышечной ткани кабана в зоне отчуждения составила 39,71 кБк/кг у самцов и 52,34 кБк/кг у самок, а в зоне постоянного контроля – 7,19 кБк/кг и 14,07 кБк/кг соответственно [4].

По данным других авторов [2], различия в накоплении радионуклидов у диких животных в зависимости от пола наблюдаются только в период размножения. В то же время, согласно результатам исследований шведских ученых в начальный период после аварии, у самцов отмечалось более высокое содержание ^{137}Cs по сравнению с самками [6].

Таким образом, нами не было обнаружено достоверных различий в накоплении ^{137}Cs в мышечной ткани диких млекопитающих, обитающих в зонах отчуждения и отселения, в зависимости от возраста, однако вариабельность этого показателя выше у молодых особей (коэффициент вариации данного признака составил более 200 %).

В условиях постоянного обитания дикого кабана на территории с высоким уровнем радиоактивного загрязнения наблюдается увеличение активности ^{90}Sr в костной ткани молодых животных. Чем выше уровень загрязнения среды обитания, тем более выражены различия в накоплении радионуклидов в организме кабанов разных возрастных групп.

Как видно из представленных результатов, активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме самок и самцов промысловых копытных существенно не различалась, однако у кабана сохранилась тенденция к более высокому накоплению ^{137}Cs в мышечной ткани самок по сравнению с самцами.

Заключение. В результате исследований было показано, что основными факторами, определяющими уровень ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме диких животных, являются плотность загрязнения и распределение радионуклидов на территории обитания. У дикого кабана, добытого в зоне отчуждения, не было выявлено существенных изменений активности ^{137}Cs в мышечной ткани в зависимости от возраста. Однако у животных в возрасте 2–3 лет наблюдалась тенденция к более высокой активности ^{137}Cs в мышцах. У европейской косули активность ^{137}Cs в организме молодых особей (до 2 лет) была ниже и находилась в пределах $9,14 \pm 3,95$ кБк/кг, в то время как у более взрослых животных она была в 2 раза выше – $19,18 \pm 4,66$ кБк/кг. У лося, обитающего в зоне отчуждения, удельная активность ^{137}Cs как в группе животных 2–3 лет, так и в возрасте 4–6 лет находилась на одном уровне и составляла 7,73–9,90 кБк/кг. У животных, добытых на территории с более низким уровнем радиоактивного загрязнения (зона отселения), различий в удельной активности ^{137}Cs в мышечной ткани в зависимости от возраста не обнаружено. Удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме самок и самцов различных видов промысловых копытных, обитающих на загрязненных территориях, существенно не различалась. Тем не менее, у дикого кабана проявилась тенденция к большему накоплению ^{137}Cs в мышечной ткани у самок по сравнению с самцами. Активность ^{137}Cs в мышечной ткани кабана в зоне отчуждения составила 39,71 кБк/кг у самцов и 52,34 кБк/кг у самок, в зоне отселения – 7,19 кБк/кг и 14,07 кБк/кг соответственно.

Литература

1. Алексахин, Р. М. Чернобыльская катастрофа и агропромышленное производство / Р. М. Алексахин // Аграрная наука. – 1996. – № 3. – С. 5–7.
2. Ильязов, Р. Г. Адаптация агроэкосферы к условиям техногенеза / Р. Г. Ильязов, П. Н. Цыгвинцев, А. В. Гулаков. – Казань, 2006. – С. 173–185.
3. Woodhead, D. S. Contamination due to radioactive materials / D. S. Woodhead // Pollution of the Seas Radioactive Materials, Heavy Metals and Oil / ed. O. Kinne. – N.Y. : John Wiley and Sons, 1984. – Vol. 5. – P. 203–215.
4. Gulakov, A. V. Accumulation and distribution of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the body of the wild boar (*Sus scrofa*) found on the territory with radioactive contamination / A. V. Gulakov // Journal of Environmental Radioactivity. – 2014. – Vol. 127. – P. 171–175.
5. Михалусев, В. И. Эколого-радиобиологические последствия Чернобыльской катастрофы для животноводства и пути их преодоления / В. И. Михалусев. – Казань, 2002. – С. 267–294.
6. Palo, R. T. Pollution from the Chernobyl accident. Cesium-137 levels in Swedish elk in 1986–1989 years / R. T. Palo // Third International Moose Symposium : abstracts. – Syktyvkar, 1990. – P. 42.

¹Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины

²Гомельский государственный
медицинский университет

Поступила в редакцию 19.03.2026