

А. В. ГУЛАКОВ, Д. Н. ДРОЗДОВ

**ВЛИЯНИЕ СЕЗОНА ГОДА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ
ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОТ ИНКОРПОРИРОВАННЫХ
РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}Cs И ^{90}Sr В ОРГАНИЗМЕ ДИКИХ КОПЫТНЫХ,
ОБИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕССКОГО РАДИАЦИОННО-
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА**

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
г. Гомель, Республика Беларусь,
Gulakov@gsu.by, Drozdov@gsu.by*

В статье представлена оценка влияния фактора сезонности на динамику дозы внутреннего облучения от инкорпорированных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr ; результаты анализа показали, что фактор сезонности оказывает 16 % ($p > 0,5$) влияния на дисперсию дозы внутреннего облучения от инкорпорированного ^{137}Cs и 10 % от инкорпорированного ^{90}Sr ($p > 0,5$). Таким образом, фактор сезонности способен оказывать влияние на динамику дозы внутреннего облучения диких копытных, однако вклад этого фактора в объяснение вариации дозы внутреннего облучения и низкая достоверность оценки позволяют использовать его только в сочетании с другими факторами образования дозы внутреннего облучения.

Ключевые слова: дикий кабан, косуля европейская, лось, сезон, доза внутреннего облучения, ^{137}Cs , ^{90}Sr , мышечная ткань, костная ткань.

Одним из факторов формирования дозы внутреннего облучения диких копытных, обитающих на территории радиоактивного загрязнения, является сезон года и особенности миграция животного в границах территории радиоактивного загрязнения. Сочетание этих факторов с факторами плотности радиоактивного загрязнения, особенности кормовой базы, возрастом и полом животного позволяют оценить более половины вариации дозы облучения, и значительно снижает неопределенность оценки дозы внутреннего облучения. В этой связи определенный интерес представляет изучение влияния сезона года на процессы накопления основных дозообразующих радионуклидов цезия-137 и стронций-90 в мышечной и костной ткани диких копытных, обитающих на территории Полесского радиационно-экологического заповедника с различной плотностью радиоактивного загрязнения.

Для оценки влияния сезона на формирование поглощенной дозы внутреннего облучения от инкорпорированных ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме диких копытных выбраны два периода года: зимний и летний, которые характеризуются наиболее ярко выраженными сезонными изменениями, происходящими в естественных экосистемах. В качестве объектов исследования выбраны три репрезентативных вида *Sus scrofa L.*, *Capreolus capreolus L.*, *Alces alces L.*, которые в разной степени используют нижний горизонт фитоценозов, отличающихся кормовой базой и площадью миграции. Изъятие животных производили в границах территории Полесского радиационно-экологического заповедника, в зоне отселения, вблизи населенных пунктов: д. Борщевка, д. Молочки, д. Погонное, д. Радин, д.. Дроньки, где радиационных режим по ^{137}Cs составлял от 1100 до 8184 кБк/м², по ^{90}Sr от 185 до 1633 кБк/м² и зоне отчуждения: д. Савичи, д. Жердное, ^{137}Cs 185 – 1480 кБк/м², ^{90}Sr 74 – 420 кБк/м².

Территория, в границах которой производилось изъятие животных, покрыта широколиственными и сосново-лиственными лесами с густым подлеском и подростом, березовыми рощами и дубравами. По данным Полесского радиационно-экологического заповедника на данной территории обитает 2200 особи дикого кабана, 1800 особей косули европейской и 2056 особей лося. Места обитания диких копытных, обитающих на территории Полесского радиационно-экологического заповедника, различаются по сезонам. Дикий кабан весной предпочитает лиственный лес, зарастающую пашню и мелиоративные системы; летом – бывшие сельскохозяйственные угодья; осенью – дубраву, зимой – смешанный хвойно-лиственный лес и сельскохозяйственные угодья. В весенне-летний период лось предпочитает речную пойму, окраины болот, питается водной растительностью, может добывать в воде; в зимний период сосредотачивается в речной пойме на ивняковых пастбищах и в сосновых молодняках.

В период с 1991 по 2008 годы исследована динамика накопления цезия-137 и стронций-90 в мышечной и костной ткани диких копытных, обитающих на территории Полесского радиационно-экологического заповедника с различной плотностью радиоактивного загрязнения. Значения поглощенной дозы внутреннего облучения диких копытных оценивали в отношении инкорпорированных радионуклидов ^{137}Cs в мышечной и ^{90}Sr в костной ткани. Коэффициенты дозового перехода определили на основании данных для наземных животных, приведенных в рекомендации [3]. Мощность поглощенной дозы рассчитывали по формуле:

$$D_{\text{int}} = A \cdot K, \quad (1)$$

где D_{int} – мощность поглощенной дозы, мкГр/сутки; A – удельная активность ^{137}Cs в мышечной ткани, Бк/кг; K – дозовый коэффициент, Бк/кг.

Дозовый коэффициент перехода от активности ^{90}Sr в костной ткани согласно работе [2] равен $2,7 \cdot 10^{-3}$. Для определения дозового коэффициента перехода от активности инкорпорированного радионуклида ^{137}Cs к мощности поглощенной дозы внутреннего облучения, использовали регрессионную функцию вида:

$$K = 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot \ln(m) + 3,6 \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где m – масса тела животного, кг.

Оценку влияния сезона на формирование поглощенной дозы облучения диких копытных проводили методом дисперсионного анализа. Соответствие данных закону нормального распределения определяли с помощью коэффициентов асимметрии и эксцесс. Статистическая обработка данных проводилась с помощью прикладной программы Statistica 6.0.

В результате многолетних наблюдений установлено, что удельная активность ^{137}Cs в мышечной ткани диких копытных в зимний период достоверно выше, чем в летний период ($p < 0,05$). Сравнительный анализ показал, что удельная активность ^{137}Cs в мышечной ткани в зимний период у дикого кабана составляет $49,65 \pm 11,98$ кБк/кг, в летний период времени – $27,73 \pm 11,40$ кБк/кг. У косули европейской в зимний период удельная активность ^{137}Cs в мышечной ткани составляет $22,03 \pm 4,88$ кБк/кг, в летний период этот показатель

составляет $11,22 \pm 1,69$ кБк/кг. У лося в зимний период удельная активность ^{137}Cs в мышечной ткани $9,75 \pm 2,06$ кБк/кг, в летний период находится в пределах $4,66 \pm 1,76$ кБк/кг.

Достоверные различия удельной активности установлены в отношении ^{90}Sr в костной ткани диких копытных ($p < 0,05$). В зимний период удельная активность ^{90}Sr костной ткани дикого кабана составляет $20,57 \pm 5,06$ кБк/кг, в летний период $11,89 \pm 4,79$ кБк/кг; у косули европейской в зимний период удельная активность ^{90}Sr составляет $5,85 \pm 1,25$ кБк/кг, в летний период $5,09 \pm 1,07$ кБк/кг. Удельная активность ^{90}Sr костной ткани лося в зимний период составляет $2,75 \pm 0,39$ кБк/кг, в летний период $1,72 \pm 0,77$ кБк/кг.

Просматривается достаточно устойчивая тенденция аккумуляции радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зимний период, которая связана с доминированием в кормовой базе животных подземных частей растений, которые в наибольшей степени накапливают ^{137}Cs и ^{90}Sr , в то время как в летний период основу рациона животного составляют зерновые злаковые культуры.

Данные удельной активности диких копытных позволили провести оценку мощности поглощенной дозы внутреннего облучения для радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в летний зимний период. В таблице 1 представлены средние значения поглощенной дозы внутреннего облучения.

Таблица 1 – Поглощённая доза внутреннего облучения диких копытных

Вид	Доза облучения ^{137}Cs , мкГр/сут		Доза облучения ^{90}Sr , мкГр/сут	
	Зима	лето	Зима	лето
Дикий кабан	$39,2 \pm 6,1$	$27,0 \pm 4,4$	$55,5 \pm 13,7$	$32,1 \pm 12,9$
Косуля европейская	$37,0 \pm 5,5$	$21,3 \pm 2,2$	$15,8 \pm 3,4$	$13,7 \pm 2,9$
Лось	$8,2 \pm 1,2$	$3,8 \pm 0,8$	$7,4 \pm 1,1$	$4,6 \pm 2,1$

Из таблицы 1 видно, что дозы внутреннего облучения диких копытных в разные сезоны года имеют достоверные различия ($p < 0,05$). Доза внутреннего облучения от инкорпорированного ^{137}Cs в мышечной ткани в организме дикого кабана на 31,1 % выше в зимний сезон по сравнению с летним сезоном; у косули европейской разница составляет 42,4 %; у лося – 53,6 %. Доза внутреннего облучения от инкорпорированного ^{90}Sr в костной ткани в организме дикого кабана на 42, % выше в зимний сезон по сравнению с летним сезоном; у косули европейской на 13,3 %; у лося разница составляет 37,8 %.

Суммарная доза внутреннего облучения от радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr достоверно выше у дикого кабана в сравнении с другими видами копытных ($p < 0,05$). Значения суммарной дозы внутреннего облучения косули европейской и лося так же достоверно различаются как по сезонам, так и по средним годовым значениям ($p < 0,05$). Однако уровень дозовой нагрузки у косули и лося значительно ниже, чем у дикого кабана, что, по-видимому коррелирует со степенью использования нижнего горизонта лесного фитоценоза; кроме того, в зимний сезон дикий кабан может использовать организмы мезофауны и зооценоза [1].

Методом дисперсионного анализа проведена оценка степени влияния фактора сезонности на динамику дозы внутреннего облучения от инкорпорированных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr ; результаты анализа показали, что фактор сезонности оказывает 16 % ($p > 0,5$) влияния на дисперсию дозы внутреннего облучения от инкорпорированного ^{137}Cs и 10 % от инкорпорированного ^{90}Sr ($p > 0,5$). Таким образом, фактор сезонности способен оказывать влияние на динамику дозы внутреннего облучения диких копытных, однако вклад этого фактора в объяснение вариации дозы внутреннего облучения и низкая достоверность оценки позволяют использовать его для оценки неопределенности и прогноза только в сочетании с другими факторами образования дозы внутреннего облучения.

Список литературы

- 1 Царев, С. А. Биология зверей: поведение и экология кабана : учебное пособие / С. А. Царев. – М. : Изд-во ФГОУ ВПО РГФЗУ, 2011. – 163 с.
- 2 Гулаков, А. В. Динамика поглощенной дозы внутреннего облучения мышечной ткани дикого кабана от ^{137}Cs , обитающего в условиях Полесского радиационно-экологического заповедника / А. В. Гулаков Д. Н. Дроздов, // Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины. – 2019. – № 6 (117). – С. 29–34.
- 3 Оценка радиационно-экологического воздействия на объекты природной среды по данным мониторинга радиационной обстановки. Рекомендации Р 52.18.820-2015. Обнинск, – 2015. – 60 с.

A. V. Gulakov, D. N. Drozdov

INFLUENCE OF THE SEASON OF THE YEAR ON THE FORMATION OF THE ABSORBED DOSE OF INTERNAL EXPOSURE FROM INCORPORATED ^{137}Cs AND ^{90}Sr RADIONUCLIDES IN THE BODY OF WILD UNGEDATES DIVING IN THE TERRITORY OF THE POLESSKY RADIATION-ECOLOGICAL RESERVE

*Francisk Skorina Gomel State University,
Gomel, Republic of Belarus,
Gulakov@gsu.by, Drozdov@gsu.by*

Abstract. The article presents an assessment of the influence of the seasonality factor on the dynamics of the dose of internal radiation from incorporated radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr ; the results of the analysis showed that the seasonality factor has 16% ($p > 0.5$) effect on the dispersion of the dose of internal radiation from incorporated ^{137}Cs and 10% of incorporated ^{90}Sr ($p > 0.5$). Thus, the seasonality factor is able to influence the dynamics of the internal radiation dose of wild ungulates, but the contribution of this factor to the explanation of the variation of the internal radiation dose and the low reliability of the assessment allow it to be used only in combination with other factors of the formation of the internal radiation dose.

Keywords: wild boar, European roe deer, moose, season, internal radiation dose, ^{137}Cs , ^{90}Sr , muscle tissue, bone tissue.