
РАДИОЛОГИЯ И РАДИОБИОЛОГИЯ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

RADIOLOGY AND RADIOBIOLOGY, RADIATION SAFETY

УДК 535.231.16:599.731.1(476.2)

ВАРИАЦИЯ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ ДИКОГО КАБАНА, ОБИТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

A. V. ГУЛАКОВ¹⁾, Д. Н. ДРОЗДОВ¹⁾

¹⁾*Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины,
ул. Советская 104, 246019, г. Гомель, Беларусь*

В исследовании представлены результаты оценки мощности поглощенной дозы от инкорпорированных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в организме дикого кабана, обитающего на территории с разным уровнем радиоактивного загрязнения. Оценку дозы внутреннего облучения проводили для инкорпорированного ^{137}Cs в мышечной и ^{90}Sr в костной ткани дикого кабана. При оценке допускали, что радионуклиды ^{137}Cs равномерно распределены в ткани и находится в условиях равновесия, а радионуклиды ^{90}Sr сосредоточены в костной ткани животного. На протяжении года концентрация радионуклидов предполагалась быть постоянной. Всего пробы были получены от 117 особей дикого кабана, среди которых 87 животных изъяты в зоне отчуждения и 30 – в зоне отселения. От туши животного брали точечные пробы мышечной ткани по 500 ± 50 г, содержание ^{137}Cs в них определялось на сырью, естественную массу. Активность ^{90}Sr в костной ткани определяли радиохимическим методом.

Образец цитирования:

Гулаков АВ, Дроздов ДН. Вариация поглощенной дозы облучения дикого кабана, обитающего на территории радиоактивного загрязнения. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2022;3:33–40.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2022-3-33-40>

Авторы:

Андрей Владимирович Гулаков – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры зоологии, физиологии и генетики биологического факультета.
Денис Николаевич Дроздов – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры зоологии, физиологии и генетики биологического факультета.

For citation:

Gulakov AV, Drozdov DN. Variation of absorbed radiation dose of wild boar living in the territory of radioactive contamination. *Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2022;3:33–40. Russian.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2022-3-33-40>

Authors:

Andrey V. Gulakov, PhD (biology), docent; associate professor at the department of zoology, physiology and genetics, faculty of biology.
Gulakov@gsu.by
Denis N. Drozdov, PhD (biology), docent; associate professor at the department of zoology, physiology and genetics, faculty of biology.
Drozdov@gsu.by

В результате исследований установлено, что средняя суммарная доза облучения дикого кабана, изъятого на территории зоны отчуждения в два раза больше, чем у животных, изъятых на территории зоны отселения ($p < 0,05$) и составила $653,6 \pm 73,5$ мГр/сут для животных, добытых на территории зоны отчуждения, и $328,8 \pm 31,4$ мГр/сут для дикого кабана, обитающего на территории зоны отселения. Анализ коэффициентов вариации показал, что максимальная вариация наблюдается среди значений поглощенной дозы облучения от инкорпорированного ^{137}Cs у животных, которые были изъяты на территории зоны отчуждения. Минимальный показатель вариации имеет место в отношении дозы внешнего облучения у животных, добытых на территории зоны отселения. Между медианами поглощенной дозы облучения кабанов, обитающих на территории зоны отчуждения и зоны отселения, достоверной разницы не установлено ($p > 0,05$). Результат наших исследований свидетельствует о том, что плотность загрязнения не является основным фактором, определяющим формирование дозы облучения животного.

Ключевые слова: дикий кабан; мышечная ткань; плотность радиоактивного загрязнения; ^{137}Cs ; ^{90}Sr ; мощность дозы; Полесский государственный радиационно-экологический заповедник.

VARIATION OF ABSORBED RADIATION DOSE OF WILD BOAR LIVING IN THE TERRITORY OF RADIOACTIVE CONTAMINATION

A. V. GULAKOV^a, D. N. DROZDOV^a

^aFrancisk Skorina Gomel State University,
104 Saveckaja Street, Gomel 246028, Belarus
Corresponding author: A. V. Gulakov (Gulakov@gsu.by)

The article presents the results of the assessment of the absorbed dose rate from incorporated radionuclides of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the body of wild boar living in an area with different levels of radioactive contamination. The internal irradiation dose was evaluated for incorporated ^{137}Cs in muscle and ^{90}Sr in bone tissue of wild boar. During the assessment, it was assumed that radionuclides ^{137}Cs uniformly distributed in the tissue and are in equilibrium conditions, and radionuclides are ^{90}Sr concentrated in the bone tissue of the animal, during the year the concentration of radionuclides is assumed to be constant. In total, samples were obtained from 117 wild boar individuals, among which 87 animals were seized in the exclusion zone and 30 in the resettlement zone. From the animal carcass, spot samples of muscle tissue were taken according to 500 ± 50 g, the ^{137}Cs content in the samples was determined for raw, natural mass. The activity of ^{90}Sr in bone tissue was determined by radiochemical method.

As a result of the studies, it was found that the average total exposure dose of wild boar seized in the exclusion zone is twice that of animals seized in the resettlement zone ($p < 0,05$) and amounted to $653,6 \pm 73,5$ mGy/day for animals harvested in the exclusion zone and $328,8 \pm 31,4$ mGy/day for wild boar living in the zone resettlement. Analysis of the coefficients of variation showed that the maximum variation is observed among the values of the absorbed dose of radiation from the incorporated ^{137}Cs in animals that were seized in the exclusion zone. The minimum variation rate occurs with respect to the external exposure dose in animals harvested in the resettlement zone. There is no significant difference ($p < 0,05$) between the median absorbed dose of exposure of wild boars living in the exclusion zone and the resettlement zone. The result of our studies suggests that the density of contamination is not the main factor determining the formation of an animal's radiation dose.

Keywords: wild boar; muscle tissue; radioactive contamination; ^{137}Cs ; ^{90}Sr ; dose rate; Polessky State Radiation Ecological Reserve.

Введение

Обитание диких животных на территории радиоактивного загрязнения сопровождается формированием дозы внешнего и внутреннего облучения. Значимый вклад в формирование дозы облучения органов и тканей животных вносит поглощение энергии распада радиоактивных изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Формирование дозы внешнего облучения обусловлено плотностью поверхностного загрязнения территории обитания. Доза внутреннего облучения зависит от факторов накопления радионуклидов в организме животного. Установленным является тот факт, что главными абиотическими причинами, от которых зависит аккумуляция радионуклидов в организме животных, являются количество, характер распределения и особенности поведения радионуклида в среде обитания [1]. Следует отметить, что формирование дозы облучения у диких животных, находящихся на верхних трофических уровнях, также зависит от распределения и пространственно-временной динамики радионуклидов на нижестоящих элементах экосистемы.

Среди крупных млекопитающих, обитающих на территории радиоактивного загрязнения в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике, которые являются промышленными объектами и активно используют нижний ярус фитоценоза, необходимо выделить дикого кабана (*Sus scrofa* L.). Скорость снижения содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr у данного животного значительно ниже, чем у других видов [2], уровень радиоактивного загрязнения дикого кабана отличается высокой индивидуальной вариабельностью, которая может составить несколько порядков.

Широкий размах вариации зависит не только от уровня радиоактивного загрязнения территории обитания животного, но и экологических и физиологических свойств вида. Среди таких свойств можно выделить уровень двигательной активности, сезонные особенности рациона питания, возраст, пол, и производные – скорость метаболизма [3]. В этой связи научный интерес представляет анализ пространственно-временной динамики формирования дозы внутреннего облучения дикого кабана в аспекте обозначенных эколого-физиологических свойств животного.

Поголовье дикого кабана, обитающее на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, имеет широкий ареал обитания и продолжительное время может находиться на территории зоны отчуждения и отселения. Дикий кабан способен активно аккумулировать радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr в органах и тканях, вследствие чего является потенциальным источником миграции радионуклидов на достаточно большие расстояния.

Экология и структура питания дикого кабана связаны с нижним ярусом фито- и зооценоза. Кроме того, животные могут использовать представителей ихтиофауны, где сосредоточена наибольшая удельная активность радионуклидов [4]. При отсутствии экологических и антропогенных факторов, ограничивающих репродуктивный потенциал, дикий кабан образует оптимальную пространственную структуру.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований являлся дикий кабан, изъятый на участках, с различным уровнем радиоактивного загрязнения.

Наиболее загрязненными радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr участками зоны эвакуации (далее зоны отчуждения), в границах которых производилось изъятие дикого кабана, была территория междуречья Припяти и Днепра, расположенная на расстоянии 10–35 км от Чернобыльской АЭС. В границах этой территории находятся населенные пункты (деревни): Борщевка, Молочки, Погонное, Радин, Дроньки; плотность загрязнения почвы ^{137}Cs составляла 1100–8184 кБк/м², ^{90}Sr 185–1633 кБк/м².

В зонах первоочередного отселения (далее зона отселения) добычу дикого кабана проводили в окрестностях населенных пунктов д. Савичи, д. Жердное, где плотность загрязнения ^{137}Cs составляла 185–1480 кБк/м², ^{90}Sr 74–420 кБк/м². Изъятие животных производилось на территории лесных массивов, примыкающих к перечисленным населенным пунктам. Полученный материал позволил оценить параметры распределения и вариацию поглощенной дозы дикого кабана, обитающего на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника.

Изъятие тканей дикого кабана и проб почвы проводили с 1992 по 2008 г. в границах обозначенных территорий, которые показаны на рис. 1.

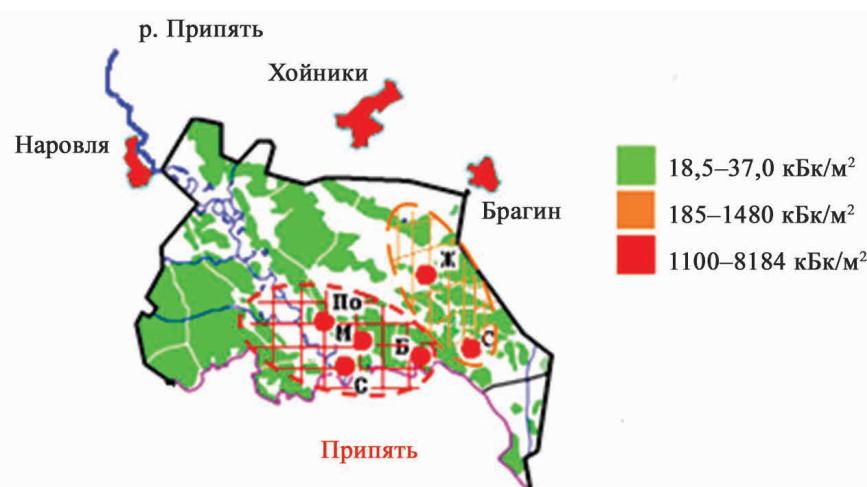


Рис. 1. Территория проведения исследований

Fig. 1. Research area

Территория покрыта широколиственным и сосново-лиственным лесом с густым подлеском и подростом, березовыми рощами и дубравами. По данным Полесского радиационно-экологического заповедника на начало 2020 г. на его территории обитало 320 особей дикого кабана¹.

Основные места обитания различаются по сезонам: весной – это лиственный лес, зарастающая пашня и мелиоративная система; летом – бывшие сельскохозяйственные угодья, участки отселенных населенных пунктов; осенью – дубрава, зимой – смешанный хвойно-лиственный лес и сельскохозяйственные угодья.

Мощность облучения складывается из дозы внешнего облучения (D_{ext}) от γ -излучающих радионуклидов, содержащихся в среде обитания (почве, воде, воздухе), и дозы внутреннего облучения (D_{int}) от радионуклидов, инкорпорированных в органах и тканях. В отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС доза внешнего облучения наземных позвоночных, которые обитают на территории Полесского радиационно-экологического заповедника, зависит от γ -излучения радионуклидов ^{137}Cs . Поглощенная доза облучения от поверхности почвы загрязненной радионуклидами ^{137}Cs , рассчитывалась по формуле:

$$D_{ext} = \sigma \cdot K_{\gamma} \quad (1)$$

где σ – плотность поверхностного загрязнения территории, Bk/m^2 ;

K_{γ} – коэффициенты дозового преобразования для внешнего облучения наземных животных от почвенного источника, $(\text{мкГр/сут})/(\text{Бк}/\text{м}^2)$ [6].

В работе [6] предложены коэффициенты дозового преобразования для внешнего и внутреннего облучения для модельных значений массы животного, которые различаются на порядок. Поскольку масса изъятых животных в большинстве случаев находилась в пределах 300–350 кг, построены регрессионные уравнения для определения коэффициентов дозового преобразования для внешнего и внутреннего облучения, позволяющие производить расчет с учетом фактической массы животных. В результате получено регрессионное уравнение (2) для определения дозового коэффициента перехода от плотности поверхностного загрязнения ^{137}Cs к мощности поглощенной дозы внешнего облучения:

$$K_{\gamma} = -4 \cdot 10^{-6} \cdot \ln(m) + 3 \cdot 10^{-5}, \quad (2)$$

где m – масса тела животного, кг.

Оценку дозы внутреннего облучения проводили для инкорпорированного ^{137}Cs в мышечной и ^{90}Sr в костной ткани дикого кабана. При оценке допускали, что радионуклиды ^{137}Cs равномерно распределены в ткани и находится в условиях равновесия, а радионуклиды ^{90}Sr сосредоточены в костной ткани животного, на протяжении года концентрация радионуклидов предполагается постоянной.

Коэффициенты дозовой конверсии определи в соответствие с данными рекомендаций [6–8] для наземных животных исходя их значений массы тела животного, масса самцов 320–350 кг, самок 275–375 кг. Мощность поглощенной дозы рассчитывали по формуле:

$$D_{int} = A \cdot K, \quad (3)$$

где D_{int} – мощность поглощенной дозы, мкГр/сутки ;

A – удельная активность ^{137}Cs в мышечной ткани, $\text{Бк}/\text{кг}$;

K – дозовый коэффициент, равный мощности дозы, создаваемой 1 $\text{Бк}/\text{кг}$ ^{137}Cs , $(\text{мкГр/сут})/(\text{Бк}/\text{кг})$ [6].

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

$$K = 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot \ln(m) + 3,6 \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

где m – масса тела животного, кг.

Для проведения анализа данных использовали методы регрессионного анализа, параметрической и не-параметрической статистики. Сравнительный анализ данных поглощенных доз облучения дикого кабана, изъятого на территории с разной плотностью загрязнения, проводили с помощью критерия Манна – Уитни. Для оценки влияния факторов на вариацию дозы облучения дикого кабана использовался двухфакторный дисперсионный анализ. Статистическая обработка данных проводилась с помощью прикладной программы *Statistica 6.0*.

Отбор проб производился с 1992 по 2008 г., пробы получены от 117 особей дикого кабана, среди которых 87 животных изъяты в зоне отчуждения, 30 – в зоне отселения.

¹Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник» [Электронный ресурс] – Хойники, 2020. URL: <http://zapovednik.by/nauka/struktura-nauchnoj-chasti/otdel-ekologii-faunyi> (дата обращения: 24.06.2022).

От туши животного брали точечные пробы мышечной ткани по 500 ± 50 г, содержание ^{137}Cs в пробах определялось на сырую, естественную массу. Измерения удельной активности ^{137}Cs проводили на γ -спектрометре *MKC-AT1315* (минимальная измеряемая активность ≥ 2 Бк/кг в геометрии 0,5 л (Маринелли), эффективность регистрации на энергии 661 кэВ – $2,46 \times 10^{-2}$ имп/квант, энергетический диапазон регистрируемого γ -излучения 50–3000 кэВ) и γ -радиометре *RKG-AT1320A* (минимальная измеряемая активность – 3,7 Бк/кг, эффективность регистрации – $2,2 \times 10^{-2}$ имп/квант). ^{90}Sr определяли радиохимическим методом по стандартной методике ЦИНАО с радиометрическим окончанием на низкофоновом β -счетчике *CANBERRA-2400*.

Результаты исследований и их обсуждение

На основании данных плотности поверхностного загрязнения территории ^{137}Cs , а также в соответствие с информацией социально-радиационных паспортов Хойникского и Брагинского р-нов Гомельской обл. установлено, что территория леса, которая примыкает к населенным пунктам Борщевка, Молочки и Радин имеют плотность загрязнения почвы ^{137}Cs выше 1480 кБк/м². Лесные массивы, примыкающие к населенному пункту Погонное, имеют плотность загрязнения почвы ^{137}Cs 555–1480 кБк/м²; Дроньки, Савичи, Жердное – ^{137}Cs 185–1480 кБк/м².

Данные плотности загрязнения почвы ^{137}Cs позволили произвести оценку мощности поглощенной дозы внешнего облучения. Данные удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в мышечной и костной ткани позволили оценить средние значения дозы внутреннего облучения животных. Поскольку массы самцов и самок имеют достоверные различия, оценка дозы внутреннего облучения выполнена с учетом полового диморфизма животных. На основании данных плотности поверхностного загрязнения территории и удельной активности радионуклидов в мышечной и костной ткани с помощью дозовых коэффициентов перехода получены оценочные значения поглощенной дозы облучения от радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения поглощённой дозы облучения дикого кабана, мГр/сут

Table 1

Average values of the absorbed dose of irradiation of wild boar, mGy/day

| Территория | Доза внешнего облучения (^{137}Cs) | Доза внутреннего облучения (^{137}Cs) | Доза внутреннего облучения (^{90}Sr) | Суммарная доза |
|-----------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|
| Зона отчуждения | $207,5 \pm 34,6$ | $400,4 \pm 179,1$ | $45,7 \pm 6,8$ | $653,6 \pm 73,5$ |
| Зона отселения | $99,5 \pm 13,2$ | $168,4 \pm 59,1$ | $60,9 \pm 21,9$ | $328,8 \pm 31,4$ |

Как следует из данных, приведенных в табл. 1, для территории зоны отчуждения дозовая нагрузка на организм животных в два раза выше, чем на территории зоны отселения. Так на территории зоны отчуждения доза внешнего облучения дикого кабана от ^{137}Cs составила $207,5 \pm 34,6$ мГр/сут, в то время как на территории зоны отселения – $99,5 \pm 13,2$ мГр/сут.

Значимый вклад в поглощенную дозу облучения вносили радионуклиды ^{137}Cs , инкорпорированные в мышечную ткань животного. Сравнительный анализ средних значений поглощенных доз облучения показал достоверные различия между поглощенной дозой внешнего и внутреннего облучения от радионуклидов ^{137}Cs на территориях, различающихся радиационным режимом ($p < 0,05$).

На территории зоны отселения вклад от инкорпорированных радионуклидов ^{137}Cs в суммарную дозу облучения составил более 50 %. На территории зоны отчуждения вклад в формирование суммарной дозы облучения составил более 60 %. Из данных табл. 1 следует, что процесс формирования поглощенной дозы облучения от радионуклидов ^{90}Sr , инкорпорированных в костной ткани дикого кабана, не зависит от территории обитания животного и составляет 11 %. Вклад дозы внешнего облучения в суммарную дозу облучения составляет 30 %. Суммарная доза облучения дикого кабана, изъятого на территории зоны отчуждения в два раза больше, чем у животных, изъятых на территории зоны отселения ($p < 0,05$), и составила $653,6 \pm 73,5$ мГр/сут для животных, добытых на территории зоны отчуждения и $328,8 \pm 31,4$ мГр/сут для дикого кабана, обитающего на территории зоны отселения.

На рис. 2 показано распределение дозы облучения дикого кабана, обитающего на территории с различным уровнем радиоактивного загрязнения.

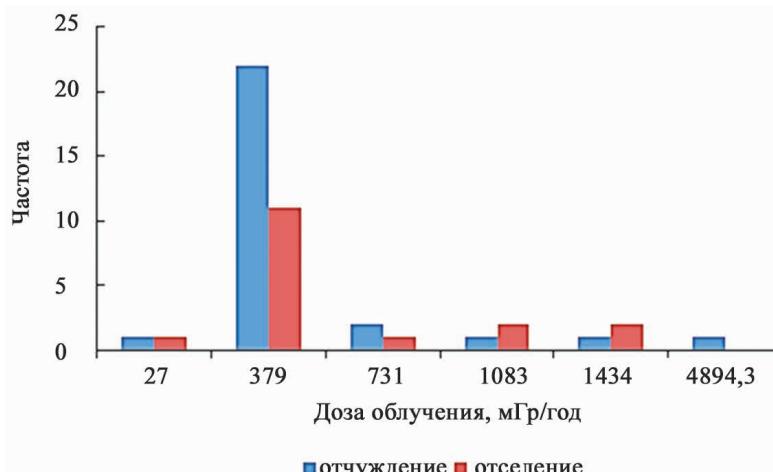


Рис. 2. Распределение поглощенных доз облучения

Fig. 2. Distribution of absorbed radiation doses

Как видно из данных, приведенных на рис. 2, а также оцененных значений коэффициентов асимметрии и эксцесса распределение значений поглощенной дозы, облучение подчиняется логарифмическому закону. Подобный характер распределения доз облучения имеет место на территории радиоактивного загрязнения вне зависимости от степени загрязнения чернобыльскими радионуклидами.

Статистический анализ доз облучения животных показал, что на территории зоны отчуждения и отселения распределение значений соответствует логнормальному закону. Медианные значения поглощенных доз облучения дикого кабана от радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr приведены в табл. 2.

Таблица 2

Медиана поглощенной дозы облучения дикого кабана, мГр/сут

Table 2

Median absorbed dose for wild boar, mGy/day

| Территория | Доза внешнего облучения (^{137}Cs) | Доза внутреннего облучения (^{137}Cs) | Доза внутреннего облучения (^{90}Sr) | Суммарная доза |
|------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------|
| Отчуждения | 147 (40,0–309,0)* | 140,3 (56,4–291,7) | 38,2 (16,5–61,9) | 459,7 (243,2–637,1) |
| Отселения | 96,0 (90,0–104) | 65,1 (46,0–155,9) | 36,8 (24,7–54,8) | 208,7 (148,4–431,6) |

Примечание. *квартильный размах.

Из данных, представленных в табл. 2, следует, что средние значения доз облучения в 1,7 раза выше медианы. Анализ интерквартильных размахов и коэффициентов вариации показал, что максимальная вариация наблюдается среди значений поглощенной дозы облучения от инкорпорированного ^{137}Cs у животных, которые были изъяты на территории зоны отчуждения. Минимальный показатель вариации имеет место в отношении дозы внешнего облучения у животных, изъятых на территории зоны отселения.

Вариация значений суммарной дозы облучения у животных, изъятых на территории зоны отчуждения в 1,8 раза больше, чем у животных, изъятых на территории зоны отселения. Для оценки достоверности различий центральных оценок распределения доз облучения, использовали непараметрический критерий Манна – Уитни; результаты теста представлены в табл. 3.

Из данных табл. 3 следует, что между медианными значениями поглощенной дозы облучения дикого кабана, обитающего на территории зоны отчуждения и зоны отселения, не установлено достоверного различия ($p > 0,05$). В данном случае плотность загрязнения не является основным фактором, определяющим формирование дозы облучения животного.

Оценка различий доз облучения дикого кабана

Table 3

Estimation of differences in doses of irradiation of wild boar

| Доза облучения | Сумма рангов | | U-критерий | Z | p-уровень |
|---------------------------------|--------------|-----------|------------|------|-----------|
| | Отчуждения | Отселения | | | |
| Внешняя (¹³⁷ Cs) | 587,00 | 359,00 | 206,00 | 0,37 | 0,71 |
| Внутренняя (¹³⁷ Cs) | 634,50 | 311,50 | 158,50 | 1,55 | 0,12 |
| Внутренняя (⁹⁰ Sr) | 575,00 | 371,00 | 218,00 | 0,07 | 0,94 |
| Суммарная доза | 640,00 | 306,00 | 153,00 | 1,69 | 0,09 |

Таким образом, определяющим фактором формирования дозы внутреннего облучения вида *S. scrofa* является фактор пищевого поведения и структура рациона животного. Накопление радионуклидов и формирование дозы облучения происходит неравномерно, что может быть связано с особенностями миграции животного и участием в их трофической цепи в сезоны года таких аккумуляторов радионуклидов, как грибы или лишайники.

Заключение

В результате, проведенных исследований, было установлено, что для территории зоны отчуждения дозовая нагрузка на организм животных в два раза выше, чем на территории зоны отселения. Средняя суммарная доза облучения дикого кабана, изъятого на территории зоны отчуждения, в два раза больше, чем у животных, изъятых на территории зоны отселения ($p < 0,05$), и составила $653,6 \pm 73,5$ мГр/сут для животных, добытых на территории зоны отчуждения и $328,8 \pm 31,4$ мГр/сут для дикого кабана, обитающего на территории зоны отселения.

Распределение значений поглощенной дозы облучения подчиняется логнормальному закону. Подобный характер распределения доз облучения имеет место на территории радиоактивного загрязнения вне зависимости от степени загрязнения чернобыльскими радионуклидами.

Анализ интерквартильных размахов и коэффициентов вариации показал, что максимальная вариация наблюдается среди значений поглощенной дозы облучения от инкорпорированного ¹³⁷Cs у животных, которые были изъяты на территории зоны отчуждения. Минимальный показатель вариации имеет место в отношении дозы внешнего облучения у животных, изъятых на территории зоны отселения.

Между медианными значениями поглощенной дозы облучения дикого кабана, обитающего на территории зоны отчуждения и зоны отселения, не установлено достоверного различия ($p > 0,05$). В данном случае плотность загрязнения не является основным фактором, определяющим формирование дозы облучения животного.

Библиографические ссылки

- Ипатьев ВА, Багинский ВФ, Булавик ИМ и др. *Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации*. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси; 1999. 451 с.
- Пикулик ММ, Никифоров МЕ, Пленин АЕ. Динамика зооценозов в условиях постантропогенных изменений ландшафтов в зоне аварии Чернобыльской АЭС. В: *Антропогенная динамика ландшафтов и проблемы их сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия. Материалы республиканской научно-практической конференции, 26–28 декабря, Минск, 2001*. Минск : БГПУ; 2002. с. 181–184.
- Сущеня ЛМ, Пикулик ММ, Пленин АЕ. *Животный мир в зоне аварии Чернобыльской АЭС*. Минск: Навука і тэхніка; 1995. 262 с.
- Гулаков АВ, Дроздов ДН. Динамика поглощенной дозы внутреннего облучения мышечной ткани дикого кабана от ¹³⁷Cs, обитающего в условиях Полесского радиационно-экологического заповедника. *Известия Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины*. 2019;6(117):29–34.
- Спирин ЕВ. Метод расчета доз облучения животных для оценки последствий загрязнения окружающей среды. *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2009;49(5):608–616.
- Рекомендации Р 52.18.820-2015. *Оценка радиационно-экологического воздействия на объекты природной среды по данным мониторинга радиационной обстановки*. Обнинск: [б. и.]; 2015. 60 с.
- МКРЗ, 2004. *Международная Комиссия по Радиологической Защите. Публикация 91. Основные принципы оценки воздействия ионизирующих излучений на живые организмы, за исключением человека*. Москва: Комтхепринт; 2004. 76 с.

References

1. Ipatiev VA, Baginskij VF, Bulavik IM, et al. *Les. Chelovek. Chernobyl'. Lesnye ekosistemy posle avari na Chernobyl'skoj AES: sostoyanie, prognoz, reakciya naseleniya, puti reabilitacii* [Forest. Human. Chernobyl: Forest ecosystems after the Chernobyl accident. NPP: state, forecast, public reaction, ways of rehabilitation]. Gomel: Institut lesa NAN Belarusi; 1999. 451 p. Russian.
2. Pikulik MM, Nikiforov ME, Plenin AE. *Dinamika zoocenozov v uslovijah postantropogennyh izmenenij landshaftov v zone avari Chernobyl'skoj AES* [Dynamics of zoocenoses in the conditions of post-anthropogenic changes in landscapes in the area of the Chernobyl AES]. In: *Antropogennaya dinamika landshaftov i problemy ih sohraneniya i ustojchivogo ispol'zovaniya biologicheskogo raznoobraziya. Materialy respublikanskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 26–28 dekabrya, Minsk, 2001*. Minsk: BGPU; 2002. p. 181–184. Russian.
3. Sushchenya LM, Pikulik MM, Plenin AE. *Zhivotnyj mir v zone avari Chernobyl'skoj AES* [Fauna in the Chernobyl AES]. Minsk: Navuka i tekhnika; 1995. 262 p. Russian.
4. Gulakov AV, Drozdov DN. *Dinamika pogloshchennoj dozy vnutrennego oblucheniya myshechnoj tkani dikogo kabana ot ¹³⁷Cs, obitayushchego v uslovijah Polesskogo radiacionno-ekologicheskogo zapovednika* [Dynamics of the absorbed dose of internal irradiation of the muscle tissue of a wild boar from ¹³⁷Cs living in the conditions of the Polessky radiation-ecological reserve]. *Izvestiya Gomel'skogo gosudarstvennogo universiteta im. F. Skoriny*. 2019;6(117):29–34. Russian.
5. Spirin EV. *Metod rascheta doz oblucheniya zhivotnyh dlya ocenki posledstvij zagryazneniya okruzhayushchej sredy* [Method for calculating animal exposure doses for assessing the consequences of environmental pollution]. *Radiacionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2009;49(5):608–616. Russian.
6. *Rekomendacii R 52.18.820-2015. Ocenka radiacionno-ekologicheskogo vozdejstviya na objekty prirodnoj sredy po dannym monitoringa radiacionnoj obstanovki* [Assessment of the radiation and environmental impact on environmental objects according to the monitoring of the radiation situation]. Obninsk: [publisher unknown]; 2015. 60 p. Russian.
7. MKRZ, 2004. *Mezhdunarodnaya Komissiya po Radiologicheskoy Zashchite. Publikaciya 91. Osnovnye principy ocenki vozdejstviya ioniziruyushchih izluchenij na zhivye organizmy, za isklyucheniem cheloveka*. Perevod s anglijskogo [ICRP – International Commission on Radiological Protection. Publication 91. A framework for assessing the impact of ionizing radiation on non-human species]. Moscow: Komtekprint; 2004. 76 p. Russian.

Статья поступила в редакцию 01.03.2022.
Received by editorial board 01.03.2022.