

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-3-144-153>

УДК 577.4: 577.391: 539.16: 539.12.04

ОЦЕНКА ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК У ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ЯЩЕРИЦ, ОБИТАЮЩИХ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ НА ТЕХНИЧЕСКИХ ПЛОЩАДКАХ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПОЛИГОНА

А. В. Паницкий*, А. О. Айдарханов, Н. Ж. Кадырова

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

* E-mail для контактов: Panitskiy@nnc.kz

В статье представлены результаты оценки дозовых нагрузок у природной популяции прытких ящериц (*Lacerta agilis Linnaeus*), обитающих в естественных условиях хронического воздействия различной мощности ионизирующих излучений на испытательных площадках Семипалатинского испытательного полигона. Установлено, что прыткая ящерица может уверенно служить индикатором радионуклидного загрязнения биоты на площадках СИП по содержанию техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr . Расчеты дозовых нагрузок на ящериц свидетельствуют, что на разных исследованных технических площадках СИП, имеющих исторически различную степень радионуклидного загрязнения в зависимости от вида, мощности и характера проведенных взрывов, дозовая нагрузка на ящериц, являющихся индикаторами радионуклидного загрязнения среды обитания, существенно различается. На технических площадках «Дегелен», «Балапан» подавляющая ее часть сформирована исключительно за счет внешнего облучения ^{137}Cs . На площадке «4А», где в свое время проведены испытания боевых радиоактивных веществ (так называемых «рецептур») наибольшие мощности дозы облучения для прыткой ящерицы зафиксированы до $2,2 \cdot 10^{-2}$ Гр/сут и сформирована она совсем иначе, чем в предыдущих площадках – только за счет внутреннего облучения от ^{90}Sr .

Ключевые слова: радиоэкология, радиобиология, ящерицы, дозовые нагрузки, Семипалатинский полигон.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время изучение последствий испытаний ядерного оружия на территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП) и разносторонние комплексные исследования их влияния на биологические системы и окружающую среду в целом находятся в ряду наиболее актуальных проблем и приобретают свое рациональное решение [1–3].

Особую актуальность представляет изучение радиобиологических особенностей у популяций дикорастущих растений и диких животных в результате длительного хронического воздействия различных доз ионизирующих излучений на территории СИП [4–8].

Считается, что даже по истечении более 20 лет после закрытия СИП многие его участки еще не могут использоваться для нужд народного хозяйства, так как отдельные территории полигона загрязнены техногенными радионуклидами ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ [9, 10].

Вопросы оценки возможного биоэкологического ущерба, причиненного природным популяциям растений и животных в результате загрязнения территории полигона техногенными радиоактивными веществами, имеют огромное практическое значение и представляют большой теоретический интерес. Остро встает вопрос о возможности адаптации популяции высших организмов к долговременному ионизирующему облучению на территории полигона.

Расчет дозовых нагрузок на население, персонал, биоту довольно широко применяется в мире и Ближнем зарубежье, в частности, в России, Беларуси и др. В Казахстане ранее мы не наблюдали эти работы и

только в настоящее время имеются отдельные исследования [11–13].

В условиях возможности ведения хозяйственной деятельности на территории СИП с учетом ее выявленных особенностей, а также проводимых и планируемых работ по реабилитации определенных радиоактивно-загрязненных участков СИП определение дозовых нагрузок на население, персонал, биоту приобретает особую актуальность. Наиболее показательны, в качестве объекта исследования являются представители биоты, имеющие тесный контакт с почвой, являющейся наиболее загрязненным компонентом природных экосистем, подверженных радиоактивному загрязнению на территории СИП. Одним из таких объектов является прыткая ящерица (*Lacerta agilis Linnaeus*).

В связи с вышеизложенным, цель данных исследований – определение дозовых нагрузок у природной популяции прыткой ящерицы (*Lacerta agilis L.*), обитающей на различных испытательных участках СИП.

1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

1.1. Объект исследования

Объект исследования: природные популяции ящериц, обитающих на различных площадках СИП. По результатам ранее проведенных рекогносцировочных экспедиционно-полевых работ, выбран представитель семейства *Lacertidae* – прыткая ящерица (*Lacerta agilis Linnaeus*), распространенная на территории СИП практически повсеместно. Биологические особенности этого вида хорошо изучены. Радиус активности этих животных составляет около 40 м [14, 15]. В качестве убежища могут готовить припо-

верхностные норы, использовать норы других животных, пустоты, пни, а также дупла. На территории СИП, кроме природных ландшафтов пряткая ящерица населяет и зоны с антропогенной нагрузкой. Питается, в основном, насекомыми, в том числе и личинками. Могут поедать собственный молодняк и молодых ящериц других видов. При кормлении часто могут заглатывать почвенные частицы, содержащие радионуклиды.

1.2. Проведение полевых работ

Для проведения радиоэкологических исследований организованы экспедиционно-полевые выезды на разные исследуемые участки испытательных площадок СИП и на фоновые территории. Радиологические методы заключались в проведении радиологической съемки местности, с определением дозиметрических характеристик [17], отборе проб почвы, отлове животных на изучаемых участках полигона для радионуклидных анализов.

1.2.1. Отлов животных

Рептилии добывались методом медленного подкрадывания и, по приближению, быстро накрывания ящериц сачком. Отлов животных проводился на следующих участках:

- «условно-фоновые», расположенные на территории СИП вне испытательных площадок полигона. Удельная активность радионуклидов в верхнем слое почвы в местах отлова ящериц на «фоновых» территориях не превышала для ^{137}Cs – 15 Бк/кг, ^{90}Sr – 20 Бк/кг. С участков отловлено 10 особей;

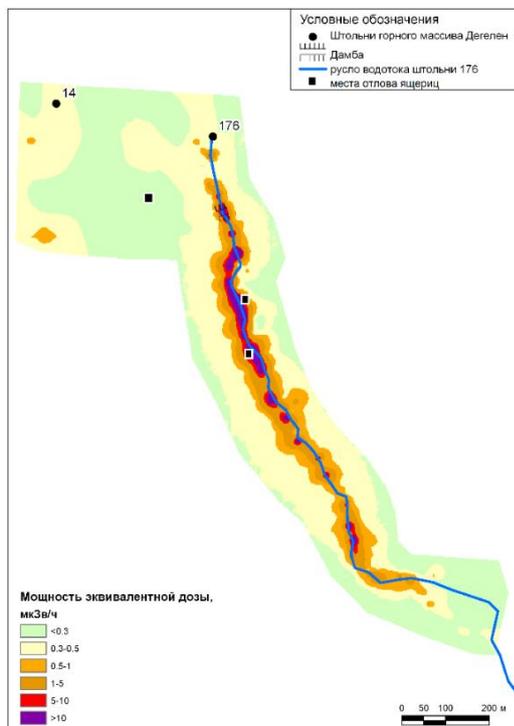


Рисунок 1. Экосистемы отлова рептилий на берегах водотока из штольни № 176 горного массива «Дегелен»

- берега водотока из штольни № 176 испытательной площадки «Дегелен», где проводились подземные испытания ядерного оружия в горизонтальных горных выработках – штольнях. Вследствие выноса радионуклидов с водой из полостей испытательной штольни № 176, русло и берега водотока имеют различные уровни загрязнения радионуклидами (рисунок 1). Максимальная удельная активность в почве для ^{137}Cs достигает порядков $2,0 \cdot 10^6$ Бк/кг, для ^{90}Sr – $5,0 \cdot 10^5$ Бк/кг [17]. С участка отловлено 8 особей;

- участок технической площадки «Дегелен», не сопряженный с радиоактивным водотоком (≈ 200 м от водотока). Удельная активность радионуклидов на данном участке соответствует фону площадки «Дегелен», и близки к глобальным выпадениям в почвах северных полушарий [18]. Удельная активность радионуклида ^{137}Cs на участках отлова составила 30 Бк/кг, ^{90}Sr – 20 Бк/кг. С участка отловлено 9 особей;

- «Атомное озеро», образованное в результате проведения экскавационного ядерного взрыва. Максимальные значения удельной активности радионуклидов в почве отвалов озера и прилегающей территории достигают по ^{137}Cs – $3 \cdot 10^4$ Бк/кг, ^{90}Sr – $8,5 \cdot 10^3$ Бк/кг. Для исследований отлов ящериц проводился на участке, расположенном в 250 м от отвалов «Атомного озера» в северо-западном направлении (рисунок 2) [19]. С участка отловлено 9 особей;

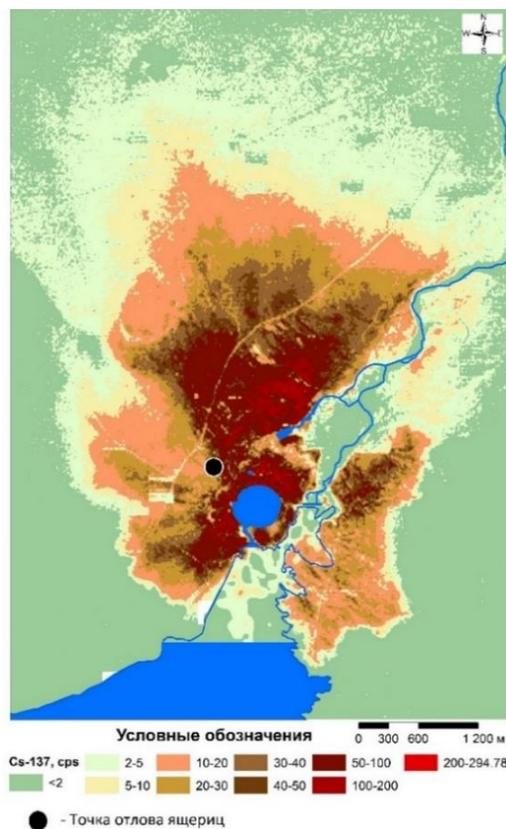


Рисунок 2. Экосистемы отлова рептилий в 250 м от «Атомного озера».

– техническая площадка «4А», на которой испытывали боевые радиоактивные вещества. На площадке имеется 25 участков радиоактивного загрязнения [20]. Отлов ящериц проведен на 7-и участках с содержанием ^{90}Sr в почве, достигающим $9,0 \cdot 10^8$ Бк/кг и ^{137}Cs , достигающим $3,1 \cdot 10^4$ Бк/кг. С участка отловлено 11 особей.

Всего для проведения радионуклидных анализов отловлено 47 особей. Все особи добыты за один полевой экспедиционный выезд (третья декада августа – первая декада сентября).

1.2.2. Измерение радиационных параметров природной среды

Использованы радиологические, спектрометрические и радиохимические методы исследования [21–25].

Измерение МЭД внешнего γ -излучения проводилось по [21, 22], диапазон измерений прибора находился в пределах 0,1–999 мкЗв/ч, основная погрешность измерений составляет $\pm 20\%$. Плотность потока β -частиц определялась дозиметром-радиометром МКС-АТ6130. Диапазон измерения плотности потока β -частиц – $10^{-1} \cdot 10^4$ част/(мин \cdot см 2), предел допускаемой основной относительной погрешности измерений $\pm 20\%$.

Определение координат проводили навигационным прибором «Garmin», географическая система координат – WGS 84.

1.3. Проведение лабораторных работ

Лабораторные анализы на содержание радионуклидов проводились во всей тушке отловленных ящериц, при этом вес ящериц изменялся в пределах 5–13 грамм, средний вес составил около 7 грамм. Определение удельной активности в теле ящериц и почвенном покрове описано в наших работах ранее [7, 17].

1.4. Оценка дозовых нагрузок

Оценка дозовых нагрузок на животных проводилась по [26, 27]. Использована методика оценки дозовых нагрузок у различных видов животных природной популяции.

Суммарная мощность дозы облучения ящериц определялась по формуле:

$$D_j = \sum_i D_{i,j}^{\text{внутр}} + D_{i,j}^{\text{внеш}}$$

где: D_j – суммарная мощность дозы облучения j -го референтного объекта; $D_{i,j}^{\text{внутр}}$ – мощность дозы внутреннего облучения объекта $D_{i,j}$ от всех рассматриваемых радионуклидов i ; $D_{i,j}^{\text{внеш}}$ – мощность дозы внешнего облучения объекта $D_{i,j}$ от всех рассматриваемых радионуклидов i .

Дозовая нагрузка на j -референтный вид биоты (D_j), полученная в единицу времени (сутки), измерялась в мкГр/сут, и алгоритм ее вычисления, в общем виде, следующий:

$$D_{i,j}^{\text{внеш}} = DCF_{ji}^{\text{soil}} \cdot f_j^{\text{soil}} \cdot C_i^{\text{soil}} + DCF_{ji}^{\text{soil-pl}} \cdot f_j^{\text{soil-pl}} \cdot \sigma_i$$

$$D_{i,j}^{\text{внутр}} = (CR_{ji}^{\text{soil}} \cdot f_j^{\text{soil}} \cdot C_i^{\text{soil}} + CR_{ji}^{\text{soil-pl}} \cdot f_j^{\text{soil-pl}} \cdot C_i^{\text{soil}}) \cdot DC_{ji}$$

где DCF_{ji}^{soil} – коэффициент перехода от концентрации в почве i -го радионуклида к дозе внешнего облучения j -го вида биоты, (мкГр/сут) \cdot (Бк/кг) $^{-1}$; f_j^{soil} – доля времени, проводимая j -м видом биоты в почве, отн. единицы; C_i^{soil} – концентрация i -го радионуклида в почве, Бк/кг; $DCF_{ji}^{\text{soil-pl}}$ – коэффициент перехода от плотности i -го радионуклида на поверхности почвы (глубина до 5 см) к дозе внешнего облучения j -го вида биоты, (мкГр/сут) \cdot (Бк/м 2) $^{-1}$; $f_j^{\text{soil-pl}}$ – доля времени, проводимая j -м видом биоты на поверхности земли, отн. единицы; σ_i – плотность i -го радионуклида на поверхности почвы, Бк/м 2 ; CR_{ji}^{soil} – коэффициент перехода i -го радионуклида из почвы в организм j -го вида биоты, (Бк/кг живого веса организма) \cdot (Бк/кг сух. веса почвы) $^{-1}$; DC_{ji} – дозовый коэффициент перехода от активности в теле j -го организма к дозе внутреннего облучения от i -го радионуклида, (мкГр/сут) \cdot (Бк/кг живого веса организма) $^{-1}$.

При расчете, ввиду отсутствия коэффициентов для расчета дозовой нагрузки для ящерицы прыткой (*Lacerta agilis Linnaeus*), использовались коэффициенты для наиболее близкого к ней референтного вида – ужа обыкновенного (*Natrix natrix*), который также, как и ящерица прыткая, относится к типу хордовые (*Hordata*), классу пресмыкающиеся или рептилии (*Reptilia*), отряду чешуйчатые (*Squamata*). Уж обыкновенный (*Natrix natrix*), ведет приземный образ жизни, схожий с образом жизни ящерицы прыткой (*Lacerta agilis Linnaeus*).

2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде всего, для оценки дозовых нагрузок, получаемых представителями биоты, необходимо иметь четкое представление о текущем радиоактивном загрязнении изучаемой местности. Поэтому, одной из основных задач является определение содержания основных техногенных загрязнителей местности – радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в компонентах природной среды (ящерицы, почва).

2.1. Удельная активность радионуклида ^{137}Cs

Результаты измерений удельной активности радионуклида ^{137}Cs в теле ящериц и в почве места их отлова ранее представлены в работе авторов [7]. В тушках ящериц, отловленных на «фоновых» участках СИП, удельная активность радионуклида ^{137}Cs находилась в диапазоне 8–10 Бк/кг. В особях ящериц, обитающих около штольни № 176, содержание техногенного радионуклида ^{137}Cs отмечалось в диапазоне 330–610 Бк/кг, только в одной тушке удельная активность была на порядок ниже – 94 Бк/кг. Основное радиоактивное загрязнение территории отлова приурочено к руслу водотока штольни № 176 [17]. Средняя концентрация ^{137}Cs в почве на участке отлова составляла $2,0 \cdot 10^5$ Бк/кг.

При удалении от радиоактивного водотока на пару сотен метров концентрация ^{137}Cs в ящерицах резко

**ОЦЕНКА ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК У ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ЯЩЕРИЦ, ОБИТАЮЩИХ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ
НА ТЕХНИЧЕСКИХ ПЛОЩАДКАХ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПОЛИГОНА**

падает. Это можно объяснить низким радиусом активности ящериц, составляющим около 40 м [14, 15]. Так, на участках площадки «Дегелен», не сопряженных с радиоактивно-загрязненными водотоками, удельная активность ^{137}Cs в теле ящериц уже не превышала 50 Бк/кг. Удельная активность ^{137}Cs в почве в месте отлова этих ящериц не превышала 30 Бк/кг. В тушках ящериц, отловленных в 250 м от «Атомного озера» в северо-западном направлении, содержание ^{137}Cs изменялось от 4 до 51 Бк/кг несмотря на то, что при этом удельная активность ^{137}Cs в почве участка отлова пресмыкающихся достигала $3,0 \cdot 10^4$ Бк/кг. Среднее значение удельной активности ^{137}Cs в ящерицах составило 21 Бк/кг. Количественные значения удельной активности ^{137}Cs в тушках ящериц площадки «4А» отмечены только в животных, отловленных на участках № 20, 13, 24 [7]. В почвах этих участков ^{137}Cs фиксировался до $1,4 \cdot 10^4$ Бк/кг; $8,6 \cdot 10^2$ Бк/кг и $4,8 \cdot 10^4$ Бк/кг, соответственно.

2.2. Удельная активность радионуклида ^{90}Sr

Результаты измерений удельной активности ^{90}Sr в теле ранее представлены в работе авторов [6]. Удельная активность ^{90}Sr в организме ящериц, отловленных с различных участков СИП, сильно варьирует в зависимости от места обитания. Так, на «фоновых» участках СИП, удельная активность ^{90}Sr в двух объединенных образцах (по 6 ящериц в каждом) не превысила 60 Бк/кг. В районе «Атомного озера» значения содержания радионуклида ^{90}Sr в ящерицах изменялись в пределах 72–110 Бк/кг, тогда как в почве участка отлова его средняя удельная активность составила $8,5 \cdot 10^3$ Бк/кг. На площадке «4А» очень высокие значения удельной активности радионуклида ^{90}Sr отмечены во всех образцах ящериц [7]. Так, в тушках

ящериц, отловленных с участка загрязнения № 1, удельная активность ^{90}Sr достигает $7,8 \cdot 10^5$ Бк/кг. Наименьшее значение удельной активности ^{90}Sr , зафиксированное на участке № 2, составило $3,1 \cdot 10^4$ Бк/кг. В ящерицах, отловленных с территории, прилегающей к штольне № 176, содержание техногенного радионуклида ^{90}Sr не определялось.

2.3. Расчет дозовых нагрузок

Для расчета дозовых нагрузок значения всех необходимых коэффициентов заимствованы из литературных источников [26, 27]. Входными параметрами являются время пребывания в среде обитания и уровни концентрации радионуклидов в почве и организме животных.

Значения дозовых коэффициентов для расчета доз внутреннего и внешнего облучения животных представлены в таблице 1 [26, 27].

*Таблица 1. Значения коэффициентов для расчета дозовой нагрузки ящерицы прыткой**

DC , (мкГр/сут) / (Бк/кг живого веса организма)		$DCF_{ji}^{soil-pl}$, (мкГр/сут) / (Бк/м ²)		DCF_{ji}^{soil} , (мкГр/сут) / (Бк/кг)	
^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
$3,8 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$4,1 \cdot 10^{-11}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-9}$

Примечание: * – значения коэффициентов даны как для ужа обыкновенного (Matrix matrix)

Доли времени (в относительных единицах), проводимые ящерицей прыткой в почве и на поверхности земли, приняты, соответственно – 0,3 и 0,7. Результаты расчетов мощности дозы внешнего и внутреннего облучения от техногенных радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr на технических площадках «Дегелен», «Балапан», «4А» и фоновых территориях СИП представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты расчетов мощности дозы облучения ящерицы прыткой на площадках «Дегелен», «Балапан», «4А» и фоновых территориях СИП

Испытательная площадка	Участок обитания	Мощность дозы облучения (внешнего), мкГр/сут		Мощность дозы облучения (внутреннего), мкГр/сут		Мощность дозы (суммарная), мкГр/сут
		^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	
СИП	фоновая территория	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$7,9 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-2}$	$8,1 \cdot 10^{-2}$
«Дегелен»	берег водотока из штольни №176	565	—	1,7	—	567
	200 м от водотока	$8,5 \cdot 10^{-2}$	—	$2,5 \cdot 10^{-4}$	—	$8,5 \cdot 10^{-2}$
«Балапан»	«Атомное озеро» / «Atomic Lake»	85	$2,3 \cdot 10^{-5}$	0,25	11	96
«4А»	участок 1	3	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$9,2 \cdot 10^{-3}$	$9,3 \cdot 10^3$	$9,3 \cdot 10^3$
	участок 2	0,18	$6,3 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-4}$	305	305
	участок 3	40	$3,2 \cdot 10^{-2}$	0,12	$1,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$
	участок 5	1,1	$7,9 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^3$	$3,8 \cdot 10^3$
	участок 13	2,4	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$7,2 \cdot 10^{-3}$	610	612
	участок 20	48	$4,5 \cdot 10^{-2}$	0,14	$2,2 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^4$
	участок 24	136	$2,1 \cdot 10^{-3}$	0,40	$1,0 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^3$

Примечание: – отсутствуют данные измерений удельной активности изотопа ^{90}Sr

На территории площадки «Дегелен» максимальная доза облучения составляла 567 мкГр/сут в районе водотока из штольни №176, при этом подавляющая ее часть формировалась за счет внешнего облучения от ^{137}Cs . В районе «Атомного озера» мощность дозы составляла порядка 96 мкГр/сут. Подавляющая часть мощности дозы сформирована внешним облучением от ^{137}Cs . Наибольшие мощности дозы облучения зафиксированы на площадке «4А» вплоть до $2,2 \cdot 10^4$ мкГр/сут. Здесь доза сформирована за счет внутреннего облучения от ^{90}Sr .

Критерии в регламентации радиационного воздействия на биоту предложены в работах [26, 28, 29]. Таким образом, рассчитанные нами результаты доз, на фоновой части территории СИП, по данным разных литературных источников, находились в пределах нижнего порогового уровня «предельной дозы». Вместе с тем, на технических площадках «Дегелен», «Балапан» максимальная мощность дозы для ящерицы составила $0,6 \cdot 10^{-3}$ Гр/сут и $0,1 \cdot 10^{-3}$ Гр/сут, соответственно. Согласно [28], полученные нами данные на этих площадках находятся в диапазоне мощности дозы хронического облучения $5 \cdot 10^{-4}$ – $0,002$ Гр/сут. При длительном хроническом облучении различной интенсивности, что фактически имеет место и является характерным для отдельных территорий СИП, этот диапазон доз, возможно, приводит к появлению слабых эффектов по индуцированию той или иной патологии у чувствительных позвоночных видов. Несколько иная, более выраженная картина, полученной мощности дозы у пресмыкающихся, отмечена на исследованных участках площадки «4А». Так, диапазон рассчитанных доз на участках площадки «4А» составил от $3,1 \cdot 10^{-4}$ – $2,2 \cdot 10^{-2}$ Гр/сут. Полученные значения доз на территории площадки «4А» показывают, что на некоторых ее участках полученные мощности дозы хронического облучения могут приводить к сокращению жизни у позвоночных животных, к появлению радиационных эффектов у беспозвоночных животных, согласно данным [29]. Аналогичные данные получены авторами [30]. Показано, что максимальные мощности дозы на территории СИП (площадка «Балапан») со средним уровнем радиоактивного загрязнения (МЭД 0,8–10 мкЗв/ч) для мышевидных грызунов – краснощекого суслика, большого тушканчика и тушканчика–прыгуна составили $2,9 \cdot 10^{-4}$ Гр/сут; $2,9 \cdot 10^{-4}$ Гр/сут и $3,1 \cdot 10^{-4}$ Гр/сут, соответственно. Согласно [28], эти данные могут свидетельствовать о возможности небольшого увеличения цитогенетических эффектов у данных представителей биоты. Авторами [30] также установлено, что при изучении наследственного аппарата хромосом, при использовании цитогенетического анализа хромосом в метафазных клетках животных, у вышеприведенных мышевидных грызунов статистически подтверждено наличие изменений на клеточном уровне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По полученным данным установлено, что прыткая ящерица может уверенно служить индикатором радионуклидного загрязнения биоты на площадках СИП по содержанию техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr . Расчеты дозовых нагрузок на ящериц свидетельствуют, что на разных исследованных технических площадках СИП, имеющих исторически различную степень радионуклидного загрязнения в зависимости от вида, мощности и характера проведенных взрывов, дозовая нагрузка на ящериц, являющихся индикаторами радионуклидного загрязнения среды обитания, существенно различается. На технических площадках «Дегелен», «Балапан» подавляющая ее часть сформирована исключительно за счет внешнего облучения ^{137}Cs . На площадке «4А», где в свое время проводились испытания боевых радиоактивных веществ (так называемых «рецептур»), наибольшие мощности дозы облучения для прыткой ящерицы зафиксированы до $2,2 \cdot 10^{-2}$ Гр/сут и сформирована она совсем иначе, чем на предыдущих площадках – только за счет внутреннего облучения от ^{90}Sr .

Финансирование

Данные исследования финансировались Министерством энергетики Республики Казахстан в рамках научно-технической программы «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан» (ИРН – BR24792713), а также в рамках международного проекта МНТЦ К-759.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beresford, N.A., M. Balonov, K. Beaugelin-Seiller, J. Brown, D. Copplestone, J.L. Hingston, J. Horyna, A. Hosseini, B.J. Howard, S. Kamboj, T. Nedveckaite, G. Olyslaegers, T. Sazykina, J. Vives i Batlle, T.L. Yankovich and C. Yu., An international comparison of models and approaches for the estimation of the radiological exposure of non-human biota // Appl. Radiat. Isot. – 2008. – Vol. 66(11). P. 1745–1749.
2. Лукашенко С.Н. Актуальные вопросы радиозологии Казахстана. // Вып. 1. Радиозологическое состояние «северной» части территории Семипалатинского испытательного полигона. – Курчатов. – 2010. – 234 с.
3. Актуальные вопросы радиозологии Казахстана [Оптимизация исследований территорий Семипалатинского испытательного полигона с целью их передачи в хозяйственный оборот]: монография / Под. рук. С.Н. Лукашенко. – Павлодар: Дом печати. – 2015. – Вып. 5. – 356 с. ISBN 978–601–7112–99–8.
4. Ларионова Н.В. Накопление искусственных радионуклидов растениями на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.01.01 – радиобиология / Ларионова Наталья Владимировна. – Обнинск. – 2013. – 22 с.
5. Паницкий А.В. Особенности производства сельскохозяйственной продукции на площадке «Дегелен» Семипалатинского испытательного полигона: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.01.01 – радиобиология / Паницкий Андрей Васильевич – Обнинск. – 2013. – 24 с.

6. Мозолин Е.М., Гераськин С.А., Минкенова К.С. Радиобиологические эффекты у растений и животных Семипалатинского испытательного полигона (Казахстан). / Радиационная биология. Радиоэкология. – 2008. – Т. 48. – № 4. – С.422–431.
7. Panitskiy, A.V., Lukashenko, S.N., Kadyrova, N.Zh. ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in lizards of Semipalatinsk test site. // J. Environ. Radioact. – 2017. – 166P1. –P. 91–96.
8. Кадырова Н.Ж., Паницкий А.В., Айдарханов А.О., Лукашенко С.Н. Содержание радионуклидов в организме мышевидных грызунов, обитающих на участках с различным уровнем радиоактивного загрязнения площадки «Балапан» // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2010. – № 3 (14). – С. 158–169.
9. Panitskiy A.V., Lukashenko S.N., Kadyrova N.Zh. Radionuclides in bodies of wild animals of Semipalatinsk test site. // Book of abstracts of the III International Conference on «Environmental Radioactivity: New Challenges with New Technologies» (ENVIRA2015) (21-29 September 2015), Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki. – 2015. – P. 122.
10. Спиридинов С.И., Мукушева М.К. Семипалатинский испытательный полигон: Радиоэкологические модели и риски. – Алматы. – 2010. – 167 с.
11. Ким Д.С. Радиационная экологическая обстановка в Республике Казахстан в районах расположения реакторов и на территории Семипалатинского испытательного полигона. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2012. – Т. 52. – № 4. – С. 409–418.
12. Топорова А.В. Оценка граничных параметров радиоактивного загрязнения территорий, гарантирующих не превышение допустимых дозовых нагрузок / Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана. Выпуск 5. Оптимизация исследований территорий Семипалатинского испытательного полигона с целью их передачи в хозяйственный оборот / под рук. Лукашенко С.Н. – Павлодар: Дом печати, 2015. – С. 293–308. ISBN 978–601–7112–99–8.
13. Шатров А.Н., Лукашенко С.Н., Жадыранова А.А., Сальменбаев С.Е., Каширский В.В., Байгазинов Ж.А. Оценка ожидаемых дозовых нагрузок от внутреннего поступления техногенных радионуклидов для населения, проживающего в зоне потенциального влияния Семипалатинского испытательного полигона // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сб. тр. Национального ядерного центра РК за 2014-2016]. – Павлодар: Дом печати, 2017. – Т. 2. – Вып. 6. – С. 223–240. ISBN 978–601–7844–54–7.
14. Лукашенко С.Н., Битенова М.М., Кадырова Н.Ж., Апсаликов К.Н., Белихина Т.И., Полешко А.Н., Каширский В.В., Минкенова К.С., Шатров А.Н., Жадыранова А.А., Ларионова Н.В., Топорова А.В., Мамырбаева А.Н., Каримбаева К.С., Кожуханов Т.Е., Байгазинов Ж.А. Реконструкция дозовых нагрузок населения Азгирского региона для оценки последствий ядерных испытаний // тез. докл. V Междунар. науч.-практ. конф. «Медико-биологические и радиоэкологические проблемы в уранодобывающих регионах», 19-20 июня 2014 г., г. Астана. – Астана. – 2014, – С. 27–28. ISBN 978–601–244–231–1.
15. Хромов В.А. Позвоночные животные Семипалатинского региона. // Вестник Университета «Семей». – 1999. – № 5–6. – С. 56–65.
16. Яблоков А. В., Баранов А. С., Розанов А. С. Популяционная структура, географическая изменчивость и микрофизиогенез песчаной ящерицы (*Lacerta agilis*). // Эволюционная биология. – 1991. – № 121. – 27 с.
17. Panitskiy A.V., Lukashenko S.N. Nature of radioactive contamination of components of ecosystems of streamflows from tunnels of Degelen massif // Journal of Environmental Radioactivity. – 2015. P. 32–40.
18. Коровикова Т.В., Мустафина Е.В., Осинцев А.Ю., Дмитропавленко В.Н., Яковенко Ю.Ю. Влияния проведенных работ по созданию дополнительной защиты инженерных сооружений штолен горного массива «Дегелен» на радиационную обстановку припортовых участков. // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сб. тр. Института радиационной безопасности и экологии за 2007–2009 гг.]. – 2010. – Вып. 2. – С. 157–202. ISBN 978–601–7112–28–8.
19. Комплексное изучение миграции радионуклидов в экосистемах различных ландшафтов Семипалатинского полигона, подвергшихся ядерным испытаниям разного характера: отчет о НИР (заключительный) за 2014 г. / Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК (ИРБЭ НЯЦ РК), рук. С.Н. Лукашенко, А.В. Паницкий, А.О. Айдарханов – Курчатов: ИРБЭ НЯЦ РК. – 2014. – 92 с. – № ГР 0112РК00543 – Инв. № 0214РК02967 от 08.12.2014.
20. Кундузбаева А.Е., Осинцев А.Ю., Лукашенко С.Н., Магашева Р.Ю. Формы нахождения искусственных радионуклидов в почвах испытательной площадки боевых радиоактивных веществ // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сб. тр. Национального ядерного центра РК за 2011–2012 г.] / под рук. Лукашенко С.Н. – Павлодар: Дом печати. – 2013. – Т.2. – Вып. 4. – С. 167–180. ISBN 978–601–7112–74–5.
21. Методика выполнения измерений. Госстандарт, 1993 г., инв. № 92.
22. Руководство по эксплуатации дозиметра радиометра МКС-АТ6130.
23. Дозиметры радиометры МКС-АТ6130, МКС-АТ6130А, МКС-АТ6130В. Руководство по эксплуатации. АТОМТЕХ Научно-производственное унитарное предприятие. – 84 с.
24. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на γ -спектрометре: МИ 2143-91. - Введ. 1998-06-02. - Рег. № 5.06.001.98. – М.: НПО ВНИИФТРИ. – 1991. – 17 с.
25. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды. – Введ. 1999. – Рег. №5.05.008.99.
26. Практические рекомендации по вопросам оценки радиационного воздействия на человека и биоту. Под общей редакцией И.И. Линге и И.И. Крышева. – Москва. – 2015. – 265 с.
27. ICRP (2008) “Environmental protection: the concept and use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108”, Annals of the ICRP 38 (4-6).
28. Крышев И.И., Сазыкина Т.Г. Радиационная безопасность окружающей среды: необходимость гармонизации российских и международных нормативно-методических документов с учетом требований федерального законодательства и новых международных основных норм безопасности ОНБ-2011. // Радиация и риск. – 2013. – Т. 22. – №1. – С. 47–61.

29. Andersson P., Beaugelin-Seiller K., Beresford Nick, Copplestone D., Della Vedova C., Garnier-Laplace J., Howard B., Howe P., Oughton D. H., Wells C., Whitehouse P. Numerical benchmarks for protecting biota from radiation in the environment: proposed levels, underlying reasoning and recommendations. PROTECT Deliverable 5. EC contract number: 036425 (FI6R). – 2008. – 112 p.
30. Кадырова Н.Ж., Жапбасов Р. Радиобиологические и цитогенетические аспекты последствий хронического воздействия ионизирующих излучений Семипалатинского испытательного полигона на природные популяции растений и животных: монография. – Павлодар: ТОО «Дом печати». – 2019. – 312 с.
- REFERENCES**
- Beresford, N.A., M. Balonov, K. Beaugelin-Seiller, J. Brown, D. Copplestone, J.L. Hingston, J. Horyna, A. Hosseini, B.J. Howard, S. Kamboj, T. Nedveckaite, G. Olyslaegers, T. Sazykina, J. Vives i Batlle, T.L. Yankovich and C. Yu., An international comparison of models and approaches for the estimation of the radiological exposure of non-human biota // *Appl. Radiat. Isot.* – 2008. – Vol. 66(11). P. 1745–1749.
 - Lukashenko S.N. Aktual'nye voprosy radioekologii Kazakhstana. // Issue 1. Radioekologicheskoe sostoyanie «severnoy» chasti territorii Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona. – Kurchatov. – 2010. – 234 p.
 - Aktual'nye voprosy radioekologii Kazakhstana [Optimizatsiya issledovaniy territoriy Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona s tsel'yu ikh peredachi v khozyaystvennyy oborot]: monografiya / Pod. ruk. S.N. Lukashenko. – Pavlodar: Dom pechati. – 2015. – Issue 5. – 356 p. ISBN 978–601–7112–99–8.
 - Larionova N.V. Nakoplenie iskusstvennykh radionuklidov rasteniyami na territorii byvshego Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.01.01 – radiobiologiya / Larionova Natal'ya Vladimirovna. – Obninsk. – 2013. – 22 p.
 - Panitskiy A.V. Osobennosti proizvodstva sel'skokhozyaystvennoy produktsii na ploschadke “Degelen” Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk: 03.01.01 – radiobiologiya / Panitskiy Andrey Vasil'evich – Obninsk. – 2013. – 24 p.
 - Mozolin E.M., Geras'kin S.A., Minkanova K.S. Radiobiologicheskie efekty u rasteniy i zhivotnykh Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona (Kazakhstan). / *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya.* – 2008. – Vol. 48. – No. 4. – P. 422–431.
 - Panitskiy, A.V., Lukashenko, S.N., Kadyrova, N.Zh. ^{137}Cs and ^{90}Sr in lizards of Semipalatinsk test site. // *J. Environ. Radioact.* – 2017. – 166P1. – P. 91–96.
 - Kadyrova N.Zh., Panitskiy A.V., Aydarkhanov A.O., Lukashenko S.N. Soderzhanie radionuklidov v organizme myshevidnykh gryzunov, obitayushchikh na uchastkakh s razlichnym urovnem radioaktivnogo zagryazneniya ploschadki “Balapan” // *Problemy biogeokhimii i geokhimicheskoy ekologii.* – 2010. – № 3 (14). – S. 158–169.
 - Panitskiy A.V., Lukashenko S.N., Kadyrova N.Zh. Radionuclides in bodies of wild animals of Semipalatinsk test site. // *Book of abstracts of the III International Conference on “Environmental Radioactivity: New Challenges with New Technologies” (ENVIRA2015) (21-29 September 2015), Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki.* – 2015. – P. 122.
 - Spiridinov S.I., Mukusheva M.K. Semipalatinskiy ispytatel'nyy poligon: Radioekologicheskie modeli i riski. – Almaty. – 2010. – 167 p.
 - Kim D.S. Radiatsionnaya ekologicheskaya obstanovka v Respublike Kazakhstan v rayonakh raspolozheniya reaktorov i na territorii Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona. // *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya.* – 2012. – Vol. 52. – No. 4. – P. 409–418.
 - Toporova A.V. Otsenka granichnykh parametrov radioaktivnogo zagryazneniya territoriy, garantiruyushchikh neprevyshenie dopustimyykh dozovykh nagruzok / Aktual'nye voprosy radioekologii Kazakhstana. Issue 5. Optimizatsiya issledovaniy territoriy Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona s tsel'yu ikh peredachi v khozyaystvennyy oborot / pod ruk. Lukashenko S.N. – Pavlodar: Dom pechati, 2015. – P. 293–308. ISBN 978–601–7112–99–8.
 - Shatrov A.N., Lukashenko S.N., Zhadyranova A.A., Sal'menbaev S.E., Kashirskiy V.V., Baygazinov Zh.A. Otsenka ozhidaemykh dozovykh nagruzok ot vnutrennego postupleniya tekhnogennykh radionuklidov dlya naseleniya, prozhivayushchego v zone potentsial'nogo vliyaniya Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona // Aktual'nye voprosy radioekologii Kazakhstan [Sb. tr. Natsional'nogo yadernogo tsentra RK za 2014-2016]. – Pavlodar: Dom pechati, 2017. – Vol. 2. – Issue 6. – P. 223–240. ISBN 978–601–7844–54–7.
 - Lukashenko S.N., Bitenova M.M., Kadyrova N.Zh., Apsalikov K.N., Belikhina T.I., Poleshko A.N., Kashirskiy V.V., Minkanova K.S., Shatrov A.N., Zhadyranova A.A., Larionova N.V., Toporova A.V., Mamyrbayeva A.N., Karimbaeva K.S., Kozhakhonov T.E., Baygazinov Zh.A. Rekonstruktsiya dozovykh nagruzok naseleniya Azgirskego regiona dlya otsenki posledstviy yadernykh ispytaniy // tez. dokl. V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. “Mediko-biologicheskie i radio-ekologicheskie problemy v uranodobyvayushchikh regionakh”, June 19–20, 2014, Astana. – Astana. – 2014. – P. 27–28. ISBN 978–601–244–231–1.
 - Khromov V.A. Pozvonochnye zhivotnye Semipalatinskogo regiona. // *Vestnik Universiteta «Semey».* – 1999. – No. 5–6. – P. 56–65.
 - Yablokov A. V., Baranov A. S., Rozanov A. S. Populyatsionnaya struktura, geograficheskaya izmenchivost' i mikrofitziogenez peschanoy yashcheritsy (*Lacerta agilis*). // *Evolutsionnaya biologiya.* – 1991. – No. 121. – 27 p.
 - Panitskiy A.V., Lukashenko S.N. Nature of radioactive contamination of components of ecosystems of streamflows from tunnels of Degelen massif // *Journal of Environmental Radioactivity.* – 2015. P. 32–40.
 - Korovikova T.V., Mustafina E.V., Osintsev A.Yu., Dmitropavlenko V.N., Yakovenko Yu.Yu. Vliyaniya provedennykh rabot po sozdaniyu dopolnitel'noy zashchity inzhenernykh sooruzheniy shtolen gornogo massiva “Degelen” na radiatsionnyy obstanovku priportal'nykh uchastkov // Aktual'nye voprosy radioekologii Kazakhstana [Sb. tr. Instituta radiatsionnoy bezopasnosti i ekologii za 2007–2009 gg.]. – 2010. – Issue 2. – P. 157–202. ISBN 978–601–7112–28–8
 - Kompleksnoe izuchenie migratsii radionuklidov v ekosistemakh razlichnykh landshaftov Semipalatinskogo poligona, podvergshikhsya yadernym ispytaniyam raznogo kharaktera: otchet o NIR (zaklyuchitel'nyy) za 2014 gg. / Institut radiatsionnoy bezopasnosti i ekologii

- NYaTs RK (IRBE NYaTs RK), ruk. S.N. Lukashenko, A.V. Panitskiy, A.O. Aydarkhanov – Kurchatov: IRBE NYaTs RK. – 2014.– 92 p. – No. GR 0112RK00543 – Inv. No. 0214RK02967 ot 08.12.2014.
20. Kunduzbaeva A.E., Osintsev A.Yu., Lukashenko S.N., Magasheva R.Yu. Formy nakhozheniya iskusstvennykh radionuklidov v pochvakh ispytatel'noy ploshchadki boevykh radioaktivnykh veshchestv // Aktual'nye voprosy radioekologii Kazakhstana [Sb. tr. Natsional'nogo yadernogo tsentra RK za 2011-2012 g.] / pod ruk. Lukashenko S.N. – Pavlodar: Dom pechati. – 2013. – Vol. 2. – Issue 4. – P. 167–180. ISBN 978–601–7112–74–5
21. Metodika vypolneniya izmereniy. Gosstandart, 1993 g., inv. No. 92.
22. Rukovodstvo po ekspluatatsii dozimetra radiometra MKS-AT6130.
23. Dozimetry radiometry MKS-AT6130, MKS-AT6130A, MKS-AT6130V. Rukovodstvo po ekspluatatsii. ATOMTEX Nauchno–proizvodstvennoe unitarnoe predpriyatie. – 84 p.
24. Aktivnost' radionuklidov v ob"emnykh obraztsakh. Metodika vypolneniya izmereniy na γ -spektrometre: MI 2143-91. - Vved. 1998-06-02. - Reg. No. 5.06.001.98. – Moscow: NPO VNIIFTRI. – 1991. – 17 p.
25. Metodicheskie rekomendatsii po sanitarnomu kontrolyu za sodержaniem radioaktivnykh veshchestv v ob"ektakh vneshney sredy. – Vved. 1999. – Reg. No. 5.05.008.99.
26. Prakticheskie rekomendatsii po voprosam otsenki radiatsionnogo vozdeystviya na cheloveka i biotu. Pod obshchey redaktsiey I.I. Linge i I.I. Krysheva. – Moscow. – 2015. – 265 p.
27. ICRP (2008) “Environmental protection: the concept and use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108”, Annals of the ICRP 38 (4-6).
28. Kryshev I.I., Sazykina T.G. Radiatsionnaya bezopas-nost' okruzhayushchey sredy: neobkhodimost' garmonizatsii rossiyskikh i mezhdunarodnykh normativno-metodicheskikh dokumentov s uchetom trebovaniy federal'nogo zakonodatel'stva i novykh mezhdunarodnykh osnovnykh norm bezopasnosti ONB-2011. // Radiatsiya i risk. – 2013. – Vol. 22. – No. 1. – P. 47–61.
29. Andersson P., Beaugelin-Seiller K., Beresford Nick, Coplestone D., Della Vedova C., Garnier-Laplace J., Howard B., Howe P., Oughton D. H., Wells C., Whitehouse P. Numerical benchmarks for protecting biota from radiation in the environment: proposed levels, underlying reasoning and recommendations. PROTECT Deliverable 5. EC contract number: 036425 (F16R). –2008. – 112 p.
30. Kadyrova N.Zh., Zhapbasov R. Radiobiologicheskie i tsitogeneticheskie aspekty posledstviy khronicheskogo vozdeystviya ioniziruyushchikh izlucheniye Semipalatinskogo ispytatel'nogo poligona na prirodnye populatsii rasteniy i zhivotnykh: monografiya. – Pavlodar: TOO “Dom pechati”. – 2019. – 312 p.

СЕМЕЙ ПОЛИГОНЫНЫҢ ТЕХНИКАЛЫҚ АЛАҢДАРЫНДА ТАБИҒИ ЖАҒДАЙДА МЕКЕНДЕЙТІН КЕСІРТКЕЛЕРДІҢ ТАБИҒИ ПОПУЛЯЦИЯЛАРЫНДАҒЫ ДОЗАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРДІ БАҒАЛАУ

А. В. Паницкий*, А. О. Айдарханов, Н. Ж. Кадырова

«ҚР ҰЯО» РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы, Курчатов, Қазақстан

* Байланыс үшін E-mail: Panitskiy@nnc.kz

Мақалада Семей сынақ полигонының сынақ алаңдарында ионды сәуле шығарудың әр түрлі қуаттылығының созылмалы әсер етуінің табиғи жағдайларында мекендейтін секіргіш кесірткелердің (*Lacerta agilis Linnaeus*) табиғи популяциясындағы дозалық жүктемелерді бағалау нәтижелері келтірілген. Секіргіш кесіртке ^{137}Cs және ^{90}Sr техногендік радионуклидтердің құрамы бойынша ССП алаңдарында биотаның радионуклидтік ластануының индикаторы ретінде сенімді қызмет ете алатыны анықталды.

Кесірткелердің дозалық жүктемелерін есептеу барысында, радионуклидтік ластануы тарихи әртүрлі дәрежедегі ССП-ның зерттелген әртүрлі техникалық алаңдарында жүргізілген жарылыстардың түріне, қуатына және сипатына байланысты тіршілік ету ортасының радионуклидтік ластануының индикаторы болып табылатын кесірткелердегі дозалық жүктеменің де айтарлықтай ерекшеленетінін көрсетеді.

«Дегелен», «Балапан» техникалық алаңдарында оның басым бөлігі тек ^{137}Cs сыртқы сәулелену есебінен қалыптасқан. «4А» алаңында, бір кездері әскери радиоактивті заттектердің («рецептуралар» деп аталған) сынағы жүргізілген жерде, секіргіш кесіртке үшін сәулелену дозасының ең жоғары қуаты $2,2 \cdot 10^{-2}$ Гр/тәул дейін тіркелген және ол алдыңғы алаңдарға қарағанда – тек қана ^{90}Sr -ден ішкі сәулелену есебінен мүлдем басқаша қалыптасқан.

Түйін сөздер: радиоэкология, радиобиология, дозалық жүктемелер, Семей полигоны.

ASSESSMENT OF DOSE LOADS ON NATURAL LIZARD POPULATIONS INHABITING UNDER
NATURAL CONDITIONS AT THE TECHNICAL SITES OF THE SEMIPALATINSK TEST SITE

A. V. Panitskiy*, A. O. Aidarkhanov, N. Zh. Kadyrova

Branch "Institute of Radiation Safety and Ecology" of RSE NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

** E-mail for contacts: Panitskiy@nnc.kz*

This article presents results of dose loads on the natural population of sand lizards (*Lacerta agilis Linnaeus*) inhabiting under natural conditions of chronic exposure to various levels of ionizing radiation at the test locations of the Semipalatinsk Test Site. It was established that a sand lizard can be an essential indicator of radioactive contamination of biota at the STS sites with man-made radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr . Calculations of dose loads on lizards indicate that at the different surveyed STS technical sites with historically various levels of radioactive contamination, depending on the type, yield and pattern of conducted tests, dose loads on lizards varies essentially. At the "Degelen" and "Balapan" technical sites, the bulk was formed solely due to external exposure to ^{137}Cs . At the "4A" site, where tests of radiological warfare agents (so-called "formulations") were conducted at the time, the highest radiation dose rates for the sand lizard were recorded to be up to $2.2 \cdot 10^{-2}$ Gy/day. In addition, it is quite different from previous sites – only due to internal exposure to ^{90}Sr .

Keywords: *radioecology, lizards, dose loads, Semipalatinsk test site.*