

Н.К. Шандала, Ю.В. Гущина, А.В. Титов, Ю.С. Бельских, В.А. Серегин,  
Т.А. Дороньева, Д.В. Исаев, В.Г. Старинский, А.А. Шитова

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В РАЙОНЕ ВВОДИМОГО В ЭКСПЛУАТАЦИЮ РУДНИКА № 6 ПАО «ПРИАРГУНСКОЕ ГОРНО-ХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ»

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Юлия Валерьевна Гущина, e-mail: yuliyagushina@yandex.ru

### РЕФЕРАТ

**Цель:** Исследование радиоэкологической обстановки в районе рудника № 6 ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение имени Е.П. Славского» перед вводом его в эксплуатацию.

**Материал и методы:** При радиационном обследовании для измерения мощности AMBIENTного эквивалента дозы использовался метод пешеходной гамма-съемки с помощью портативного спектрометрического комплекса MKC-01A «Мультирад-М» (Россия) и дозиметра-радиометра MKC-AT6101c (Белоруссия). Для исследования удельной активности радионуклидов в почве проводился отбор проб в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017. Активность гамма-излучающих радионуклидов измерялась на стационарном гамма-спектрометре фирмы Canberra (США). Измерение активности  $^{210}\text{Po}$  и  $^{210}\text{Pb}$  проводилось на радиометрической установке УМФ-2000 (Россия) после их радиохимического выделения из проб. Оценка доз облучения биообъектов выполнены с использованием дозовых коэффициентов, приведенных в Публикации 136 МКРЗ с учетом рекомендаций P52.18.820-2015.

**Результаты:** Результаты исследования показали, что мощность AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения варьирует в широком диапазоне от 0,1 до 4,9 мкЗв/ч. Среднее значение на фоновых территориях составляет  $0,14 \pm 0,02$  мкЗв/ч. Удельная активность природных радионуклидов вне пределов отвалов горных пород, за исключением  $^{40}\text{K}$ , на отдельных участках превышает фоновые значения до 10 раз. Экологический риск для рассмотренных наземных биообъектов (травянистые растения, кустарник, почвенный червь и мышевидные грызуны) не превышает  $10^{-2}$ .

**Заключение:** На территории имеются участки техногенного радиационного загрязнения. Наибольшие уровни мощности AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения имеют место вблизи отвалов горных пород. На остальной территории имеются локальные участки с радиоактивным загрязнением. Дозы облучения биообъектов не оказывают значимого влияния на заболеваемость, репродукцию и продолжительность жизни наземных биообъектов.

**Ключевые слова:** радиоэкологическое обследование, рудник, удельная активность, биообъект, естественные радионуклиды, отвалы

**Для цитирования:** Шандала Н.К., Гущина Ю.В., Титов А.В., Бельских Ю.С., Серегин В.А., Дороньева Т.А., Исаев Д.В., Старинский В.Г., Шитова А.А. Радиоэкологическая обстановка в районе вводимого в эксплуатацию рудника № 6 ПАО «Приаргунское горно-химическое производственное объединение» // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2023. Т. 68. № 5. С. 28–33. DOI:10.33266/1024-6177-2023-68-5-28-33

N.K. Shandala, I.V. Gushchina, A.V. Titov, I.S. Belskikh, V.A. Seregin,  
T.A. Doroneva, D.V. Isaev, V.G. Starinskiy, A.A. Shitova

## Radiation Situation Around Commissioning Mine No. 6 of PJSC 'Priargunskiy Mining and Chemical Production Association'

A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

Contact person: I.V. Gushchina, e-mail: yuliyagushina@yandex.ru

### ABSTRACT

**Purpose:** Study of the radioecological situation around mine No. 6 of PJSC 'Priargunsky Industrial Mining and Chemical Association' named after E.P. Slavskiy" before commissioning.

**Material and Methods:** During the radiation survey, to measure the ambient dose equivalent rate, the pedestrian gamma survey method was used using the portable spectrometric complex MKS-01A 'Multirad-M' (Russia) and the dosimeter-radiometer MKS-AT6101s (Belarus). To study the specific activity of radionuclides in the soil, samples were taken in accordance with GOST 17.4.3.01-2017. The activity of gamma-emitting radionuclides was measured on a stationary gamma spectrometer manufactured by Canberra (USA). The activity of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  was measured on the radiometric system UMF-2000 (Russia) after their radiochemical extraction from samples. Dose assessment of exposure to biological objects was made using dose coefficients established in ICRP Publication 136, considering recommendations R52.18.820-2015.

**Results:** The results of the study showed that the ambient dose equivalent rate of gamma radiation varied in a wide range from 0.1 to 4.9  $\mu\text{Sv/h}$ . The average value in the background areas is  $0.14 \pm 0.02$   $\mu\text{Sv/h}$ . The specific activity of natural radionuclides outside the rock dumps, except for  $^{40}\text{K}$ , in some areas exceeds the background values up to 10 times. The ecological risk for the considered terrestrial biological objects (grass, shrub, soil worm and mouse-like rodents) does not exceed  $10^{-2}$ .

**Conclusion:** There are areas on the territory with traces of anthropogenic activity, which led to man-made radiation contamination. The highest levels of ambient dose equivalent of gamma radiation occur near rock dumps. The rest of the territory has local areas with radioactive contamination. Doses of exposure to biological objects don't have a significant effect on the incidence, reproduction, and life expectancy of terrestrial biological objects.

**Keywords:** radioecological survey, mine, the specific activity, bioobject, gamma radiation, natural radionuclides

**For citation:** Shandala NK, Gushchina IV, Titov AV, Belskikh IS, Seregin VA, Doroneva TA, Isaev DV, Starinskiy VG, Shitova AA. Radiation Situation Around Commissioning Mine No. 6 of PJSC 'Priargunskiy Mining and Chemical Production Association'. Medical Radiology and Radiation Safety. 2023;68(5):28–33. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2023-68-5-28-33

## Введение

Рудник № 6 ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение имени Е.П. Славского» (ПАО «ППГХО», входит в контур управления АО «Атомредметзолото» (АО «АРМЗ») – горнорудного дивизиона Госкорпорации «Росатом») располагается в Краснокаменском районе Читинской области, в 5 км к юго-востоку от г. Краснокаменска, на северо-восточном склоне Тулукойской пади. Решение о расконсервации рудника было принято в 2017 г. в целях дальнейшего освоения Аргунского и Жерлового месторождений урана Стрельцовского рудного поля [1].

Решение о предварительной разведке месторождений Аргунское и Жерловое было принято еще в 1979 г., а старт строительства рудника № 6 – в 1981 г. Детальная разведка месторождений проводилась в период 1981–1992 гг. Значительный перерыв во времени от начала поисков до открытия месторождений объясняется тем, что рудные залежи не выходят на дневную поверхность и залегают на глубине более 140 м [2]. Вследствие этого вскрытие шахтного поля решено было проводить вертикальными стволами шахт 13В, 13К, 19 РЭШ и 20В.

Горные работы по строительству рудника № 6 были приостановлены в 1990 г. из-за социально-экономических трудностей. Все объекты были законсервированы [3].

Рудник, окончание строительства которого запланировано на 2026 г., позволит обеспечить сырьевые потребности атомной промышленности России [4].

Рудник будет включать комплекс объектов, предназначенных для подземной добычи урановых руд с целью последующей их переработки на гидрометаллургическом заводе (рис. 1) [5].

Уранодобывающие предприятия имеют ряд особенностей, связанных с обеспечением радиационной безопасности, ввиду поступления в экосистемы большого количества радионуклидов. При подземном горном способе добычи урана к организованным источникам радиоактивного загрязнения относят вскрывающие и вспомогательные выработки (стволы, штольни, шурфы), через которые осуществляются выбросы в атмосферу отработанного воздуха и выдача на поверхность руды и пустой породы.

Основными источниками выброса радиоактивных веществ в атмосферу рудника № 6 в период эксплуатации будут являться [5]:

- объекты ствола 19РЭШ (надшахтное здание, вентиляционный канал с диффузором, участок погрузки руды в автотранспорт);
- объекты ствола 13К (надшахтное здание, вентиляционный канал с диффузором, участок погрузки руды в автотранспорт);
- ствол 20Р (вентиляционный канал с диффузором).

Максимальные выбросы радиоактивных веществ при нормальной эксплуатации рудника ожидаются от объектов ствола 19РЭШ. Предполагается, что от остальных источников выбросы будут в 2 раза ниже.

Измерение мощности дозы гамма-излучения и определение содержания радионуклидов в приповерхностном слое почвы (до 10 см) до ввода в эксплуатацию рудника № 6 в рамках радиационного мониторинга позволили охарактеризовать степень существующего загрязнения на данном объекте. По результатам полевых

и лабораторных исследований выполнена оценка доз облучения биологических объектов с учетом международных и отечественных практических рекомендаций для определения уровня облучения с целью возможного ограничения радиационного воздействия и проведения природоохранных мероприятий.

## Материал и методы

В процессе исследований в 2020 г. были выполнены измерения следующих параметров радиационной обстановки:

- мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД) на высоте 1 м от поверхности почвы;
- удельная активность радионуклидов в поверхностном 10-сантиметровом слое почвы.

Исследования проводились на территории планируемой санитарно-защитной зоны (СЗЗ), вне промышленных площадок объектов рудника и существующих отвалов горных пород.

Для измерения значений МАЭД применялся метод непрерывной пешеходной гамма-съемки с шагом около 5 м с помощью портативного спектрометрического комплекса МКС-01А «Мультирад-М» с блоком детектирования БДКС-63-01А (Россия) и дозиметра-радиометра «МКС-АТ6101с» БДГК-11М (Белоруссия) с привязкой к географическим координатам с использованием глобальной навигационной системы GPS. Диапазон регистрируемых энергий гамма-излучения оборудования составляет от 0,04 до 3 МэВ. Предел допустимой основной относительной погрешности измерений в диапазоне МАЭД от 0,03 до 2,0 мкЗв/ч составляет не более 20–25 %.

Измерение удельной активности  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  в пробах почвы проводилось на гамма-спектрометре с полупроводниковым блоком детектирования BE5030, (Canberra, США). Для установления равновесия между материнскими и дочерними радионуклидами счетные образцы выдерживались в герметичной ёмкости в течение 1 мес.

Измерение удельной активности  $^{210}\text{Po}$  и  $^{210}\text{Pb}$  проводилось на альфа-бета-радиометре УМФ-2000 (Россия) после их радиохимического выделения из проб в соответствии с МУК 4.3.051–2011<sup>1</sup>.

Оценка доз облучения биобъектов выполнена с использованием дозовых коэффициентов, приведенных в Публикации 136<sup>2</sup> МКРЗ, с учетом рекомендаций P52.18.820-2015<sup>3</sup>. Суммарная мощность дозы облучения

<sup>1</sup> «Свинец-210 и полоний-210. Определение удельной активности в пробах почвы, растительности и пищевых продуктов после электролитического осаждения на никелевом диске» [МУК 4.3.051-2011. "Lead-210 and Polonium-210. Determination of the specific activity in samples of soil, plants and foodstuffs after the electrolytic deposition on the nickel disc" (In Russian)].

<sup>2</sup> ICRP, 2017. Dose coefficients for nonhuman biota environmentally exposed to radiation. ICRP Publication 136. Ann. ICRP 46(2).

<sup>3</sup> Рекомендации P52.18.820-2015. Оценка радиационно-экологического воздействия на объекты природной среды по данным мониторинга радиационной обстановки. [Recommendations R52.18.820-2015. Assessment of Radiation and Environmental Impact on Natural Environment Objects Based on Radiation Situation Monitoring Data (In Russian)].





ЭКСПЛИКАЦИЯ ПЛОЩАДОК РУДНИКА № 6

Поз.	Наименование
1	Площадка стволов шахт 13К, 19РЭШ
2	Площадка ствола шахты 20В
3	Площадка ствола шахты 20Р
4	Площадка очистных сооружений шахтных вод
5	Площадка ГПП (главная понижительная подстанция)
6	Площадка временного складирования породы

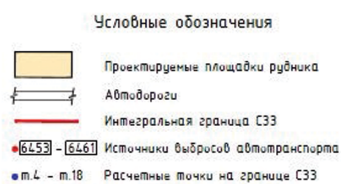


Рис. 1. Объекты рудника № 6 [5]

Fig. 1. Objects of mine No. 6 [5]

биообъекта определялась объединением мощности дозы облучения от всех рассматриваемых радионуклидов. Показатель радиационного экологического риска количественно оценивали как отношение мощности дозы облучения биообъекта к уровню безопасного облучения.

### Результаты и обсуждение

На рис. 2, 3 представлены фотографии некоторых обследуемых территорий. В табл.1 приведена характеристика состояния данных участков.

В ходе радиационного обследования было проведено 4766 измерений МАЭД и удельной активности радионуклидов в 29 пробах почвы.

Результаты измерения МАЭД представлены на рис. 4, 5 и в табл. 2, 3.



Рис. 2. Район площадки стволов шахт 19РЭШ, 13К и 20Р

Fig. 2. Site area of mine shafts 19RSh, 13K and 20R



Рис. 3. Очистные сооружения объекта

Fig. 3. Facility treatment plant

Таблица 1

Характеристика участков территории в районе рудника № 6  
Characteristics of the land plots in the area of mine No. 6

Территория	Состояние территории
Район стволов шахты 20В	Территория захлавлена бытовым мусором, железобетонными конструкциями и скелетами животных. Имеются остатки от сооружений. На западной части расположены отвалы горных пород.
Район площадки стволов шахт 19РЭШ, 13К и 20Р	Территория захлавлена бытовым и строительным мусором, железобетонными конструкциями.
Район очистных сооружений	Нижняя часть склона. Поверхность ровная, покрытая густой травой. Используется для выпаса скота.

Параметры распределений МАЭД на различных территориях представлены в табл. 2.

Ниже представлены результаты статистического распределения значений МАЭД с частотой проявления в районах стволов шахты 20В (рис. 5а), площадки стволов шахт 19РЭШ, 13К и 20Р (рис. 5б), а также очистных сооружений (рис. 5в).

Из-за наличия на исследуемой территории участков с признаками антропогенной деятельности, приведшей к радиационному загрязнению, значения МАЭД варьируют в широком диапазоне – от 0,1 до 4,9 мкЗв/ч:

– В районе стволов шахты 20В значения МАЭД находятся в основном в диапазоне от 0,1 до 0,4 мкЗв/ч.





Рис. 4. Значения МАЭД в районе рудника № 6  
Fig. 4. ADER values in the area of mine No

Таблица 2

Значения мощности дозы гамма-излучения в районе рудника № 6  
Gamma dose rate values in the area of mine No. 6

Территория	Количество измерений	Параметры распределения МАЭД, мкЗв/ч			
		Среднее	Медиана	Диапазон варьирования	Стандартное отклонение
Район очистных сооружений	582	0,16	0,14	0,10–1,1	0,070
Район стволов шахты 20В	2364	0,24	0,20	0,11–2,3	0,12
Район площадки стволов шахт 19РЭШ, 13К и 20Р	1820	0,33	0,20	0,12–4,9	0,42

Максимальные значения зафиксированы на участке, расположенном в южной части территории, и вблизи отвалов (до 2,3 мкЗв/ч).

- В районе площадки стволов шахт 19РЭШ, 13К и 20Р максимальные значения МАЭД – до 4,9 мкЗв/ч – наблюдаются вдоль дорог, у отвалов горных пород и у главной понизительной подстанции.
- В районе очистных сооружений значения МАЭД в основном не превышают 0,25 мкЗв/ч. Максимальные значения – до 0,4 мкЗв/ч – имели место на двух небольших по площади участках в южной части территории вдоль дороги.

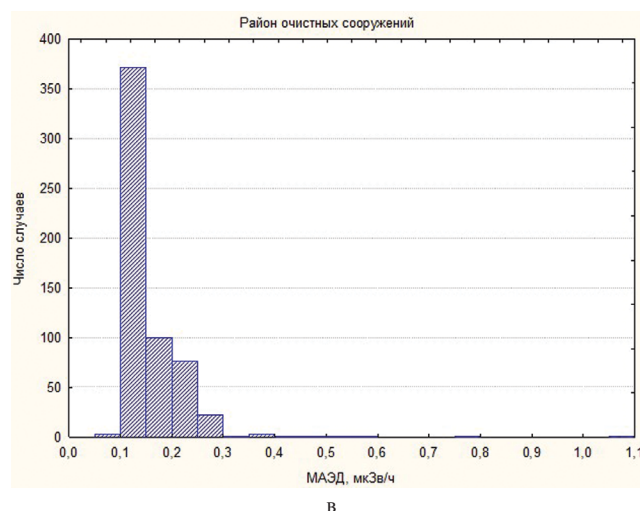
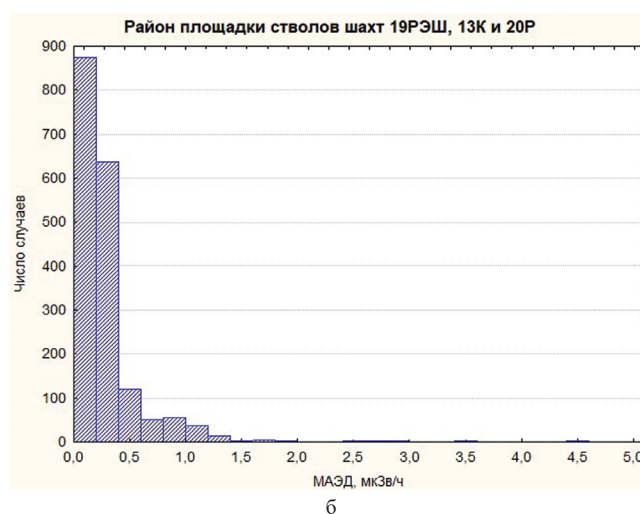
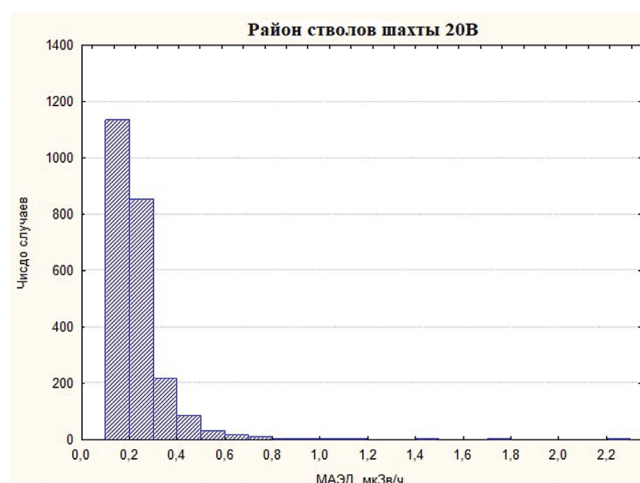


Рис. 5. Распределение значений МАЭД и частота их проявлений  
Fig. 5. Distribution of ADER values and the frequency of their manifestations

Среднее значение МАЭД на территориях, не подвергшихся техногенному загрязнению, составляет  $0,14 \pm 0,02$  мкЗв/ч. Эта величина принята в качестве фоновых значений для данной местности.

На участках территории с техногенным загрязнением удельная активность  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{210}\text{Pb}$  до 7 раз выше фоновых значений, а удельная активность  $^{210}\text{Po}$  – более 10 раз (табл. 3).



Таблица 3

Диапазоны варьирования удельной активности радионуклидов в почве в районе рудника вне отвалов горных пород

Ranges of variation of specific activity of radionuclides in the soil in the mine area outside the rock dumps

Территория	Диапазон варьирования удельной активности радионуклидов, Бк/кг							
	<sup>238</sup> U	<sup>226</sup> Ra	<sup>235</sup> U	<sup>210</sup> Pb	<sup>210</sup> Po	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs
Район стволов шахты 20В	38–300	33–240	2,9–30	56–360	32–410	46–170	530–880	0,7–2,8
Район площадки стволов шахт 19РЭШ, 13К и 20Р	27–240	26–170	2,6–19	31–190	17–220	36–96	480–1000	0,5–11
Район очистных сооружений	38–230	44–220	3,3–17	60–400	45–230	40–56	490–800	2,5–5,9
Фоновые территории	70±20	38±15	3,6±1,1	68±30	72±30	41±3	610±100	4,4±1,0

Таблица 4

Дозы облучения биообъектов  
(вне отвалов горных пород) в районе рудника № 6

Doses of exposure to bio-objects (outside the rock dumps) in the area of mine No. 6

Референтный биообъект	Мощность дозы облучения, мГр/сут			Радиационный экологический риск
	Внешнее облучение	Внутреннее облучение	Суммарная	
Район стволов шахты 20В				
Травянистые растения	(2,7–19)×10 <sup>-4</sup>	(8,4–56)×10 <sup>-4</sup>	(1,1–7,6)×10 <sup>-3</sup>	(1,1–7,6)×10 <sup>-4</sup>
Кустарник	(2,6–19)×10 <sup>-4</sup>	(8,8–62)×10 <sup>-4</sup>	(1,2–8,1)×10 <sup>-3</sup>	(1,2–8,1)×10 <sup>-4</sup>
Почвенный червь	(7,2–51)×10 <sup>-4</sup>	(1,2–8,4)×10 <sup>-3</sup>	(1,9–13,6)×10 <sup>-3</sup>	(1,9–13,6)×10 <sup>-4</sup>
Мышевидные грызуны	(6,8–49)×10 <sup>-4</sup>	(3,3–23)×10 <sup>-4</sup>	(1,0–7,2)×10 <sup>-3</sup>	(1,0–7,2)×10 <sup>-3</sup>
Район площадки стволов шахт 19РЭШ, 13К и 20Р				
Травянистые растения	(2,1–14)×10 <sup>-4</sup>	(7,1–41)×10 <sup>-4</sup>	(9,2–55)×10 <sup>-4</sup>	(0,9–5,5)×10 <sup>-4</sup>
Кустарник	(2,1–14)×10 <sup>-4</sup>	(5,2–39)×10 <sup>-4</sup>	(7,4–53)×10 <sup>-4</sup>	(0,74–5,3)×10 <sup>-4</sup>
Почвенный червь	(5,7–37)×10 <sup>-4</sup>	(9,6–62)×10 <sup>-4</sup>	(1,5–9,9)×10 <sup>-3</sup>	(1,5–9,9)×10 <sup>-4</sup>
Мышевидные грызуны	(5,4–36)×10 <sup>-4</sup>	(2,6–17)×10 <sup>-4</sup>	(8,0–53)×10 <sup>-4</sup>	(0,8–5,3)×10 <sup>-3</sup>
Район очистных сооружений				
Травянистые растения	(3,5–18)×10 <sup>-4</sup>	(9,7–46)×10 <sup>-4</sup>	(1,3–64)×10 <sup>-4</sup>	(0,13–6,4)×10 <sup>-4</sup>
Кустарник	(3,5–18)×10 <sup>-4</sup>	(9,0–45)×10 <sup>-4</sup>	(1,3–6,2)×10 <sup>-3</sup>	(0,13–6,2)×10 <sup>-4</sup>
Почвенный червь	(9,4–47)×10 <sup>-4</sup>	(1,5–7,6)×10 <sup>-3</sup>	(2,5–12,3)×10 <sup>-3</sup>	(2,5–12,3)×10 <sup>-4</sup>
Мышевидные грызуны	(9,0–45)×10 <sup>-4</sup>	(4,2–21)×10 <sup>-4</sup>	(1,3–6,6)×10 <sup>-3</sup>	(1,3–6,6)×10 <sup>-3</sup>

По значениям удельной активности природных радионуклидов в пробах, почвы отобранные вне отвалов горных пород, не классифицируются как радиоактивные отходы. Значение суммы отношения удельной активности радионуклидов к критериям отнесения к твердым радиоактивным отходам<sup>4</sup> варьирует от 0,1 на фоновых территориях, до 0,62 на территориях, имеющих техногенное загрязнение.

Для оценки доз облучения биообъектов в качестве референсных были выбраны мышевидные грызуны (наземные млекопитающие), почвенные черви, травянистая растительность и кустарники.

Дозы облучения наземных биообъектов оценивались на основании допущения об их постоянном нахождении на исследуемой территории. Рассчитывались следующие компоненты дозы: внутреннее облучение от инкорпорированных радионуклидов, внешнее облучение от подстилающей поверхности (почвы).

Результаты оценки доз представлены в табл. 4.

В качестве границ безопасного уровня радиационного воздействия на биообъекты (БУОБ) принимаются значения мощности дозы хронического облучения,

<sup>4</sup> Постановление Правительства РФ от 19 октября 2012 г. N 1069 "О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов".

[Decree of the Government of the Russian Federation dated October 19, 2012, No. 1069 "On the criteria for Classifying Solid, Liquid and Gaseous Waste as Radioactive Waste, the Criteria for Classifying Radioactive Waste as Special Radioactive Waste and Removed Radioactive Waste, and the Criteria for Classifying Removed Radioactive Waste" (as amended and supplemented) (In Russia)].

равные 1,0 мГр/сут для млекопитающих, позвоночных животных и сосны обыкновенной и 10 мГр/сут для растений (кроме сосны обыкновенной) и беспозвоночных животных.

Оцененные значения мощности дозы облучения биообъектов ниже 10 % от значений БУОБ. При таких значениях мощности дозы отсутствуют сведения о статистически значимых детерминированных эффектах воздействия ионизирующего излучения на заболеваемость, репродукцию и продолжительность жизни рассмотренных видов биообъектов (Публикация 108<sup>5</sup> МКРЗ, Рекомендации Р 52.18.820-2015).

Полученные результаты согласуются с результатами оценок мощности дозы облучения референсных организмов – наземных биообъектов – вблизи рудника № 6 ПАО «ППГХО», приведенными в работе [6].

В отличие от радиационного риска для человека, показатель экологического риска для биообъектов представляет собой безразмерный коэффициент, равный дозе облучения, нормируемой на безопасный для популяции пороговый уровень облучения организмов, а не стохастическую величину (Публикация 108 МКРЗ).

Как следует из данных табл. 4, радиационный экологический риск для рассмотренных наземных биообъектов не превышает 10<sup>-2</sup> и не отличается от риска на других территориях СЗЗ ПАО «ППГХО» (4.10<sup>-3</sup>–5.10<sup>-2</sup> [7]).

### Заключение

Обследование, проведенное в 2020 г. на территории в районе рудника № 6 (вне промплощадок объектов), показало, что:

<sup>5</sup> ICRP, 2008. ICRP Publication 108. Environmental protection: the concept and use of reference animals and plants //Ann. ICRP. 2008. V. 38, N 4–6. 251 p.

1. Имеются участки с признаками антропогенной деятельности, которая привела к радиационному загрязнению. Вследствие этого значения МАЭД в районе рудника № 6 варьируют в широком диапазоне – от 0,1 до 4,9 мкЗв/ч (при фоновых значениях  $0,14 \pm 0,02$  мкЗв/ч). Максимальные уровни зарегистрированы на территории отвалов пустой породы, расположенных к югу от площадки стволов шахт 19РЭШ и 13К. Высокие значения МАЭД – более 1 мкЗв/ч – имеют место также на отдельных участках вдоль дорог.
2. Проведение гамма-съемки с шагом 5–10 м позволяет обнаружить локальные загрязненные участки небольшой площади со значениями МАЭД, в два и более раз превышающими естественный фон.
3. На участках территории с техногенным загрязнением почвы удельная активность  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$

и  $^{210}\text{Pb}$  до 7 раз выше фоновых значений, а удельная активность  $^{210}\text{Po}$  – до 10 раз. По значениям удельной активности природных радионуклидов почвы, отобранные вне отвалов горных пород, не относятся к радиоактивным отходам.

4. Экологический риск для рассмотренных наземных биообъектов (травы, кустарник, почвенный червь и мышевидные грызуны) не превышает  $10^{-2}$ . Значения мощности дозы облучения ниже 10 % от значений БУОБ. При таких значениях мощности дозы облучения наземных биообъектов отсутствуют сведения о статистически значимых детерминированных эффектах влияния радиации на заболеваемость, репродукцию и продолжительность жизни рассмотренных видов биообъектов [8, 9].

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Рудник № 6 ППГХО может начать свою работу уже в следующем году // Атомная энергия 2.0. 28 июля 2017. URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2017/07/28/78049>.
2. Ишукова Л.П., Авдеев Б.В., Губкин Г.Н. Геология Урулунгуйского рудного района и молибден-урановых месторождений Стрельцовского рудного поля. М.: ЗАО Геоинформмарк, 1998. 526 с.
3. URL: <https://priargunsky.armz.ru/ru/newspaper/tenders?id=2&p=1> (дата обращения: 10.04.2023).
4. Новый урановый рудник № 6 ППГХО будет введен в эксплуатацию в 2026 году // Атомная энергия 2.0. 24 сентября 2021. URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/09/24/117771> (Дата обращения: 10.04.2023).
5. Освоение Аргунского и Жерловского месторождений. Строительство рудника № 6 ПАО «ППГХО», расположенного в Забайкальском крае. Проектная документация. Р.12. Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами. Подраздел 4 // Проект санитарно-защитной зоны. Текстовая часть. Графическая часть. 100-845-СЗЗ. Т.12.4. 2015.
6. Панченко С.В., Линге И.И., Крышев И.И. и др. Радиоэкологическая обстановка в регионах расположения предприятий Росатома / Под ред. Линге И.И., Крышева И.И. М.: САМ полиграфист, 2015. 296 с.
7. Крышев И.И., Павлова Н.Н., Сазыкина Т.Г., Крышев А.И., Косых И.В., Бурякова А.А., Газиев И.Я. Оценка радиационной безопасности окружающей среды в зоне наблюдения объектов использования атомной энергии // Атомная энергия. 2021. Т.130, № 2, 2021. С. 111-116.
8. Крышев И.И., Сазыкина Т.Г. Критерии оценки экологического риска. Эколого-геофизические аспекты ядерных аварий. М.: Гидрометеоздат, 1992. С. 160–168.
9. Ecological Risk Assessment / Ed. Suter G.W. II. CRC Press, 2016. 680 p.

## REFERENCES

1. Mine No. 6 of PIMCU May Start Operation as Early as Next Year. Atomic Energy 2.0. July 28, 2017. URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2017/07/28/78049> (In Russ.).
2. Ischukova L.P., Avdeyev B.V., Gubkin G.N. Geology of the Urulyunguy Ore Region and the Molybdenum-Uranium Deposits of the Streltsovsky Ore Field. Moscow Publ., 1998. 526 pp. (In Russ.).
3. URL: <https://priargunsky.armz.ru/ru/newspaper/tenders?id=2&p=1> (Date of access: 04.10.2023) (In Russ.).
4. PIMCU's New Uranium Mine No. 6 Will Be Commissioned in 2026. Atomic Energy 2.0. September 24, 2021 URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/09/24/117771> (Date of access: 04/10/2023) (In Russ.).
5. Development of the Argunskoye and Zherlovskoye deposits. Construction of Mine No. 6 of PJSC PIMCU, Located in the Trans-Baikal Territory. Project Documentation. Section 12. Other Documentation in Cases Provided for by Federal Laws. Subsection 4. Project of a Health Protection Zone. Text Part. The Graphical Part. 100-845-SZZ. V.12.4. 2015 (In Russ.).
6. Panchenko S.V., Linge I.I., Kryshev I.I. Radioecological Situation in the Regions Where Rosatom Enterprises Are Located. Ed. Linge I.I., Kryshev I.I. Moscow Publ., 2015. 296 p. (In Russ.).
7. Kryshev I.I., Pavlova N.N., Sazykina T.G., Kryshev A.I., Kosykh I.V., Buryakova A.A., Gaziyeu I.Ya. Assessment of Radiation Safety of the Environment in the Supervision Area of Nuclear Facilities. Atomic Energy. 2021;130;2:111-116 (In Russ.).
8. Kryshev I.I., Sazykina T.G. Criteria for Assessing Environmental Risk. Ecological and Geophysical Aspects of Nuclear Accidents. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 1992. P. 160–168 (In Russ.).
9. Ecological Risk Assessment. Ed. Suter G.W. II. CRC Press, 2016. 680 p.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Финансирование работы осуществлялось по Государственному контракту №10.002.19.2 с Федеральным медико-биологическим агентством в рамках реализации Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года».

**Участие авторов.** Н.К. Шандала – разработка концепции и дизайна исследования, написание текста статьи. Ю.В. Гушина – написание и научное редактирование текста статьи. А.В. Титов – разработка концепции и дизайна исследования, написание текста статьи. Ю.С. Бельских – проведение полевых исследований, статистическая обработка данных. В.А. Серегин – сбор материала, статистическая обработка данных. Т.А. Дороньева – выполнение лабораторных экспериментов. Д.В. Исаев – проведение полевых исследований, статистическая обработка данных. В.Г. Старинский – сбор материала, статистическая обработка данных. А.А. Шитова – выполнение лабораторных экспериментов.

**Поступила:** 20.04.2023. Принята к публикации: 27.05.2023.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Financing.** Financing of the work was carried out under State Contract No. 10.002.19.2 with the Federal Biomedical Agency as part of the implementation of the Federal Target Program "Ensuring Nuclear and Radiation Safety for 2016–2020 and for the period up to 2030".

**Contribution.** N.K. Shandala – development of the concept and design of the study, writing the text of the article. Yu.V. Gushchina – writing and scientific editing of the text of the article. A.V. Titov – development of the concept and design of the study, writing the text of the article.

Yu.S. Belskikh – conducting field research, statistical data processing. V.A. Seregin – collecting material, statistical data processing. T.A. Doronova – performing laboratory experiments. D.V. Isaev – conducting field research, statistical data processing. V.G. Starinsky – collecting material, statistical data processing. A.A. Shitova – performing laboratory experiments.

**Article received:** 20.04.2023. Accepted for publication: 27.05.2023.