

Радиационная обстановка на территории площадки уранового наследия в пади Бамбакай (Забайкальский край)

А.В. Титов, Н.К. Шандала, Ю.С. Бельских, В.А. Серегин, Т.А. Дороньева, А.А. Филонова, М.П. Семенова, Ю.В. Гущина, Ю.Н. Павленко-Михайлов

Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Федеральное медико-биологическое агентство России, Москва, Россия

В статье приводятся результаты исследования современной радиационной обстановки на площадке уранового наследия, расположенной на территории пади Бамбакай (Забайкальский край), образовавшейся в период с 1973 по 1989 г. из-за сброса шахтных вод. При радиационном обследовании для измерения мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы использовался метод пешеходной гамма-съемки. Для исследования удельной активности радионуклидов в почве проводился отбор проб. Активность гамма-излучающих радионуклидов в пробах измерялась на стационарном гамма-спектрометре. Измерение активности ^{210}Po и ^{210}Pb проводилось после их радиохимического выделения из проб. Установлено, что значения мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы на территории пади варьируются в широком диапазоне от 0,1 до 1,4 мкЗв/ч на участках с техногенным загрязнением. Оцененное среднее значение гамма-фона для данной местности составляет $0,14 \pm 0,02$ мкЗв/ч. Удельная активность ^{238}U , ^{226}Ra , ^{235}U , ^{210}Pb и ^{210}Po в поверхностном 10-сантиметровом слое почвы на локальных загрязненных участках территории в 10–40 раз выше фоновых значений. Большая часть радионуклидов в почве находится в кислоторастворимой форме. Эффективные дозы облучения работников, проводящих заготовку сена на территории пади, не превышают 1,5 мкЗв/год. Дозы облучения наземных биообъектов (трава, дождевые черви) ниже безопасного уровня облучения биоты в 100 и более раз.

Ключевые слова: AMBIENTНЫЙ эквивалент дозы, гамма-излучение, геологоразведочные работы, естественные радионуклиды, радиационное обследование, удельная активность, формы радионуклидов, шахтные воды.

Введение

В Российской Федерации к «урановому наследию» относятся не только объекты и площадки выведенных из эксплуатации предприятий по добыче и переработке урановых руд, но и места ведения опытно-промышленных работ геологоразведочными партиями [1].

Одна из таких площадок находится на территории пади Бамбакай (Бамбакайская) в Забайкальском крае (рис. 1), расположенной в 4–5 км юго-восточнее ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение имени Е.П. Славского» (ПАО ППГХО), вдали от населенных пунктов. На этапе геологоразведочных работ по Стрельцовскому рудному полю в 1960-е гг. территория пади была использована геологами для сброса неочищенных шахтных вод. Сброс шахтных вод в паду Бамбакай по трубопроводу через водораздельную часть



Рис. 1. Расположение пади Бамбакай [Fig. 1. Location of Bambakai Valley]

Титов Алексей Викторович

Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна

Адрес для переписки: 123098, Россия, г. Москва, ул. Живописная, д. 46; Тел. 8(499) 190-94-18, E-mail: titov_fmcb@mail.ru

Аргунского хребта продолжался в период с 1973 по 1989 г. до ввода в эксплуатацию установки очистки шахтных вод на гидрометаллургическом заводе горнодобывающего предприятия.

По данным работ [2, 3], в результате многолетнего сброса шахтных вод сформировалась крупная промоина длиной около 150 м, шириной до 15 м и глубиной до 6 м. Ниже промоины, в месте слияния основной и второстепенной падей, образовалось техногенное болото длиной около 1,5 км и шириной 300 м, заросшее растительностью. По оценкам специалистов ПАО ППГХО, общая площадь загрязненного участка, обусловленного ураном, радием, молибденом и марганцем, составляла 41,8 га (418 000 м²). Мощность дозы гамма излучения на этой территории колебалась от 60 до 230 мкР/ч (от 0,6 до 2,3 мкЗв/ч) [4].

В общей сложности в падь Бамбакай было сброшено около 200 т урана, примерно столько же молибдена и значительное количество марганца. Около 75% урана накопилось в техногенном болоте [5]. Сведения о количестве сброшенных других природных радионуклидов отсутствуют.

Проект рекультивации пади Бамбакай был разработан еще в 1984 г. [2], но не был реализован.

О необходимости реабилитации данной территории указывалось на седьмом заседании Комиссии стран-участниц СНГ по использованию атомной энергии в мирных целях 23 июня 2005 г. [6] и в решении Экономического совета СНГ от 27 декабря 2006 г. [1].

Проведение работ и средства на реабилитацию пади Бамбакай были предусмотрены Федеральной целевой программой по ядерной и радиационной безопасности на период 2008–2015 гг. [7]. До 2012 г. реабилитация земель пади Бамбакай не проводилась по причине отсутствия финансирования [8]. Сведений о проведенной реабилитации в последующие годы в доступных литературных источниках нет.

В отчете по экологической безопасности ПАО ППГХО за 2017 г. [9] наличие загрязненной территории в зоне наблюдения площадью 41,8 га указано, а в отчете за 2018 г. [10] – уже нет. Однако в сводном информационно-аналитическом материале по итогам реализации Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года» [11] информация о реабилитации территории пади Бамбакай отсутствует.

Одной из основных проблем в области обеспечения радиационной безопасности, указанных в «Основах государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на

период до 2025 года и дальнейшую перспективу»¹, является наличие территорий ядерного (уранового) наследия, в отношении которых требуется принятие дополнительных мер по реабилитации радиоактивно загрязненных участков территорий для приведения их в безопасное состояние для дальнейшего использования.

Из-за отсутствия в доступных литературных источниках информации как о радиационной обстановке, так и использовании территории населением, в 2020 г. на территории пади Бамбакай были проведены исследования с целью экспресс-оценки современной радиологической обстановки, доз облучения работников при проведении работ и доз облучения биообъектов.

Материалы и методы

В процессе исследований 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.

Для исследования МАЭД применялся метод непрерывной пешеходной гамма-съемки с помощью портативного спектрометрического комплекса МКС-01А «Мультирад-М» (Россия) и дозиметра-радиометра МКС-АТ6101с (Беларусь). Измерения проводились с привязкой к географическим координатам с помощью глобальной навигационной системы GPS. Диапазон регистрируемых энергий гамма-излучения МКС-01А «Мультирад-М» с блоком детектирования БДК-63-01А и «МКС-АТ6101с» с блоком детектирования БДГК-11М составляет от 0,04 до 3 МэВ.

Предел допустимой основной относительной погрешности измерений в диапазоне МАЭД от 0,03 до 2,0 мкЗв/ч обоих средств измерения составляет не более 20–25%.

Измерение удельной активности ²³⁸U, ²³⁵U, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²¹⁰Pb и ⁴⁰K в пробах поверхностного слоя почвы проводилось на гамма-спектрометре с полупроводниковым блоком детектирования BE5030 фирмы «CANBERRA» (США) в соответствии с методикой измерения активности (удельной активности) гамма-излучающих радионуклидов в счетных образцах².

Для установления равновесия между материнскими и дочерними радионуклидами счетные образцы выдерживались в герметичной ёмкости в течение 1 месяца.

Измерение удельной активности ²¹⁰Po и ²¹⁰Pb выполнялось на альфа-бета-радиометре УМФ-2000 после их радиохимического выделения из проб в соответствии с МУК 4.3.051-2011³.

¹ Указ Президента РФ от 13 октября 2018 г. № 585 об утверждении «Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу». [Decree of the President of the Russian Federation of October 13, 2018 № 585 on the approval of the “Fundamentals of the state policy in the field of assuring nuclear and radiation safety of the Russian Federation for the period up to 2025 and beyond” (In Russ.)].

² Методика измерения активности (удельной активности) гамма-излучающих радионуклидов в счетных образцах с применением полупроводникового гамма-спектрометра CANBERRA с программным обеспечением Genie-2000 по количественному анализу гамма-спектров. СПб., 2014. 37 с. [A method for measuring the activity (specific activity) of gamma-emitting radionuclides in counting samples using a CANBERRA semiconductor gamma spectrometer with Genie-2000 software for quantitative analysis of gamma spectra, St. Petersburg, 2014, 37 p. (In Russ.)].

³ МУК 4.3.051-2011 «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 Russ.)].

Для исследования форм радионуклидов в почве применён метод последовательной экстракции Ф.И. Павлоцкой [11]. Легкодоступные (обменные) формы радионуклидов извлекались одномолярным (1М) раствором уксуснокислого аммония. Подвижные радионуклиды (подвижная, кислоторастворимая форма) извлекались 1М раствором соляной кислоты. Фиксированные (прочносвязанные) формы радионуклидов извлекались при обработке почвы 6М раствором соляной кислоты.

Результаты и обсуждение

В настоящее время на территории пади Бамбакай признаков промоины и техногенного болота не обнаружено (рис. 2). По-видимому, за 30 лет после окончания сброса шахтных вод оно высохло.



Рис. 2. Территория пади Бамбакай
[Fig. 2. Territory of Bambakai Valley]

Поверхность дна пади относительно ровная, заросшая травой. Сбросная канава глубиной более 1 м в период проведения исследований (октябрь 2020 г.) была сухой.

Территория пади используется местными фермерами для заготовки сена для животноводческих ферм.

Результаты радиационных измерений на территориях пади представлены на рисунке 3 и в таблицах 1, 2.

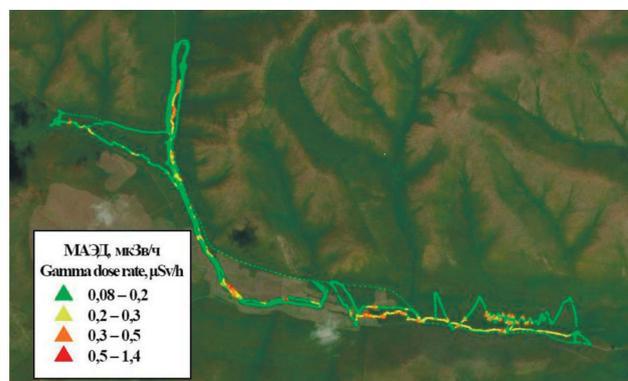


Рис. 3. Значения мощности AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения на территории пади в районе сбросных канав
[Fig. 3. Gamma ambient dose equivalent rates in the territory of the valley in the area of waste ditches]

На обследованной территории значения МАЭД (более 4800 измерений) варьируют от 0,1 до 1,4 мкЗв/ч.

На «фоновых» участках территории пади вдали от участков с техногенным загрязнением среднее значение МАЭД составляет $0,13 \pm 0,02$ мкЗв/ч. Это значение можно принять в качестве гамма-фона.

На всем протяжении русла сбросной канавы от места сброса шахтных вод до расстояний 3–4 км вглубь пади зна-

Удельная активность радионуклидов в поверхностном слое почвы

Таблица 1

[Table 1

Radionuclide specific activities in the surface soil layer]

Радионуклид [Radionuclide]	Число проб [Number of samples]	Среднее, Бк/кг [Average, Bq/kg]	Среднее геометрическое, Бк/кг [Geometric mean, Bq/kg]	Медиана, Бк/кг [Median, Bq/kg]	Диапазон варьирования, Бк/кг [Range variation, Bq/kg]	Стандартное отклонение [Standard deviation]
<i>Территория пади [Territory of the Valley]</i>						
²³⁸ U	5	310	160	400	26–650	270
²³⁵ U	5	33	16	45	2–68	29
²²⁶ Ra	5	850	270	1090	19–1820	801
²³² Th	5	42	41	41	38–46	4,1
²¹⁰ Pb	5	940	430	1252	54–1850	820
²¹⁰ Po	5	630	360	780	63–1200	520
⁴⁰ K	5	510	510	510	450–550	39
<i>Русло канавы [Channel of the ditch]</i>						
²³⁸ U	6	360	330	300	230–730	190
²³⁵ U	6	37	32	28	19–82	24
²²⁶ Ra	6	580	440	460	190–1160	420
²³² Th	6	41	40	42	33–50	6,8
²¹⁰ Pb	6	730	650	600	400–1460	410

Радионуклид [Radionuclide]	Число проб [Number of samples]	Среднее, Бк/кг [Average, Bq/kg]	Среднее геометрическое, Бк/кг [Geometric mean, Bq/kg]	Медиана, Бк/кг [Median, Bq/kg]	Диапазон варьирования, Бк/кг [Range variation, Bq/kg]	Стандартное отклонение [Standard deviation]
²¹⁰ Po	6	530	460	430	280–880	290
⁴⁰ K	6	450	450	480	340–520	77
<i>Фоновые участки [Background areas]</i>						
²³⁸ U	6	34	34	38	26–39	6
²³⁵ U	6	3,1	3,1	3,1	2,0–4,1	0,7
²²⁶ Ra	6	33	32	32	19–44	9
²³² Th	6	40	40	40	36–46	4
²¹⁰ Pb	6	60	59	59	42–84	14
²¹⁰ Po	6	65	63	64	45–96	18
⁴⁰ K	6	560	550	540	480–660	68

Таблица 2

Формы нахождения радионуклидов в почве

[Table 2]

Forms of radionuclides in the soil]

Форма радионуклида [Radionuclide form]	Доля радионуклида*, % [Radionuclide fraction*, %]			
	²²⁶ Ra	²³² Th	²³⁵ U, ²³⁸ U	²¹⁰ Pb
Обменная [Exchange]	9±6	7±2	32±7	4±1
Кислоторастворимая [Acid – soluble]	91±6	17±2	68±7	96±1
Прочносвязанная [Strongly bound]	–	76±2	–	–

* Погрешность измерений указана с доверительной вероятностью 95%.
[* Measurement uncertainty is given at 95% confidence level].

чения МАЭД в несколько раз выше гамма-фона, достигая 1,4 мкЗв/ч. На больших расстояниях значения МАЭД в русле снижаются практически до фоновых значений.

Техногенное загрязнение имеется не только в канаве, но и на небольших по площади участках береговой части канавы. На таком максимальном по площади (около 20 000 м²) участке (в правой части рисунка 3) МАЭД достигает значений 0,63 мкЗв/ч. Он, по-видимому, расположен на месте высохшего техногенного болота. По результатам 359 измерений на этом участке получено, что среднее значение МАЭД составляет 0,22 мкЗв/ч, среднее геометрическое значение – 0,19 мкЗв/ч, стандартное отклонение – 0,11 мкЗв/ч. На остальных локальных участках, в основном вблизи русла канавы, МАЭД не превышает 0,3 мкЗв/ч.

По нашим оценкам, площадь территории (без русла канавы) со значениями МАЭД выше гамма-фона составляет не более 3 га.

Полученные данные свидетельствуют о существенном снижении площади территории со значениями МАЭД выше гамма-фона по сравнению с данными конца прошлого столетия (42 га).

Удельная активность природных радионуклидов (²³⁸U, ²²⁶Ra, ²³⁵U, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po) в поверхностном слое почвы русла канавы и на загрязненных участках более чем на порядок выше фоновых значений. Однако их значения ниже критериев отнесения почвы к твердым радиоактивным отходам⁴ (сумма отношений удельных активностей радионуклидов к соответствующим критериям отнесения к отходам не превышает 0,4).

⁴ Постановление Правительства РФ от 19 октября 2012 г. № 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» (с изменениями и дополнениями). [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 Russ.)].

Оценка доз облучения референтных организмов наземной биоты

Таблица 3

Dose assessment of the reference organisms of the terrestrial biota

[Table 3]

Референтный организм [Reference organism]	Диапазон доз облучения, мкГр/сут [Dose range, µGy/day]			Безопасный уровень облучения биоты, мкГр/сут [Safe level of biota exposure, µGy/day]
	Внешняя [External]	Внутренняя [Internal]	Суммарная [Total]	
Дикорастущая трава [Wild grass]	0,15–14	0,57–30	0,72–44	10 000
Червь дождевой [Earthworm]	0,40–40	0,7–60	1,1–100	10 000

Результаты оценки свидетельствуют об отсутствии опасности для представителей этих референтных организмов. Максимальные дозы, которые реализуются при нахождении в русле канавы, более чем в 100 раз ниже безопасных уровней облучения биоты. В соответствии с P52.18.820-2015 при значениях доз не требуется проведения каких-либо природоохранных мероприятий для обеспечения радиационной безопасности этих объектов биоты.

Заключение

В 2020 г. было проведено исследование радиационного состояния территории пади Бамбакай, на которой расположена площадка уранового наследия, образовавшаяся в результате сброса шахтных вод в период проведения геологоразведочных работ и в первые годы работы ПАО ППГХО.

По результатам исследования установлено:

1. Техногенное болото, которое образовалось при сбросе неочищенных шахтных вод, высохло. Его местонахождение визуально не определяется. Территория пади, в том числе на месте болота, используется для заготовки сена для животноводческих ферм.

2. Значения МАЭД на территории пади варьируют от фоновых значений (0,1 мкЗв/ч) до 1,4 мкЗв/ч (в русле сбросной канавы). Имеются небольшие участки вне русла канавы, где значения МАЭД превышают фоновые значения. На таком, наибольшем по площади, участке (около 20 000 м²), возможно, на месте бывшего болота, МАЭД достигает значений 0,63 мкЗв/ч.

3. Площадь территории со значениями МАЭД, превышающими фоновые значения, за 30 лет после окончания сброса шахтных вод существенно снизилась. Однако неясно, произошло это в результате возможно проведенной рекультивации или в результате миграции радионуклидов вглубь почвы.

4. Удельная активность природных радионуклидов (²³⁸U, ²²⁶Ra, ²³⁵U, ²¹⁰Pb, ²¹⁰Po) в поверхностном слое почвы русла канавы и на загрязненных участках более чем на порядок выше фоновых значений. Однако их значения ниже критериев отнесения почвы к твердым радиоактивным отходам. Удельная активность ²³²Th соответствует фоновым значениям.

На отдельных участках значения $A_{эфф.}$ в почве может превышать 1500 Бк/кг.

Целесообразно почву с этих участков направить для захоронения на специально выделенные участки в места захоронения промышленных отходов.

Площадь территории с удельной активностью природных радионуклидов выше фоновых значений составляет около 1% от всей площади пади.

5. Исследование форм нахождения радионуклидов в почве показало, что в обменной форме находится от 4 до 32% радионуклидов. Наиболее подвижными являются изотопы урана. Следовательно, в будущем возможно перераспределение активности радионуклидов, как по поверхности почвы, так и по глубине.

6. Эффективная доза техногенного облучения работника, проводящего сенокос на загрязненной территории пади, не превысит 1,5 мкЗв в год.

Из-за небольшой площади участков с повышенным загрязнением поверхностного слоя почвы ожидается, что среднее содержание природных радионуклидов в скошенной на всей территории пади травы будет выше не более чем на 10% от содержания в траве на чистых участках. Т.е. значимого увеличения средней удельной активности радионуклидов в молоке коров на ферме, использующей для корма траву (сено) с территории пади, от фоновых значений не ожидается. Для подтверждения этого в будущих исследованиях целесообразно провести отбор и измерение проб молока.

7. Максимальные дозы, которые реализуются при нахождении референтных организмов (дикорастущая трава и дождевой червь) в русле канавы, в 100 и более раз ниже безопасных уровней облучения биоты.

Таким образом, по результатам проведенного исследования радиационную обстановку на территории пади можно признать удовлетворительной. При сложившемся укладе ведения хозяйственной деятельности (маловероятно, что он изменится в ближайшем будущем) отсутствует неприемлемая техногенная нагрузка, как на население, так и на биоту.

Однако проведенные исследования не дали ответа на основной вопрос: куда и как распределились 200 т урана, сброшенного на территорию пади? Либо это неточные данные о количестве, либо уран мигрировал по профилю почвы. Если мигрировал, то до какой глубины, и не поступает ли он в подземные воды? Каковы уровни загрязнения почвы на различных глубинах, и не относится ли эта почва к твердым радиоактивным отходам?

Для ответа на эти вопросы необходимо провести более масштабные исследования.

Личный вклад авторов

А.В. Титов – концепция и дизайн исследования, написание текста.

Н.К. Шандала – концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование.

Ю.С. Бельских – сбор материала и обработка данных, написание текста.

В.А. Серегин – сбор материала и обработка данных.

Т.А. Дороньева – сбор материала и обработка данных.

А.А. Филонова – сбор материала и обработка данных.
М.П. Семенова – сбор материала и обработка данных, редактирование.

Ю.В. Гущина – сбор материала и обработка данных.

Ю.Н. Павленко-Михайлов – сбор литературных данных, обработка данных.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Журавлевой Любви Алексеевне – главному врачу ФГБУЗ ЦГиЭ № 107 и сотрудникам промышленно-санитарной лаборатории (заведующий Эль Гааб Елена Михайловна) за оказание содействия в организации и проведении исследований.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов при выполнении работы и подготовки данной статьи.

Источники финансирования

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».

Литература

1. Решение Экономического совета СНГ о докладе «Реабилитация территорий государств-участников Содружества Независимых Государств, подвергшихся деятельности урановых производств» (Вместе с Рабочей группой по подготовке Доклада) (Принято в г. Москве 27.12.2006). URL: http://www.conventions.ru/view_base.php?id=9680 (Дата обращения: 21.03.2022).
2. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Под общ. ред. Е.В. Евстратова, А.М. Агапова, Н.П. Лаверова, Л.А. Большова, И.И. Линге. М.: 2012 г. Т.1, 356 с.
3. Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. Под ред. ч.-корр. РАН Н.С. Касимова и проф. А.Е. Воробьева. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. 395 с.

4. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2004 году. Ежегодник. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2005. 288 с.
5. Маринов Б.Н., Голованов О.Г. Распределение и формы миграции токсичных компонентов в природных водах на территории Стрельцовского рудного поля. Геоэкологическое исследование и охрана недр. Информ. сб. ГЕОИНФОРММАРК. М., 1995. № 2. С. 34 – 42.
6. Седьмое заседание Комиссии стран-участников СНГ по использованию атомной энергии в мирных целях 23 июня 2005 г. Реабилитация территорий, подвергшихся деятельности урановых производств. Докладчик кандидат технических наук Кошкин Юрий Иосифович. Киев. URL: <https://4lib.org/book/3201780/4f251f?id=3201780&secret=4f251f> (Дата обращения: 21.03.2022).
7. Межгосударственная целевая программа «Рекультивация территорий государств, подвергшихся воздействию уранодобывающих производств» Приложение к Решению Совета глав правительств СНГ о внесении изменений в Межгосударственную целевую программу «Рекультивация территорий государств, подвергшихся воздействию уранодобывающих производств» от 2 ноября 2018 года.
8. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2010 году. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2074801/> (Дата обращения: 21.03.2022).
9. Отчет по экологической безопасности ПАО «ППГХО» за 2017 год. URL: https://priargunsky.armz.ru/images/File/priargunsky/2018/ppgho_ecology_report_2017.pdf?ysclid=I10mfmevk9 (Дата обращения: 21.03.2022).
10. Отчет по экологической безопасности ПАО «ППГХО» за 2018 год. URL: http://www.priargunsky.armz.ru/images/File/priargunsky/2019/ecology_report_2018.pdf (дата обращения: 21.03.2022).
11. Сводный информационно-аналитический материал «Итоги реализации федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 – 2020 годы и на период до 2030 года» в 2016–2020 гг.». М.: Госкорпорация «Росатом», 2021. 134 с.

Поступила: 13.07.2022 г.

Титов Алексей Викторович – старший научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна. **Адрес для переписки:** 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46; E-mail: titov_fmbc@mail.ru

ORCID  <http://orcid.org/0000-0002-3797-2677>

Шандала Наталия Константиновна – доктор медицинских наук, заместитель генерального директора по науке и биофизическим технологиям, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия

ORCID  <http://orcid.org/0000-0003-1290-3082>

Бельских Юрий Сергеевич – научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия

ORCID  <http://orcid.org/0000-0001-6013-6610>

Серегин Владимир Александрович – старший научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия

ORCID  <https://orcid.org/0000-0001-9883-1571>

Дороньева Татьяна Алексеевна – научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия

ORCID  <https://orcid.org/0000-0001-6826-1934>

Филонова Анна Александровна – старший научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия

ORCID  <https://orcid.org/0000-0002-0832-2878>

Семенова Мария Петровна – старший научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия

ORCID  <http://orcid.org/0000-0003-0904-0415>

Гущина Юлия Валерьевна – младший научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия

ORCID  <https://orcid.org/0000-0002-5953-4475>

Павленко-Михайлов Юрий Назарович – ведущий научный сотрудник лаборатории радиационной коммунальной гигиены, Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия

Для цитирования: Титов А.В., Шандала Н.К., Бельских Ю.С., Серегин В.А., Дороньева Т.А., Филонова А.А., Семенова М.П., Гущина Ю.В., Павленко-Михайлов Ю.Н. Радиационная обстановка на территории площадки уранового наследия в пади Бамбакай (Забайкальский край) // Радиационная гигиена. 2022. Т. 15, № 3. С. 72-81. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-3-72-81

Radiation situation in the territory of the uranium legacy site in the Bambakai Valley (Transbaikal Territory)

Aleksey V. Titov, Nataliya K. Shandala, Yuriy S. Belskikh, Vladimir A. Seregin, Tatyana A. Doroneva, Anna A. Filonova, Mariya P. Semenova, Yuliya V. Gushchina, Yuriy N. Pavlenko-Mikhaylov

State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

The article presents the results of a study of the current radiation situation at the uranium legacy site located in the territory of the Bambakai Valley (Transbaikal Territory), formed in the period from 1973 to 1989 due to the discharge of mine water. During the radiation survey, the method of pedestrian gamma survey was used to measure the ambient dose equivalent rate. Soil sampling was carried out to study the radionuclide specific activities in the soil. The activity of gamma-emitting radionuclides in the samples was measured with a stationary gamma spectrometer. The activities of ^{210}Po and ^{210}Pb were measured after their radiochemical extraction from samples. It was found that the values of ambient dose equivalent rate in the territory of the valley varied over the wide range from 0.1 to 1.4 $\mu\text{Sv/h}$ in the areas under manmade contamination. The estimated average value of the gamma background for this place is $0.14 \pm 0.02 \mu\text{Sv/h}$. The specific activities of ^{238}U , ^{226}Ra , ^{235}U , ^{210}Pb and ^{210}Po in the surface 10-cm soil layer at the site are from 10-40 times higher than the background values. The most part of radionuclides in the soil is in the acid-soluble form. Effective doses of the workers involved in hay harvesting in the area of the fallow land do not exceed 1.5 $\mu\text{Sv/year}$. Doses of terrestrial environmental media (grass, earthworms) are 100 and more times lower than the safe level of exposure to biota.

Key words: ambient dose equivalent, gamma radiation, geological survey, natural radionuclides, radiation survey, the specific activity, radionuclide forms, mine waters.

The individual contributions of authors

Aleksey V. Titov – the concept and design of the study, writing a text.

Nataliya K. Shandala – the concept and design of the study; writing a text, editing.

Yuriy S. Belskikh – collection and processing of material; writing a text.

Aleksey V. Titov

State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center

Address for correspondence: Zhivopisnaya Str., 46, Moscow, 123098; E-mail: titov_fmabc@mail.ru

Vladimir A. Seregin – collection and processing of material.
Tatyana A. Doroneva – collection and processing of material.

Anna A. Filonova – collection and processing of material.
Mariya P. Semenova – collection and processing of material, editing.

Yuliya V. Gushchina – collection and processing of material.
Yuriy N. Pavlenko-Mikhaylov – collection of literature data, and processing of material.

Acknowledgements

The authors are grateful to Zhuravleva Lyubov Alekseevna, Chief Physician of the Federal State Budgetary Institution Central Sanitary and Epidemiological Hospital No. 107, and the staff of the industrial and sanitary laboratory (Head Elena Mikhailovna) for their assistance in the organization and conduct of the research.

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflicts of interest when conducting the study and preparing this article.

Sources of funding

The work was financed under the State Contract No. 10.002.19.2 with the Federal Medical-Biological Agency as part of the Federal Target Program «Nuclear and Radiation Safety for 2016-2020 and for the period until 2030».

References

- Decision of the CIS Economic Council on the report "Remediation of the territories of the member states of the Commonwealth of Independent States affected by the activities of uranium production" (Together with the Working Group on the Report Preparing) (Approved in Moscow 27.12.2006). Available on: http://www.conventions.ru/view_base.php?id=9680. (Accessed: 21.03.2022). (In Russian).
- Nuclear Legacy Problems and Ways to Solve Them. Gen. Ed. Evstratov EV, Agapov AM, Laverov NP, Bolshov LA, Linge I.I. Moscow; 2012. Vol. 1, 356 p. (In Russian).
- Geochemical Barriers in the Area of the Hyper-genesis. Ed. Corr. member RAS Kasimov NS and Prof. Vorobyev AE. Moscow: Publ.house of the Moscow University; 2002. 395 p. (In Russian).
- Radiation Situation in the Territory of Russia and Adjacent Countries in 2004. Annual. Moscow: Roshydromet Meteorological Agency; 2005. 288 p. (In Russian).
- Marinov BN, Golovanov OG. Distribution and Migration Forms of Toxic Components in Natural Waters in the Territory of the Streltsov Ore Field. Geo-Ecological Study and Subsoil Protection. Inform. Book GEOINFORMMARK. Moscow; 1995. No. 2. P. 34 – 42. (In Russian).
- The Seventh Meeting of the CIS Member States on Atomic Energy Peaceful Use, June 23, 2005. Remediation of Territories Affected by Uranium Mining Activities. The speaker – PhD. in Tech.Sci. Koshik Y.I. Kiev. Available on: <https://4lib.org/book/3201780/4f251f?id=3201780&secret=4f251f> (Accessed: 21.03.2022). (in Russian).
- Interstate Target Program "Remediation of Territories of the States Affected by the Uranium Mining Activities" Annex to the Solution of the Council of the CIS Government Heads on Amendments in the Interstate Target Program "Remediation of the Territories of the States Affected by The Uranium Mining Activities" dated November 2, 2018. (In Russian).
- Annual Report on the Activity of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision in 2010. Available on: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2074801/> (Accessed: 21.03.2022). (In Russian).
- Environmental Safety Report of the PJSC PIMCU of 2017. Available on: https://priargunsky.armz.ru/images/File/priargunsky/2018/ppgho_ecology_report_2017.pdf?ysclid=110m-fmevk9 (Accessed: 21.03.2022). (In Russian).
- Environmental Safety Report of the PJSC PIMCU of 2018. Available on: http://www.priargunsky.armz.ru/images/File/priargunsky/2019/ecology_report_2018.pdf (Accessed: 21.03.2022). (In Russian).
- Summary Information and Analytical Material "Results of the Implementation of the Federal Target Program Assuring Nuclear and Radiation Safety for 2016 – 2020 and for the Period up to 2030" in 2016–2020". Moscow: The State Corporation "Rosatom"; 2021. 134 p. (In Russian).

Received: July 13, 2022

For correspondence: Aleksey V. Titov – Senior Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency (Zhivopisnaya Str., 46, Moscow, 123098; E-mail: titov_fmbc@mail.ru)

ORCID  <http://orcid.org/0000-0002-3797-2677>

Nataliya K. Shandala – M.D., Ph.D., Science and Biophysics Technologies Deputy Director General, Doctor of Medical Science, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

ORCID  <http://orcid.org/0000-0003-1290-3082>

Yuriy S. Belskikh – Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

ORCID  <http://orcid.org/0000-0001-6013-6610>

Vladimir A. Seregin – Senior Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

ORCID  <https://orcid.org/0000-0001-9883-1571>

Tatyana A. Doroneva – Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

ORCID  <https://orcid.org/0000-0001-6826-1934>

Anna A. Filonova – Senior Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

ORCID  <https://orcid.org/0000-0002-0832-2878>

Mariya P. Semenova – Senior Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia,
ORCID  <http://orcid.org/0000-0003-0904-0415>.

Yuliya V. Gushchina – Junior Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia
ORCID  <https://orcid.org/0000-0002-5953-4475>.

Yuriy N. Pavlenko-Mikhaylov – Leading Researcher of Laboratory of Radiation Public Hygiene, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

For citation: Radiation Situation in the Territory of the Uranium Legacy Site in the Bambakai Valley (Transbaikal Territory) Titov A.V., Shandala N.K., Belskikh Yu.S., Seregin V.A., Doroneva T.A., Filonova A.A., Semenova M.P., Gushchina Yu.V., Pavlenko-Mikhaylov Yu.N. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2022. Vol. 15, No. 3. P. 72-81. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-3-72-81