

Ю.С. Бельских, Н.К. Шандала, А.В. Титов, Д.В. Исаев, М.П. Семенова,
В.А. Серегин, Т.А. Дороньева, Ю.В. Гущина, А.А. Филонова

РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ РУДНИКА № 2 ЛЕРМОНТОВСКОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ «АЛМАЗ»

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

Контактное лицо: Юрий Сергеевич Бельских, e-mail: yourbelk@yandex.ru

РЕФЕРАТ

Цель: Анализ современной радиационной обстановки на территории в районе рудника № 2 Лермонтовского производственного объединения «Алмаз» после проведения рекультивации.

Материал и методы: При радиационном обследовании для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы использовался метод пешеходной гамма-съемки с помощью портативного спектрометрического комплекса МКС-01А «Мультирад-М».

Для исследования удельной активности радионуклидов в грунте проводился отбор проб почвы. Активность гамма-излучающих радионуклидов измерялась на стационарном гамма-спектрометре фирмы CANBERRA. Измерение активности ^{210}Po и ^{210}Pb проводилось на радиометрической установке УМФ-2000 после их радиохимического выделения.

Кратковременные измерения ЭРОА радона проводились аэрозольным альфа-радиометром РАА-20П2 «Поиск».

Результаты: После рекультивации на всех отвалах, за исключением локальных участков в районе штолен №№ 9, 10 и 11, мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения не превышает 0,5 мкЗв/ч.

На территории в районе штольни № 9 мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения достигает значений 0,55 мкЗв/ч, в районе штольни № 10 – 5 мкЗв/ч и более, а в районе штольни № 11 – до 0,9 мкЗв/ч.

На территориях в районе всех штолен, кроме штольни № 11, почва не относится к твердым радиоактивным отходам. На небольшом участке в районе штольни № 11 содержание радионуклидов в почве превышает критерии отнесения к твердым радиоактивным отходам.

ЭРОА радона на исследованной территории в основном не превышала 30 Бк/м³. Повышенные уровни – до 200 Бк/м³ – наблюдались на территории отвалов штолен, устья которых не полностью изолированы (штольни №№ 6, 7, 10). Причем непосредственно у устья штольни № 10 значения ЭРОА радона достигали значений 65000±11000 Бк/м³.

Заключение: В настоящее время в районе всех штолен, за исключением штолен № 10 и № 11, радиационная обстановка удовлетворяет требованиям, установленным в проекте по рекультивации в соответствии с «Санитарными правилами ликвидации, консервации и репрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд», и пребывание на этих территориях не представляет опасности для населения.

Ключевые слова: гамма-излучение, естественные радионуклиды, отвалы, предприятие по добыче и переработке урановых руд, радиационное обследование, рекультивация

Для цитирования: Бельских Ю.С., Шандала Н.К., Титов А.В., Исаев Д.В., Семенова М.П., Серегин В.А., Дороньева Т.А., Гущина Ю.В., Филонова А.А. Радиационная обстановка в районе расположения рудника № 2 Лермонтовского производственного объединения «Алмаз» // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2022. Т. 67. № 3. С. 21–25. DOI:10.33266/1024-6177-2022-67-3-21-25

Yu.S. Belskikh, N.K. Shandala, A.V. Titov, D.V. Isaev, M.P. Semenova,
V.A. Seregin, T.A. Doroneva, Yu.V. Gushchina, A.A. Filonova

Current Radiation Situation at the Remedied Dumps of Mine No. 2 of the Lermontov Production Association Almaz

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

Contact person: Yu.S. Belskikh, e-mail: yourbelk@yandex.ru

ABSTRACT

Purpose: Assessment of the current radiation situation around dumps of mine No. 2 of the Lermontov Production Association Almaz after remediation.

Material and methods: The methods of pedestrian gamma survey using the portable spectrometric complex MKS-01A “Multirad-M”.

Soil sampling was used to measure radionuclide specific activities. Activities of gamma emitting radionuclides were measured by a stationary gamma spectrometer of the CANBERRA Company. Activities of ^{210}Po and ^{210}Pb following radiochemical separation of these radionuclides were measured using the radiometric installation UMF-2000.

Short-term measurements of radon EEC were carried out with aerosol alpha-radiometer RAA-20P2 Poisk.

Results: After remediation, gamma ambient dose equivalent rate does not exceed 0,5 $\mu\text{Sv/h}$ at all dumps, with the exception of local areas around tunnels No. 9, 10 and 11.

In the area around tunnel No. 9, gamma ambient dose equivalent rate reaches 0,55 $\mu\text{Sv/h}$, in the area of tunnel No. 10–5 $\mu\text{Sv/h}$ and higher, and in the area of tunnel No. 11 – up to 0,9 $\mu\text{Sv/h}$.

In the areas around all tunnels, except for tunnel No.11, soil does not belong to solid radioactive waste. In a small area near tunnel No. 11, the content of radionuclides in the soil exceeds the criteria for classifying as solid radioactive waste.

Radon EEC in the surveyed area generally did not exceed 30 Bq/m³. Increased values up to 200 Bq/m³ were registered in the area of tunnel dumps, the mouths of which were not fully isolated (tunnels No. 6, 7 and 10). Moreover, directly at the mouth of tunnel No. 10, radon EEC values reached 65000±11000 Bq/m³.

Conclusions: At all surveyed remedied dumps, except for dumps of tunnels No. 10 and 11, the radiation situation in some areas does not meet the requirements established in the remediation project in accordance with the "Health Care Rules for the Closure, Conservation and Conversion of Enterprises for the Mining and Milling Radioactive Ores" and stay in these territories does not pose a hazard to the population.

Keywords: *gamma radiation, natural radionuclides, dumps, uranium mining and milling facility, radiation survey, remediation*

For citation: Belskikh YuS, Shandala NK, Titov AV, Isaev DV, Semenova MP, Seregin VA, Doroneva TA, Gushchina YuV, Filonova AA. Current Radiation Situation at the Remedied Dumps of Mine No. 2 of the Lermontov Production Association Almaz. Medical Radiology and Radiation Safety. 2022;67(3):21–25. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2022-67-3-21-25

Введение

Геолого-разведочные работы на Быкогорском урановом месторождении проводились в 1949–1953 гг. вскрытием разведочных штолен на различных горизонтах. У устья штолен были отсыпаны отвалы горнорудной массы без разделения на пустую породу и забалансовую руду [1].

Штольни пройдены на четырех горизонтах. Основной выдачной штольной была штольня № 11.

Добыча урановой руды на руднике № 2 (гора Бык) началась в 1954 г. В первые годы месторождение разрабатывалось методом выемки горизонтальных слоев с закладкой, а с 1958 г. была применена система с магазинированием руды.

С 1961 по 1965 гг. забалансовая руда, складываемая ранее у устьев штолен, была вывезена к штольне № 11 и переработана на опытной установке траншейным выщелачиванием. Положительные результаты, полученные на траншейной установке, послужили основанием для организации процесса кучного выщелачивания забалансовых руд, выдаваемых на поверхность от горнопроходческих работ. Площадка для кучного выщелачивания также располагалась в долине балки у штольни № 11. Внизу под отвалами были созданы пруды-накопители.

Кучное выщелачивание урана и подземное выщелачивание без разрушения скального массива проводились на руднике с 1966 г. [1] Было переработано 244 тыс. тонн горнорудной массы¹.

Рудник № 2 был закрыт в 1991 г.

Работы по ликвидации рудника № 2 выполнялись до 1994 г. [2]. В 1997–2009 гг. были проведены дополнительные работы по поддержанию в безопасном состоянии отвалов породы ликвидированных и законсервированных штолен. Однако из-за ограниченности финансирования они не были реализованы полностью.

По данным на 2011 г., на территории рудника № 2 имелось:

- 20 окончательно незакрытых горных выработок (устья штолен, стволы шахт и вентиляционные стволы);
- 13 отвалов горных пород, приуроченных к устьям штолен, общей площадью 33,41 га, с превышением гамма-фона;
- 1 источник подземных вод, вытекающий из горной выработки (штольня № 9);
- 2 пруда кучного выщелачивания в районе штольни № 11^{2,3}.

¹ Шахтерская энциклопедия. Лермонтовский рудник № 2. http://miningwiki.ru/wiki/Лермонтовский_рудник_№2.

² Проектная документация. Раздел 8. Перечень мероприятий по охране окружающей среды. Книга 1. Рудник №1 (г. Бештау), рудник №2 (г. Бык), хвостохранилище ГМЗ. Перечень мероприятий по охране окружающей среды в период

Отвалы штолен рудника № 2 за прошедшие с момента закрытия предприятия годы заросли травой, кустарником и древесной растительностью. Большинство отвалов уже являются опорной частью склонов. В то же время отвалы, расположенные на крутых склонах, подвержены осыпаниям, либо подмыву паводковыми водами.

По данным работы, в 2000 г. мощность дозы гамма-излучения на отвалах в основном колеблется в пределах 0,16–0,26 мкГр/ч и только на отдельных локальных участках достигает значений 0,6 мкГр/ч [3].

Работы по дополнительной рекультивации объектов ЛПО «Алмаз» были включены в Федеральную целевую программу (ФЦП) «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» в качестве одной из приоритетных задач отдельным пунктом («Рекультивация хвостохранилища, объектов гидрометаллургического завода и урановых рудников № 1 и № 2, включая проектно-изыскательские работы бывшего госпредприятия «Алмаз» (г. Лермонтов, Ставропольский край)»)^{4,5}.

Рекультивация отвалов рудника № 2 проводилась в соответствии с требованиями СП ЛКП-91⁶.

Комплекс работ по рекультивации рудника № 2 включал:

- подготовительные работы;
- ликвидацию существующих зданий и сооружений;
- рекультивацию приштольневых отвалов и загрязненных территорий;
- закрытие горных выработок, выходящих на земную поверхность.

Предусматривалось выполаживание крутых откосов, укрепление участков, подверженных водной эрозии, и закрытие поверхности отвалов.

Целью настоящей статьи является оценка радиационной обстановки на территории рудника в настоящее время.

выполнения рекультивационных работ. Ц-ОД/ИФ02-10-11/09-ООС1. Том 8.1. 2011.

³ Заключение экспертной комиссии государственной экологической экспертизы проектной документации «Рекультивация хвостохранилища ГМЗ и урановых рудников №1 и №2 бывшего предприятия «Алмаз» (г. Лермонтов, Ставропольский край)», г. Ставрополь, май 2013 г.

⁴ ФГУП «РосРАО»: Проекты реабилитации загрязненных территорий. Атомная энергия 2.0. URL: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2012/08/17/35351> (дата обращения 01.02.2021)

⁵ Концепция федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года». Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2007 г. № 484-р.

⁶ СП ЛКП-91. Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд. МЗ СССР. 1991 г.

Материал и методы

В процессе исследований в 2019–2021 гг. были выполнены измерения следующих параметров радиационной обстановки:

- мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД ГИ) на высоте 1 м от поверхности почвы;
- удельной активности (УА) радионуклидов в поверхностном 10 см слое почвы;
- кратковременные измерения эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона.

Для измерения значений МАЭД ГИ применялся метод непрерывной пешеходной гамма-съемки с помощью портативного спектрометрического комплекса МКС-01А «Мультирад-М» (Россия) и дозиметра-радиометра «МКС-АТ6101с» (Россия) с привязкой к географическим координатам с использованием глобальной навигационной системы GPS. Диапазон регистрируемых энергий гамма-излучения МКС-01А «Мультирад-М» с блоком детектирования БДКС-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 ГИ – от 0,03 до 2,0 мкЗв/ч, составляет не более 20–25 %.

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

Измерение удельной активности ^{210}Po и ^{210}Pb проводилось на альфа-бета радиометре УМФ-2000 после их радиохимического выделения из проб в соответствии с МУК 4.3.051–2011⁷.

Кратковременные измерения ЭРОА радона проводились аэрозольным альфа-радиометром РАА-20П2 «Поиск».

Характеристика обследуемой территории

Горный отвод бывшего рудника № 2 (гора Бык) находится у посёлка Быкогорка Предгорного района Ставропольского края. Территория горного отвода охватывает гору Бык (рис. 1).



Рис. 1. Территория в районе рудника № 2 с номерами штолен
Fig. 1. Area around mine No. 2 with the tunnel numbers

⁷ МУК 4.3.051–2011. «Свинец-210 и полоний -210. Определение удельной активности в пробах почвы, растительности и пищевых продуктах после электролитического осаждения на никелевом диске».

Рельеф участка гористый с отметками от 435,4 м (устье штольни № 9) до 817,4 (вершина горы Бык). Поверхность горы покрыта степным разнотравьем и частично залесена. Имеются скальные выходы коренных пород. Междугорья расчленены системой балок, по которым периодически проходят временные водотоки. Постоянные водотоки на территории отсутствуют.

На юге и юго-западе от рудника расположен посёлок Быкогорка, а на юго-востоке – бывшая промышленная зона ликвидированного рудника, используемая ныне в частном порядке как производственная база⁸ (см. рис.1).

Большинство штолен и отвалов расположено на западных и юго-западных склонах горы Бык, в непосредственной близости к посёлку Быкогорка.

Территория в районе штолен № 11м № 11бис используется для заготовки сена и выращивания сельхозпродукции (подсолнуха).

В районе штолен № 11м № 11бис расположены два пруда, образовавшихся при проведении кучного выщелачивания, вода из которых не используется населением, но в период ливневых дождей при переполнении прудов может по склону поступать на близлежащие территории.

В проекте рекультивации фоновое значение гамма-излучения принято равным 0,2 мкЗв/ч.

По нашим данным, фоновые значения МАЭД ГИ на рассматриваемой территории варьируют в пределах от 0,1 мкЗв/ч на равнинной территории, до 0,23 мкЗв/ч в горной части местности.

Результаты и обсуждение

Современное состояние устьев штолен

Устья штолен №№ 1, 2, 3, 4, 5, 8, 11, 12, 13, 14 ликвидированы.

Как видно из рис. 2, в устьях штолен №№ 6, 7, 9, 10 и 15 имеются отверстия.



Рис. 2. Устья штолен
Fig. 2. The tunnel mouths

⁸ Проектная документация. Раздел 7 «Проект организации работ по рекультивации». Часть 1 «Рудник № 1 (г. Бештау). Рекультивация приштольневых отвалов, изоляция устьев горных выработок, выходящих на земную поверхность». Рекультивация хвостохранилища ГМЗ и урановых рудников № 1 и № 2 бывшего госпредприятия «Алмаз» (г. Лермонтов, Ставропольский край). Официальный государственный сайт www.zakupki.gov.ru.

Из устья штольни № 9 вытекает шахтная вода, поступающая в пруд фермерского хозяйства. Из устья штольни № 15 также вытекает вода, распространяющаяся вниз по склону.

Радиационная обстановка

На рис. 3 показаны обследованные территории с указанием значений МАЭД ГИ.

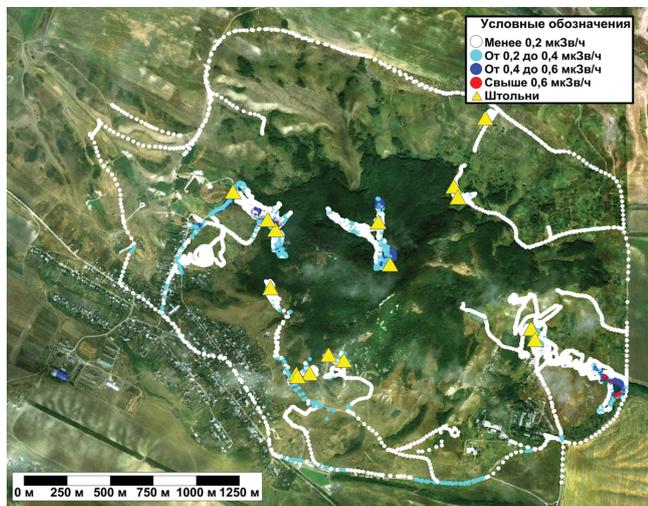


Рис. 3. Обследованные территории на руднике № 2
Fig. 3. Surveyed areas of mine No.2

Результаты измерения МАЭД ГИ в районе штолен представлены и на рис. 4 и в табл. 1–2.

Максимальные уровни МАЭД ГИ имеют место у устья штольни № 10. Как видно из табл. 2, удельные активности радионуклидов в почве у штольни № 10 существенно не отличаются от соответствующих величин на других территориях. В то же время у штольни № 10

Таблица 1

Мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения в районе штолен
Gamma ambient equivalent dose rate in the area around the tunnels

Место измерения	Максимальное значение МАЭД ГИ, мкЗв/ч	ЭРОА района, Бк/м ³
Штольня 1	0,45	14±6
Штольня 2	0,5	7±3
Штольня 3	0,22	4±3
Штольня 4	0,34	2±1
Штольня 5	0,32	2±1
Штольни 6 и 7	0,31	165±30
Штольня 8	0,43	27±10
Штольня 9	0,55	3±3
Штольня 10	более 5,0	65000±11000 у устья
		200±25 на отвале
Штольни 11 и 11бис: отвал загрязненный участок	0,4	7±3
	0,9	–
Штольня 12	0,16	5±3
Штольня 13	0,24	10±3
Штольня 14	0,5	26±11
Штольня 15	0,2	2±1
Поселок Быкогорка	0,15	–
Место выпаса скота	0,17	–

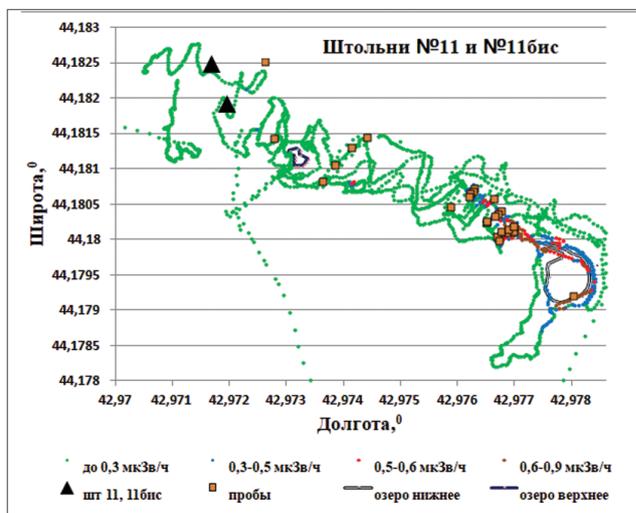
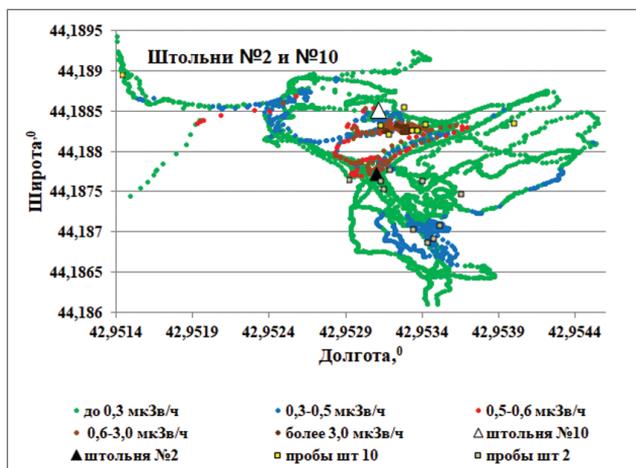
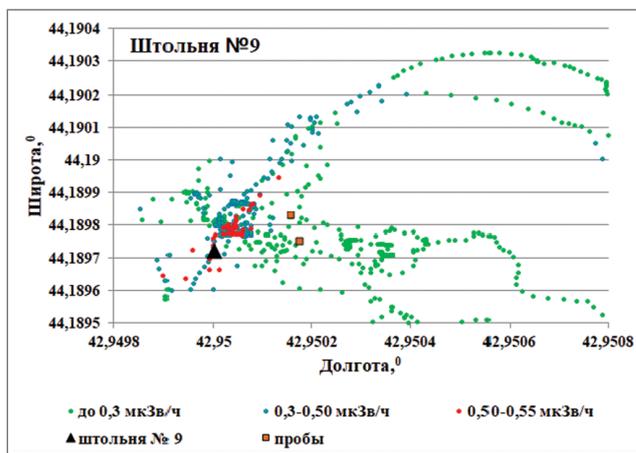


Рис. 4. Результаты гамма-съемки на территории у штолен
Fig. 4. Data of gamma-survey in the area around the tunnels

уровни МАЭД ГИ более чем на порядок выше. Высокие уровни МАЭД ГИ у устья штольни № 10 обусловлены излучением короткоживущих дочерних радионуклидов радона, поступающего из отверстий в устье штольни. Выход радона зависит от метеорологических условий. В период интенсивного потока воздуха из отверстий у устья штольни № 10, и соответственно радона, ЭРОА радона в районе устья достигала значений 65000±11000 Бк/м³ и существенно отличалась от значений ЭРОА на отвале (200±25 Бк/м³).

Максимальные значения МАЭД ГИ в районе штольни № 11 достигают 0,9 мкЗв/ч. Они регистрировались на территории, загрязненной водой из ручья, вытекающего из-

Таблица 2

Удельная активность радионуклидов в почве в районе штолен рудника № 2
Radionuclide specific activities in soil around the tunnels of mine No. 2

Место отбора	Удельная активность, Бк/кг							Соответствие критериям для отнесения к ТРО
	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²³⁵ U	²¹⁰ Pb	²³² Th	²¹⁰ Po	⁴⁰ K	
Штольня №10	33–250	21–480	1,9–26	36–660	19–69	40–720	350–750	0,06–0,25
Штольня №2	45–240	64–345	4,1–21	110–405	26–124	52–450	340–960	0,09–0,23
Штольня №11	18–47400	16–1400	1,4–2010	16–3100	18–1670	18–3400	290–810	0,03–5,2
Остальные штольни	67–230	20–230	1,0–16	16–260	18–64	40–220	280–560	0,05–0,15

под склона в основном в период дождей. Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что почва на этом участке относится к ТРО⁹. На остальной территории у штольни № 11 радиационная обстановка не отличается от фоновой.

На остальных отвалах критерии рекультивации по МАЭД ГИ выполняются.

В районе поселка Быкогорка, на территории, обращенной к горе Бык и используемой для выпаса коров и овец, и на территории самого поселка значения МАЭД ГИ также не отличаются от фоновых значений.

Заключение

Обследование, проведенное в 2019–2021 гг. на территории рудника № 2, показало, что:

1. Не все устья штолен изолированы. Имеются отверстия в устьях штолен №№ 6, 7, 9, 10 и 15. Рядом с устьем штольни № 10 имеется отверстие. Все отверстия имеют небольшую площадь, и через них проникновение человека в горные выработки невозможно. Однако они являются дополнительными источниками выхода радона в атмосферу.
2. Радиационная обстановка в целом удовлетворительная, принятые в проекте рекультивации критерии на

⁹ 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”.

большинстве отвалов выполняются. Значения МАЭД ГИ на отвалах не превышают 0,6 мкЗв/ч. Исключение составляют территории в районе штолен №№ 10 и 11. У устья штольни № 10 значения МАЭД ГИ достигают 5 мкЗв/ч. Повышенные уровни обусловлены гамма-излучающими дочерними радионуклидами радона, выходящими из устья штольни.

Непосредственно на территории отвала штольни № 11 значения МАЭД ГИ не превышают 0,3 мкЗв/ч. Но в районе штольни имеются загрязненные участки, на которых МАЭД ГИ достигает 0,9 мкЗв/ч. Загрязнение территории связано с выносом радионуклидов с водой ручья, вытекающего из-под склона горы в период дождей.

3. На всех отвалах почва не относится к твердым радиоактивным отходам. На загрязненном участке в районе штольни № 11 критерии отнесения к ТРО превышаются до 5 раз.
4. Значения ЭРОА радона на территории отвалов не превышают фоновые значения. Высокие значения ЭРОА радона имеют место непосредственно у неизоллированных штолен.
5. На территории поселка Быкогорка и на территории, используемой для выпаса коров и овец, значения МАЭД ГИ не превышают 0,2 мкЗв/ч.
6. Нахождение населения на территории в районе штолен, за исключением штолен № 10 и № 11, не представляет угрозы для здоровья.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Нестеров Ю.В., Петрухин Н.П. Создание и развитие минерально-сырьевой базы отечественной атомной отрасли. М., 2017.
2. Boitsov A.V., Komarov A.V., Nikolsky A.L. Environmental Impact of Uranium Mining and Milling in the Russian Federation 165-175 // Developments in Uranium Resources, Production, Demand and the Environment: Proceedings of a Technical Committee Meeting. Vienna, 15-18 June, 1999. IAEA, Vienna, 2004. IAEA-TECDOC-1425.
3. Евстратов Е.В., Агапов А.М., Лавров Н.П., Большов Л.А., Линге И.И. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Т.1. М.: ОАО «Энергопроманилитика», 2012. 356 с.

REFERECES

1. Nesterov Yu.V., Petrukhin N.P. Creation and Development of the Mineral Resource Base of the Russian Nuclear Industry. Moscow Publ., 2017 (In Russ.).
2. Boitsov A.V., Komarov A.V., Nikolsky A.L. Environmental Impact of Uranium Mining and Milling in the Russian Federation 165-175 // Developments in Uranium Resources, Production, Demand and the Environment: Proceedings of a Technical Committee Meeting. Vienna, 15-18 June, 1999. IAEA, Vienna, 2004. IAEA-TECDOC-1425.
3. Yevstratov Ye.V., Agapov A.M., Laverov N.P., Bolshov L.A., Linge I.I. Problemy Yadernogo Naslediya i Puti ikh Resheniya = Nuclear Legacy Problems and Ways to Solve Them. V.1. Moscow, Energopromanalitika Publ., 2012. 356 p. (In Russ.).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 17.01.2022. Принята к публикации: 15.03.2022.

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

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 17.01.2022. Accepted for publication: 15.03.2022.