

Читать
онлайн
Read
online

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

Исследование радиационной обстановки на отвалах рудника № 1 ЛПО «Алмаз» через 5 лет после проведения рекультивации

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна», 123098, Москва, Россия

Введение. В 2014–2015 гг. были завершены работы по рекультивации отвалов, расположенных в районе девяти штолен рудника № 1 Лермонтовского производственного объединения «Алмаз». В статье приведены результаты исследования радиационной обстановки на этих отвалах через пять лет после проведения рекультивации.

Материалы и методы. При проведении обследования использовали метод пешеходной гамма-съемки с помощью портативного спектрометрического комплекса MKS-01A «Мультирад-М» и метод отбора проб почвы с последующим измерением удельной активности радионуклидов на стационарном гамма-спектрометре фирмы CANBERRA. Измерение активности ^{210}Po и ^{210}Pb проводили на радиометрической установке УМФ-2000 после их радиохимического выделения.

Результаты. После проведенной рекультивации отвалов площади, на которых мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения была выше 0,5 мкЗв/ч, существенно снизилась и не превышает 10% от общей площади отвала, за исключением отвалов штольни № 42. На территории всех обследованных отвалов, кроме отвалов штолен № 10 и № 26, имеются участки, на которых мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения превышает значение 0,6 мкЗв/ч, что не допускается в соответствии с принятыми критериями рекультивации. Не все устья штолен изолированы.

Ограничения исследования. При сравнении содержания радионуклидов в почве с критериями отнесения к твердым радиоактивным отходам принято, что ^{238}U и ^{230}Th находятся в вековом равновесии. Не проводились измерения суммарной альфа-активности в почве и сравнение с критериями рекультивации по данному параметру.

Заключение. В настоящее время на всех обследованных рекультивированных отвалах, кроме отвалов штолен № 10 и № 26, радиационная обстановка на отдельных участках не удовлетворяет требованиям, установленным в проекте рекультивации.

Ключевые слова: гамма-излучение; естественные радионуклиды; критерии; отвалы; предприятие; удельная активность; штольня

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует заключения комитета по биомедицинской этике.

Для цитирования: Бельских Ю.С., Шандала Н.К., Титов А.В., Исаев Д.В., Семенова М.П., Оськина К.Ю., Гущина Ю.В., Филонова А.А. Исследование радиационной обстановки на отвалах рудника № 1 ЛПО «Алмаз» через 5 лет после проведения рекультивации. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(7): 736-740. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-736-740> <https://www.elibrary.ru/dfgcey>

Для корреспонденции: Бельских Юрий Сергеевич, науч. сотр. ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 123098, Москва. E-mail: yourbelk@yandex.ru

Участие авторов: Бельских Ю.С. – концепция и дизайн исследования, написание текста; Шандала Н.К. – концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Титов А.В. – сбор материала и обработка данных, написание текста; Исаев Д.В. – сбор данных литературы и материала, обработка данных; Семенова М.П. – сбор материала и обработка данных, редактирование; Оськина К.Ю., Гущина Ю.В., Филонова А.А. – сбор материала и обработка данных. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Благодарность. Авторы выражают благодарность сотрудникам ФГБУЗ ЦГиЭ № 101 ФМБА России за содействие в выполнении исследований.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 16.06.2022 / Принята к печати: 08.06.2022 / Опубликована: 31.07.2022

Iurii S. Belskikh, Nataliya K. Shandala, Alexey V. Titov, Dmitry V. Isaev, Mariya P. Semenova,
Kristina Yu. Oskina, Yuliya V. Gushchina, Anna A. Filonova

Investigation of the radiation situation at the dumps of the mine No. 1 of the LPO "Almaz" five years after recultivation

State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, 123098, Russian Federation

Introduction. The work was completed on the remediation of dumps located in the area of nine tunnels of mine No. 1 of the Lermontov production association "Almaz" over 2014–2015. The article presents the results of a study of the radiation situation on these dumps five years after the remediation.

Materials and methods. During the survey, the methods of pedestrian gamma survey were used using a portable spectrometric complex MKS-01A "Multirad-M" and soil sampling with subsequent measurement of the specific activity of radionuclides using a stationary gamma spectrometer manufactured by CANBERRA. The activity of ^{210}Po and ^{210}Pb was measured using a UMF-2000 radiometric setup after their radiochemical isolation.

Results. After the remediation of the dump areas, where gamma ambient dose equivalent rate exceeds 0.5 $\mu\text{Sv/h}$, areas significantly decreased and do not exceed 10% of the total dump area, with the exception of the dumps of tunnel No. 42.

On the territory of all surveyed dumps, except for dumps of tunnels No. 10 and No. 26, there are areas where gamma ambient dose equivalent rate exceeds 0.6 $\mu\text{Sv/h}$, which is prohibited in accordance with the adopted remediation criteria. Not all tunnel mouths are isolated.

Limitations. It is assumed that comparing the content of radionuclides in soil with the criteria for classifying them as solid radioactive waste ^{238}U and ^{230}Th are in secular equilibrium. Measurements of the total alpha-activity in the soil and comparison with the recultivation criteria for this parameter were not carried out.

Conclusion. At present, the radiation situation in some areas of all surveyed reclaimed dumps, except for the dumps of tunnels No. 10 and No. 26, does not meet the requirements established in the remediation project.

Keywords: gamma radiation; natural radionuclides; criteria; dumps; uranium mining and milling facility; radiation survey; remediation; mine; the specific activity; tunnel

Compliance with ethical standards: The study does not require a conclusion of the biomedical ethics committee.

For citation: Belskikh Yu.S., Shandala N.K., Titov A.V., Isaev D.V., Semenova M.P., Oskina K.Yu., Gushchina Yu.V., Filonova A.A. Investigation of the radiation situation at the dumps of the mine No. 1 of the LPO «Almaz» five years after recultivation. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(7): 736-740. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-736-740> <https://elibrary.ru/dfgcy> (in Russian)

For correspondence: Iurii S. Belskikh, researcher of the Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 123098, Moscow, Russian Federation. E-mail: yourbelk@yandex.ru

Information about the authors:

Belskikh Iu.S., <https://orcid.org/0000-0001-6013-6610>
Titov A.V., <https://orcid.org/0000-0002-3797-2677>
Semenova M.P., <https://orcid.org/0000-0003-0904-0415>
Gushchina Yu.V., <https://orcid.org/0000-0002-5953-4475>

Shandala N.K., <https://orcid.org/0000-0003-1290-3082>
Isaev D.V., <https://orcid.org/0000-0002-9687-628X>
Oskina K.Iu., <https://orcid.org/0000-0002-5469-4859>
Filonova A.A., <https://orcid.org/0000-0002-0832-2878>

Contribution: Belskikh Yu.S. — the concept and design of the study, writing a text; Shandala N.K. — the concept and design of the study, writing a text, editing; Titov A.V. — collection and processing of material, writing a text; Isaev D.V. — collection of literature data, collection and processing of material; Semenova M.P. — collection and processing of material, editing; Oskina K.Yu., Gushchina Yu.V., Filonova A.A. — collection and processing of material. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Acknowledgement. The authors express their gratitude to the staff of the Unit No. 101 of the Centre of Hygiene and Epidemiology of the FMBA of Russia. The study had no sponsorship.

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

Received: June 06, 2022 / Accepted: June 08, 2022 / Published: July 31, 2022

Введение

На руднике № 1 Лермонтовского производственного объединения «Алмаз» (ЛПО «Алмаз») по добыче и переработке урановых руд с 1950 до 1975 г. урановую руду извлекали подземным способом. Добытую руду транспортировали на гидromеталлургический завод для переработки, а горные породы, забалансовые руды и пустые породы складировали в отвалах в районе расположения штолен. Всего на руднике № 1 находятся 27 отвалов общей площадью 29,1 га [1–3].

Работы по ликвидации рудника № 1 проводили до 1994 г., но они не были выполнены в полном объёме. В 1997–2009 гг. провели дополнительные работы по поддержанию в безопасном состоянии отвалов породы ликвидированных и законсервированных штолен за счёт федерального бюджета и целевого бюджетного фонда Минатома России. Однако эти работы не реализованы полностью из-за ограниченности финансирования [4].

По данным на 2009 г. [5–7], практически на всех отвалах радиационная обстановка не соответствовала требованиям, установленным в СП ЛКП-91¹.

Рудник № 1 расположен непосредственно на территории памятника природы краевого значения «Гора Бештау» (Ставропольский край) в непосредственной близости от курортных городов Пятигорск, Железноводск и Минеральные Воды [8]. В связи с этим радиационная обстановка и её возможное ухудшение из-за неудовлетворительного состояния объектов бывшего уранового производства вызывают озабоченность общественности и местной администрации.

Упомянутые обстоятельства послужили поводом для продолжения работ по рекультивации объектов ЛПО «Алмаз» в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» [9]. В 2014–2015 гг. были рекультивированы отвалы штолен № 10, № 13 и № 13а, № 19, № 26, № 31 и № 31 бис, № 27, № 42 [10–12]. В соответствии с проектом рекультивации после окончания работ параметры радиационной обстановки на отвалах должны не превышать критериев, установленных в СП ЛКП-91 по лесохозяйственному направлению.

¹ Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд СП ЛКП-91, утверждённые Главным государственным санитарным врачом СССР 29 октября 1991 г. № 6028-91. МЗ СССР; 1991.

Предусматривалось выполаживание крутых откосов, укрепление участков, подверженных водной эрозии, покрытие поверхности отвала защитным слоем из местного грунта толщиной 0,5 м и почвенно-растительным слоем толщиной 10 см, который засеивается травой. По окончании рекультивации средняя мощность дозы гамма-излучения по всей площади рекультивированного объекта не должна превышать более чем на 20 мкР/ч (0,2 мкЗв/ч) уровня естественного фона, а в отдельных точках (не более 20%) — не более чем на 60 мкР/ч (0,6 мкЗв/ч). Естественный фон для данной местности определён равным 30 мкР/ч (0,3 мкЗв/ч) [5].

Кроме того, предполагалась изоляция устьев штолен для исключения возможности проникновения в выработки посторонних лиц, а также животных.

В соответствии с актами приёмки-передачи рекультивированных земель от 10.12.2014 и от 30.09.2015 г., утверждёнными председателями постоянной комиссии по рекультивации земель в г. Лермонтове, соответственно С.А. Полуляхом (2014 г.) и С.Р. Шахвалиевым (2015 г.), работы выполнены в соответствии с проектной документацией. Мощность дозы гамма-излучения после рекультивации не превышает 0,5 мкЗв/ч. Рекультивированные земли отвалов штолен № 10, № 42, № 19, № 26 и № 31 общей площадью 8,021 га и отвалов штолен № 13, № 13а и № 27 общей площадью 4,656 га приняты с последующей передачей в ведение администрации г. Лермонтова Ставропольского края для дальнейшего использования в рекреационных, природоохранных целях.

В доступных литературных источниках отсутствуют сведения о радиационной обстановке на отвалах рудника № 1 после проведения рекультивации.

Цель работы — оценка состояния штолен и радиационной обстановки на отвалах через 5 лет после проведения рекультивации.

Материалы и методы

В процессе исследований, проведённых в 2019–2021 гг., для сопоставления с принятыми критериями рекультивации выполняли измерения следующих параметров радиационной обстановки:

- мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД) на высоте 1 м от поверхности почвы;
- удельной активности (УА) радионуклидов в поверхностном слое почвы.

Таблица 1 / Table 1

Радиационная обстановка на территории отвалов перед проведением рекультивации земель
Radiation situation on the territory of dumps before the remediation

Номер штольни Tunnel number	Площадь отвалов, м ² / Dump area, m ²			Максимальное значение МАЭД, мкЗв/ч ADER value, μSv/h
	Всего Total	с МАЭД более 0,5 мкЗв/ч Ambient equivalent dose rate (ADER) higher 0.5 μSv/h	с МАЭД более 0,6 мкЗв/ч ADER higher 0.6 μSv/h	
10	32 000	8500	3000	1.2
13; 13а; 27	49 500	27 400	17 000	1.88
19	5300	5350	5350	1.8
26, 31	38 800	22 000	5400	1.25
42	28 000	12 100	1870	0.96

Таблица 2 / Table 2

Радиационная обстановка на территории отвалов после проведения рекультивации
Radiation situation on the territory of dumps after the remediation

Отвалы штолен Tunnel dumps	Максимальные значения МАЭД, мкЗв/ч The highest ADER values, μSv/h	Площадь отвалов с МАЭД более 0,5 мкЗв/ч The dump area with ADER more 0.5 μSv/h
№ 10	0.56	1 участок площадью около 200 м ² / 1 plot with an area of about 200 m ²
№ 13 и № 13а	0.85	3 участка площадью по 100–200 м ² / 3 plots with an area of 100–200 m ²
№ 19	1.2	2 участка площадью 500 и 100 м ² / 3 plots with an area of 500 m ² and 100 m ²
№ 27	2.2	4 участка (наибольший около 900 м ² , остальные 100–200 м ²) 4 plots (the largest is about 900 m ² , the rest 100–200 m ²)
№ 26, № 31 и № 31 бис	1.6	4 участка на территории отвалов штолен № 31 и 31 бис площадью 150–450 м ² 4 plots on the territory of the dumps of tunnels No. 31 and 31bis with an area of 150–450 m ²
№ 42	0.69	1 участок площадью 6000 м ² и 3 участка площадью около 100 м ² 1 plot of 6000 m ² and 3 plots of about 100 m ²

Для измерения значений МАЭД применяли метод непрерывной пешеходной гамма-съёмки с помощью портативного спектрометрического комплекса МКС-01А «Мультирад-М» (производитель ООО «НТЦ Амплитуда», 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 находится в пределах от 0,04 до 3 МэВ. Диапазон измерений МАЭД составляет от 0,03 до 60 мкЗв/ч. Предел допустимой основной относительной погрешности измерений в диапазоне МАЭД от 0,03 до 2 мкЗв/ч составляет не более 25%.

Измерение удельной активности ²³⁸U, ²³⁵U, ²²⁶Ra, ²¹⁰Pb, ²³²Th и ⁴⁰K в пробах поверхностного десятисантиметрового слоя почвы проводили по гамма-излучению этих радионуклидов или излучению их дочерних радионуклидов на гамма-спектрометре с полупроводниковым блоком детектирования BE5030 фирмы CANBERRA (США). Для установления равновесия между материнскими и дочерними радионуклидами счётные образцы выдерживали в герметичной ёмкости в течение 1 мес.

Измерение активности ²¹⁰Po и ²¹⁰Pb проводили на радиометрической установке УМФ-2000 после их радиохимического выделения в соответствии с МУК 4.3.051-2011².

Характеристика отвалов

Отвал штольни № 10 находится на правом склоне лога Гремячий.

Отвалы штолен № 13 и № 13а расположены на склоне между устьями штолен и на относительно ровной площадке в районе устья штольни № 13.

² 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. М.: 2011.

Отвал штольни № 19 располагается на площадке в районе устья штольни и по склону лога.

Отвалы штольни № 26 расположены на склоне ниже кольцевой дороги в восточном направлении от устья штольни.

Отвал штольни № 27 находится на склоне ниже окружной дороги под устьем штольни и на дне лога.

Отвалы штолен № 31 и № 31 бис расположены на склоне ниже устьев штолен вдоль кольцевой дороги, в отдельных местах пересекая её.

Отвал штольни № 42 расположен на склоне ниже устья штольни и состоит из 7 ярусов, высота которых около 15 м.

В настоящее время отвалы заросли травой и кустарниками и практически незаметны на общем фоне. На отвале штольни № 42 высажены сосны.

В табл. 1 приведены сведения об общей площади отвалов и площади участков с превышением критериев рекультивации до начала работ по рекультивации [6, 7].

В соответствии с данными табл. 1, до начала работ на всех отвалах имелись участки с превышением критериев рекультивации. На всей площади отвала штольни № 19 значения МАЭД превышали 0,6 мкЗв/ч. На отвалах штолен № 13 и № 13а, № 27, № 26 и № 31 площади участков со значениями МАЭД, превышающими 0,5 и 0,6 мкЗв/ч, составляли 43–62 и 7–48% от общей площади отвалов соответственно.

Результаты

При обследовании оценено состояние устьев штолен и территории рекультивированных отвалов, выполнено около 11 500 измерений МАЭД, а также проведён отбор 49 проб почвы.

Состояние устья штолен. Визуальный осмотр показал, что устья штолен № 13а, № 26, № 31 и № 42 забетонированы. Устья штолен № 10 и № 19 ликвидированы и не выделяются на фоне рельефа местности.

Таблица 3 / Table 3

Удельная активность радионуклидов в поверхностном слое почвы
Radionuclide specific activity in the surface soil layer

Отвалы штолен Tunnel dumps	Удельная активность, Бк/кг Specific activity, Bq/kg						Соответствие критериям для отнесения к твёрдым радиоактивным отходам* Compliance with the criteria for referring to solid radioactive waste*
	²³⁸ U	²³⁵ U	²²⁶ Ra	²³² Th	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Po	
№ 10	30–1200	4,0–94	37–1500	33–170	64–1850	71–2000	0.07–0.84
№ 13 и № 13а	50–2200	4,4–53	51–260	49–170	72–460	56–510	0.1–0.43
№ 19	96–780	3,7–100	45–1800	43–160	70–2400	77–2600	0.1–1.0
№ 27	27–500	1,6–37	15–350	15–100	62–2500	70–2700	0.1–0.66
№ 31, № 31 бис	27–300	1,6–24	15–290	15–140	84–470	93–520	0.04–0.33
№ 26	73–140	5,8–14	50–170	50–110	99–250	52–270	0.1–0.2
№ 42	36–1100	3,1–80	30–1360	25–170	61–1400	33–1600	0.06–0.71

Примечание. * – отношение удельной активности радионуклидов в почве к их предельным значениям для отнесения к твёрдым радиоактивным отходам.

Note: The ratio of the specific activity of radionuclides in soil to their limit values for referring to solid radioactive waste.

У устьев штолен № 13, № 27 и № 31 бис имеются отверстия (рис. 1–3, см. на вклейке).

Вход вентиляционной шахты штольни № 10 закрыт железобетонной плитой. В настоящее время плита сдвинута, а сбоку образовалась яма (рис. 4, см. на вклейке).

Площадь отверстий у устьев штолен небольшая: посторонние лица в отличие от мелких животных не могут проникнуть через них в штольни. Исключением является вход вентиляционной шахты штольни № 10. Такие отверстия являются источниками повышенного выхода радона из выработок в приземную атмосферу.

О неудовлетворительном состоянии стволов, вентиляционных шахт и горизонтальных выработок говорилось в докладе Межрегионального управления № 101 ФМБА России в 2017 г. [13], но выявленные недостатки устранены не были.

Радиационная обстановка на рекультивированных отвалах. Полученные результаты радиационного обследования отвалов в 2019–2021 гг. представлены в табл. 2, 3 и на рис. 5, 6 (см. на вклейке).

Обсуждение

Сравнение данных, приведённых в табл. 1 и 2, показывает, что в результате рекультивации максимальные значения МАЭД на всех отвалах практически не изменились. Однако при этом площади участков с МАЭД более 0,5 мкЗв/ч существенно снизились.

На всех отвалах, за исключением отвала штольни № 42, площади участков с МАЭД более 0,5 мкЗв/ч составляют менее 20% от общей площади. Тем не менее на территории всех отвалов, кроме отвала штольни № 10, имеются участки, на которых значения МАЭД превышают 0,6 мкЗв/ч, что не допускается в соответствии с проектом рекультивации и СП ЛКП-91.

В 2009 г. максимальные уровни МАЭД регистрировали на юго-восточной границе отвала (до 1 мкЗв/ч) штольни № 10 [7]. В настоящее время там же имеется небольшой участок площадью до 200 м² с максимальными значениями МАЭД – 0,56 мкЗв/ч. По-видимому, он образовался в результате размыва защитного слоя дождевыми потоками. В соответствии с критериями, установленными в постановлении Правительства Российской Федерации³, почва на

³ Постановление Правительства Российской Федерации от 19 октября 2012 г. № 1069 «О критериях отнесения твёрдых, 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 на 4 февраля 2015 г.).

этом участке близка к твёрдым радиоактивным отходам. Отношение удельной активности радионуклидов в почве к их предельным значениям составляет 0,84 ± 0,08. Рядом с вентиляционной шахтой штольни № 10 (территория, не относящаяся к отвалам) имеется небольшой участок, на котором МАЭД достигает значений 0,73 мкЗв/ч.

На равнинной части отвала штолен № 13 и № 13а (ниже устья штольни № 13) МАЭД не превышает 0,5 мкЗв/ч. Небольшие участки со значениями МАЭД более 0,5 мкЗв/ч (до 0,85 мкЗв/ч) расположены на склоне между устьями штолен.

На равнинной территории отвала штольни № 27 между двумя дорогами (см. рис. 6, а на вклейке) значения МАЭД также не превышают 0,5 мкЗв/ч. В западной и восточной частях отвала имеются участки с МАЭД более 0,6 мкЗв/ч (до 2,15 и 0,77 мкЗв/ч соответственно). Наибольшие по площади (до 1000 м²) участки находятся в балке в восточной части на дне лога. На отвалах штольни № 26 радиационная обстановка удовлетворяет требованиям рекультивации.

На отвалах штолен № 31 и № 31 бис значения МАЭД более 0,5 мкЗв/ч (максимальное значение 0,85 мкЗв/ч) зафиксированы на склоне между устьями штолен.

На отвале штольни № 42 имеется большой участок площадью около 6000 м² (примерно 21% от общей площади) в нижней части отвала и 3 небольших участка площадью около 100 м² в северо-западной части со значениями МАЭД более 0,5 мкЗв/ч (до 0,69 мкЗв/ч). Повышенные уровни МАЭД в нижней части этого отвала наблюдались и до проведения рекультивации [7].

В отчёте ОАО «ВНИПИПромтехнологии» за 2009 г. [7] отмечается наличие на отвале оползня. При проведении рекультивации данный оползень не был ликвидирован (рис. 7, см. на вклейке).

На территории отвала штольни № 19 площадью около 600 м² МАЭД превышает не только 0,5 мкЗв/ч, но и 0,6 мкЗв/ч. Отношение удельной активности радионуклидов в почве на этих участках к их предельным значениям составляет от 0,6 до 0,93.

Ограничения исследования. В настоящем исследовании рассмотрено выполнение критериев рекультивации, установленных для значений мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы. Измерения суммарной альфа-активности в почве и сравнение с критериями рекультивации по данному параметру не проводились.

При сравнении содержания радионуклидов в почве с критериями отнесения к твёрдым радиоактивным отходам принято, что ²³⁸U и ²³⁰Th находятся в вековом равновесии.

Заключение

Радиационное обследование рекультивированных отвалов рудника № 1, проведённое в 2019–2021 гг. специалистами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, показало, что проект рекультивации отвалов уранового рудника № 1 реализован не в полном объёме:

1. Критериям рекультивации, принятым в проекте, удовлетворяют только отвалы штолен № 10 и № 26.
2. Несмотря на снижение площадей участков с повышенными уровнями МАЭД, на отвалах остальных штолен имеются участки, где МАЭД превышает значение 0,6 мкЗв/ч.
3. На отвале штольни № 42 площадь территории со значениями МАЭД свыше 0,5 мкЗв/ч превышает 20% от общей площади отвала. Не проведено укрепление отвала штольни № 42 и не ликвидирован оползень.
4. На территории отвала штольни № 19 площадью около 600 м² значения МАЭД превышают 0,6 мкЗв/ч, а почва близка к твёрдым радиоактивным отходам.

5. Существует возможность проникновения посторонних лиц в штольни через вентиляционную шахту штольни № 10 в отличие от устьев других штолен, где такой возможности нет. Тем не менее эти отверстия являются источниками выхода радона в приземную атмосферу.

Стоит отметить, что расположение участков с повышенными значениями МАЭД, превышающими критерии, на рекультивированных отвалах в большинстве случаев совпадает с таковыми до проведения рекультивации. Это свидетельствует не только о нарушении проекта рекультивации, но и о недостаточном объёме проведённого пострадиационного радиационного контроля.

Причиной неудовлетворительного состояния отвалов и устьев штолен в настоящее время также является отсутствие программы долгосрочного радиационного и инженерного контроля на рекультивированной территории. Проведение такого контроля позволило бы своевременно выявлять нарушения защитного слоя на отвалах и изоляции устьев штолен и принимать соответствующие меры для их устранения.

Литература

1. Шахтёрская энциклопедия. Лермонтовский рудник № 1. Доступно: https://miningwiki.ru/wiki/Лермонтовский_рудник_№1
2. Евстратов Е.В., Агапов А.М., Лавров Н.П., Большов Л.А., Линге И.И., ред. *Проблемы ядерного наследия и пути их решения*. М.: Энергопром-аналитика; 2012.
3. Boitsov A.V., Komarov A.V., Nikolsky A.L. Environmental impact of uranium mining and milling in the Russian Federation. In: *Developments in Uranium Resources, Production, Demand and the Environment. Proceedings of a Technical Committee Meeting Held in Vienna, June 15–18, 1999*. Vienna: IAEA; 2004: 165–70.
4. ФГУП «РосРАО»: Проекты реабилитации загрязнённых территорий. Атомная энергия 2.0. <https://www.atomic-energy.ru/articles/2012/08/17/35351>
5. Конкурсная документация. Открытый одноэтапный конкурс в электронной форме на право заключения договора на выполнение работ «Рекультивация рудника № 1 и хвостохранилища по теме: «Рекультивация хвостохранилища, объектов Гидрометаллургического завода и урановых рудников № 1 и № 2, включая проектно-изыскательские работы, бывшего государственного предприятия «Алмаз» (г. Лермонтов, Ставропольский край)». <https://www.a-k-d.ru/tender/document/5d928882ff0f1760995e94b4dcd0cf7d>
6. Рекультивация хвостохранилища ГМЗ и урановых рудников № 1 и № 2 бывшего госпредприятия «АЛМАЗ» (г. Лермонтов, Ставропольский край). 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. Ц-ОД/ИФ02-10-11/09-ПОД1. Том 7.1. Доступно: <https://zakupki.kontur.ru/31401087319>
7. Отчёт о результатах инженерно-экологических изысканий на территории рудника № 1 (г. Бештау) г. Лермонтов, Ставропольский край. Этап 1 п.3. М.: ВНИПИПромтехнологии; 2009.
8. Паспорт памятника природы краевого значения «Гора Бештау». Утверждён Приказом Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края от 28.09.2015 № 303. Доступно: <https://mpr26.ru/upload/oop/pasport-pamyatnika-prirody-gora-beshtau.doc>
9. Концепция федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года». Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации № 484-р. М.; 2007.
10. Линге И.И., ред. *Особые радиоактивные отходы*. М.: САМполиграфист; 2015.
11. Рекомендации Совета при Президенте Российской Федерации по развитию гражданского общества и правам человека по итогам 33-го выездного (141-го) заседания в Ставропольском крае 17–20 марта 2020 г. Доступно: <https://www.president-sovet.ru/presscenter/news/read/6344/>
12. Seldon.News. «Росатом» взялся за радиационные проблемы Кавмингруппы. Доступно: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/227340160>
13. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городе Лермонтове Ставропольского края в 2017 году». Анализ деятельности по разделу работы – радиационная безопасность и гигиена труда за 2017 год. Доступно: <https://mru101.fmbaros.ru/deyatelnost/sanitarno-epidemiologicheskoe-sostoyanie/>
1. Miner's Encyclopedia. Lermontovsky mine No. 1. Available at: https://miningwiki.ru/wiki/Лермонтовский_рудник_№1 (in Russian)
2. Evstratov E.V., Agapov A.M., Laverov N.P., Bolshov L.A., Linge I.I., eds. *Problems of Nuclear Heritage and Ways to Solve Them [Problemy yadernogo naslediya i puti ikh resheniya]*. Moscow: Energopromanalitika; 2012. (in Russian)
3. Boitsov A.V., Komarov A.V., Nikolsky A.L. Environmental impact of uranium mining and milling in the Russian Federation. In: *Developments in Uranium Resources, Production, Demand and the Environment. Proceedings of a Technical Committee Meeting Held in Vienna, 15–18 June 1999*. Vienna: IAEA; 2004: 165–70.
4. FSUE «RosRAO»: Projects for the rehabilitation of contaminated areas. Atomic Energy 2.0. Available at: <https://www.atomic-energy.ru/articles/2012/08/17/35351> (in Russian)
5. Tender documentation. An open one-stage competition in electronic form for the right to conclude a contract for the performance of works “Recultivation of mine No. 1 and the tailings storage facility on the topic: “Recultivation of the tailings storage facility, facilities of the Hydrometallurgical Plant and uranium mines No. 1 and No. 2, including design and survey work, of the former state enterprise Almaz (Lermontov, Stavropol Territory)”. Available at: <https://www.a-k-d.ru/tender/document/5d928882ff0f1760995e94b4dcd0cf7d> (in Russian)
6. Recultivation of the GMZ tailings dump and uranium mines No. 1 and No. 2 of the former ALMAZ state enterprise (Lermontov, Stavropol Territory). Project documentation. Section 7. The project of organization of reclamation works. Part 1. Mine No. 1 (Beshtau). Recultivation of mine dumps, isolation of the mouths of mine workings that reach the Earth's surface. C-OD/IF02-10-11/09-UNDER1. Volume 7.1. Available at: <https://zakupki.kontur.ru/31401087319> (in Russian)
7. *Report on the Results of Engineering and Environmental Surveys on the Territory of Mine No. 1 (Beshtau), Lermontov, Stavropol Territory. Stage 1, Item 3 [Otchet o rezul'tatakh inzhenerno-ekologicheskikh izyskaniy na territorii rudnika № 1 (G. Beshtau) g. Lermontov, Stavropol'skiy kray. Etap 1 p.3]*. Moscow: VNIPIPromtekhologii; 2009. (in Russian)
8. Passport of the nature monument of regional significance “Mount Beshtau”. Approved by the Order of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Stavropol Territory dated 28.09.2015 No. 303. Available at: <https://mpr26.ru/upload/oop/pasport-pamyatnika-prirody-gora-beshtau.doc> (in Russian)
9. The concept of the federal target program “Ensuring nuclear and radiation safety for 2008 and for the period up to 2015”. Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation № 484-R. Moscow; 2007. (in Russian)
10. Linge I.I., ed. *Special Radioactive Waste [Osobyie radioaktivnye otkhody]*. Moscow: SAMpoligrafist; 2015. (in Russian)
11. Recommendations of the Council under the President of the Russian Federation for the Development of Civil Society and Human Rights following the results of the 33rd visiting (141st) meeting in the Stavropol Territory on March 17–20, 2020. Available at: <https://www.president-sovet.ru/presscenter/news/read/6344/> (in Russian)
12. Seldon.News. Rosatom has taken up the radiation problems of the Kavmingroup. Available at: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/227340160> (in Russian)
13. Report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the city of Lermontov, Stavropol Territory in 2017». Analysis of activities in the work section – radiation safety and occupational health for 2017. Available at: <https://mru101.fmbaros.ru/deyatelnost/sanitarno-epidemiologicheskoe-sostoyanie/> (in Russian)

References

К статье Ю.С. Бельских и соавт.
To the article by Yu.S. Belskikh et al.



Рис. 1. Устье штольни № 13.
Fig. 1. Mouth of tunnel No. 13.



Рис. 2. Устье штольни № 27.
Fig. 2. Mouth of tunnel No. 27.



Рис. 3. Устье штольни № 31 бис.
Fig. 3. Mouth of tunnel No. 31 bis.



Рис. 4. Вход вентиляционной шахты штольни № 10.
Fig. 4. Entrance of the ventilation shaft of tunnel No. 10.

К статье Ю.С. Бельских и соавт.
To the article by Yu.S. Belskikh et al.

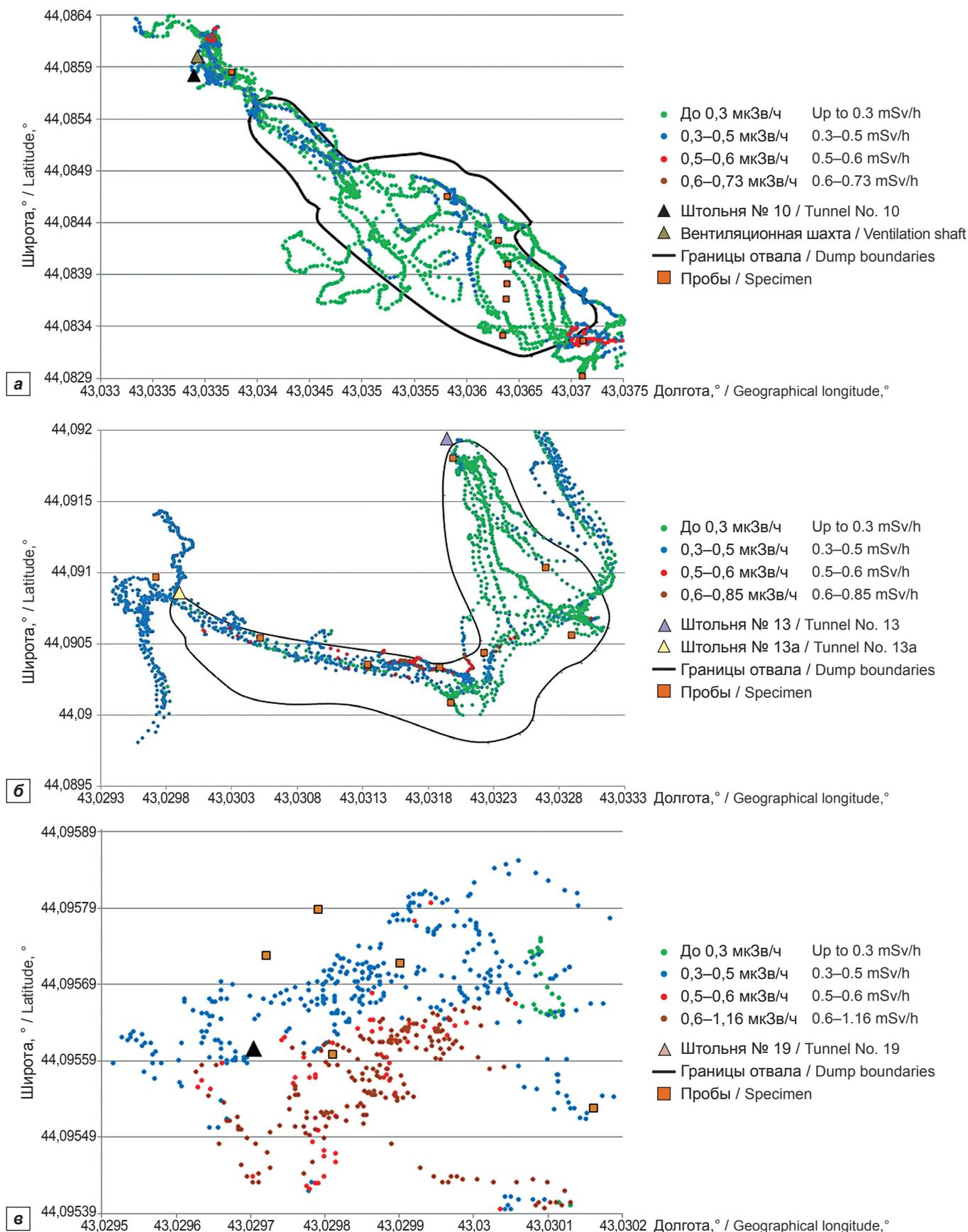


Рис. 5. Результаты гамма-съемки на территории отвалов штолен № 10 (а); № 13 и 13а (б); № 19 (в).
Fig. 5. Data of gamma survey on the dump territory of tunnels No. 10 (a); No. 13 and No. 13a (b); No. 19 (v).

К статье Ю.С. Бельских и соавт.
To the article by Yu.S. Belskikh et al.

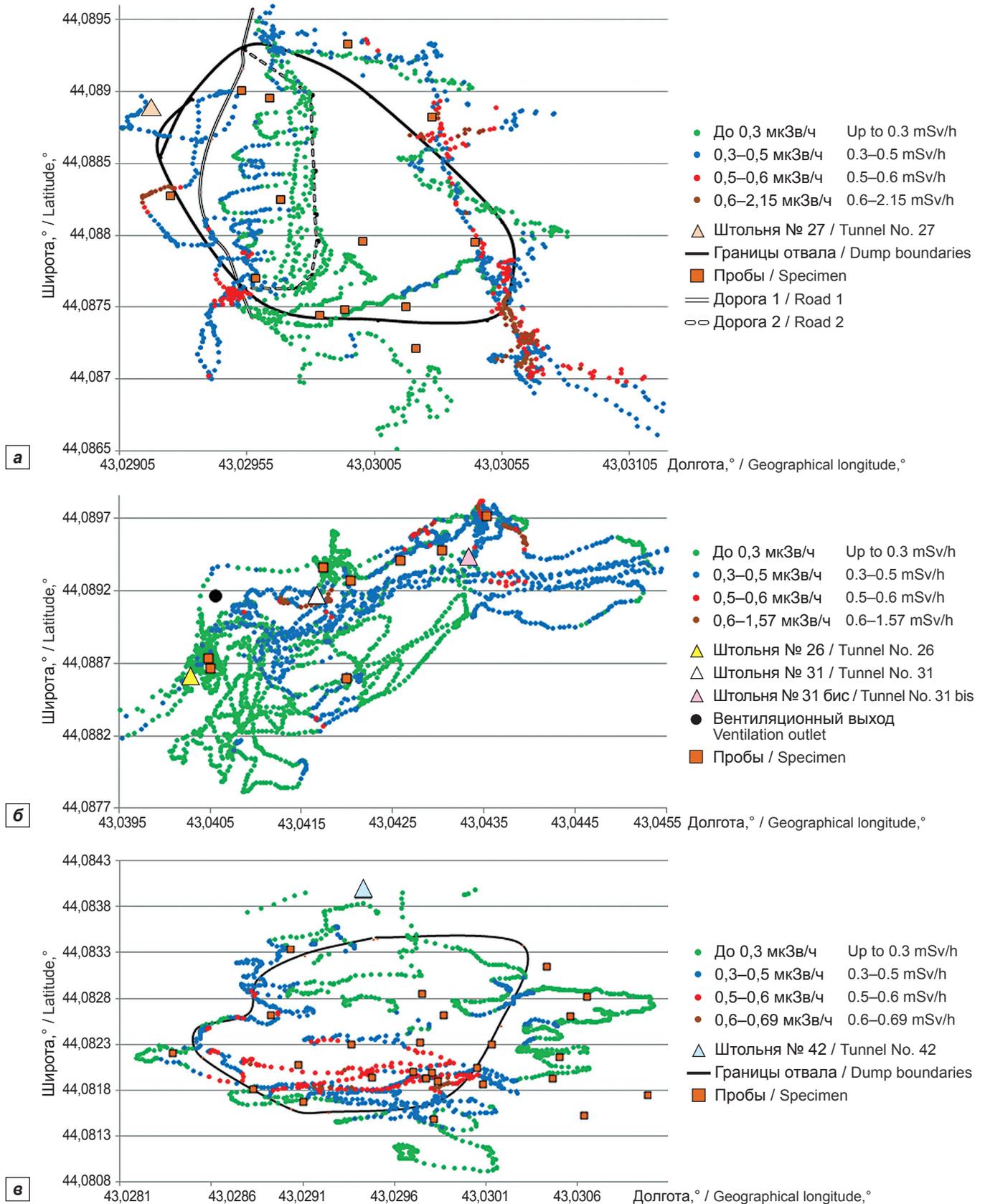


Рис. 6. Результаты гамма-съёмки на территории отвалов штолен № 27 (а); № 26, 31 и 31 бис (отвал штольни № 26 расположен ниже широты 44,08870) (б); № 42 (в).

Fig. 6. Data of gamma survey on the dump territory of tunnels No. 27 (a); No. 26, No. 31 and No. 31 bis (the dump of tunnel No. 26 is located below latitude 44.08870) (б); No. 42 (в).

К статье Ю.С. Бельских и соавт.
To the article by Yu.S. Belskikh et al.

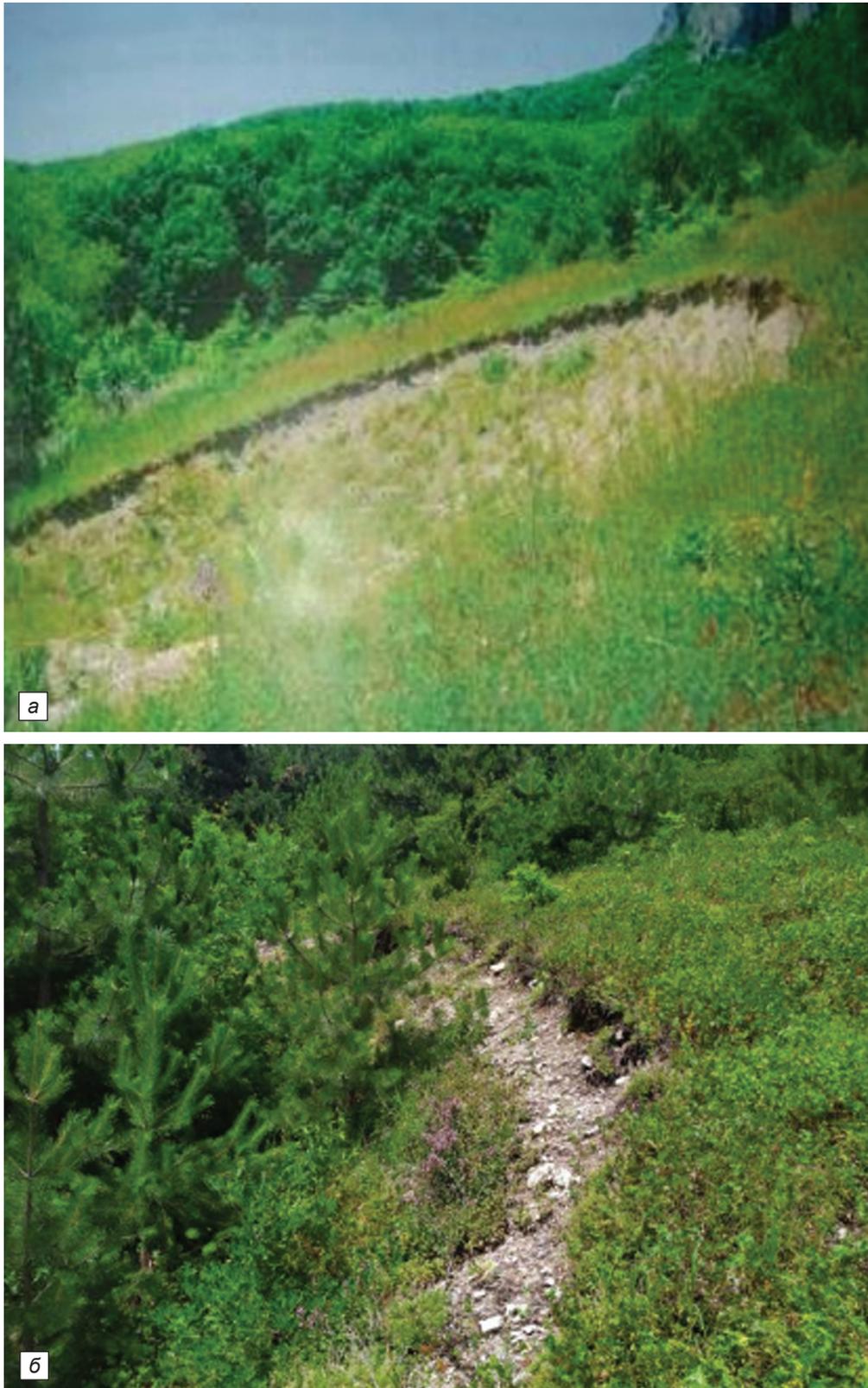


Рис. 7. Оползень на отвалах штольни № 42: а – в 2009 г. [7]; б – в 2021 г.

Fig. 7. Landslide on the dumps of tunnel No. 42: а – in 2009 [7]; б – in 2021.