

**А.В. Титов, Ю.С. Бельских, Д.В. Исаев, Н.К. Шандала, Т.А. Дороньева,  
И.И. Богданов, М.П. Семенова, А.А. Шитова, С.Л. Бурцев**

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В РАЙОНЕ ПЛОЩАДКИ УРАНОВОГО НАСЛЕДИЯ – ШАХТА «СТЕПНАЯ» (КАЛМЫКИЯ)

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

Контактное лицо: Алексей Викторович Титов, e-mail: titov\_fmhc@mail.ru

### РЕФЕРАТ

**Цель:** Исследование радиоэкологической обстановки на территории площадки «уранового наследия» бывшей шахты «Степная» в Республике Калмыкия.

**Материал и методы:** Для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) использовался метод пешеходной гамма-съемки с помощью портативного спектрометрического комплекса МКС-01А «Мультирад-М» и дозиметра-радиометра МКС-АТ6101с.

Активность гамма-излучающих радионуклидов в пробах почвы измерялась на стационарном гамма-спектрометре фирмы CANBERRA. Измерение активности  $^{210}\text{Po}$  и  $^{210}\text{Pb}$  проводилось на радиометрической установке УМФ-2000 после их радиохимического выделения из проб.

Кратковременные измерения объемной активности (ОА) и эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона выполнялись аэрозольным альфа-радиометром радона и торона РАА-20П2 «Поиск».

Оценки доз облучения биообъектов выполнены с использованием дозовых коэффициентов из Публикации 136 МКРЗ с учетом рекомендаций Р52.18.820-2015.

**Результаты:** Значения МАЭД на площадке шахты варьируют в диапазоне от 0,1 до 0,36  $\mu\text{Sv}/\text{ч}$ , причем на 80 % площади не превышают фонового значения 0,14  $\mu\text{Sv}/\text{ч}$ . Вдоль дороги от шахты до поселка Нарта значения МАЭД не превышают фоновых значений, за исключением участка в районе дамбы, где на локальном участке площадью около 300  $\text{m}^2$  достигают 0,49  $\mu\text{Sv}/\text{ч}$ .

Удельная активность природных радионуклидов в почве ниже критерия отнесения к твердым радиоактивным отходам (ТРО).

Внутри имеющихся на территории площадки строений ЭРОА радона при определенных погодных условиях достигает 13  $\text{kBk}/\text{m}^3$ , а на территории – 1–1,5  $\text{kBk}/\text{m}^3$ .

Экологический риск для рассмотренных наземных биообъектов (трава, почвенный червь, змея и мышевидные грызуны) не превышает 0,025.

**Заключение:** Радиационная обстановка на площадке шахты «Степная» удовлетворяет требованиям СП ЛКП-91, действовавшим до 2020 г. Однако для передачи объекта органу местного самоуправления необходимо проведение работ по рекультивации в соответствии с Федеральным законом «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую» от 21.12.2004 № 172-ФЗ и ГОСТ Р 59057-2020 «Охрана окружающей среды. Земли. Общие требования по рекультивации нарушенных земель».

Дозы облучения биообъектов не оказывают значимого влияния на заболеваемость, репродукцию и продолжительность жизни наземных биообъектов.

**Ключевые слова:** биообъект, гамма-излучение, естественные радионуклиды, радиоэкологическое обследование, шахта, удельная активность

**Для цитирования:** Титов А.В., Бельских Ю.С., Исаев Д.В., Шандала Н.К., Дороньева Т.А., Богданов И.И., Семенова М.П., Шитова А.А., Бурцев С.Л. Радиоэкологическая обстановка в районе площадки уранового наследия – шахта «Степная» (Калмыкия) // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2024. Т. 69. № 1. С. 41–49. DOI:10.33266/1024-6177-2024-69-1-41-49

**A.V. Titov, Yu.S. Belskikh, D.V. Isaev, N.K. Shandala, T.A. Doroneva,  
I.I. Bogdanov, M.P. Semenova, A.A. Shitova, S.L. Burthev**

## Radio-Ecological Situation in the Area of the Uranium Legacy Site – Stepnaya Mine (Kalmykia)

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

Contact person: A.V. Titov, e-mail: titov\_fmhc@mail.ru

### ABSTRACT

**Purpose:** To study the radio-ecological situation on the “uranium legacy” site of the former Stepnaya mine in the Republic of Kalmykia.

**Material and methods:** To measure the ambient dose equivalent rate (ADER), the pedestrian gamma survey method was used using a portable spectrometric complex MKC-01A Multirad-M and dosimeter-radiometer MKC-AT6101c.

The activity of gamma-emitting radionuclides in soil samples was measured using a stationary gamma spectrometer from CANBERRA. The activities of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  were measured using a radiometric installation UMF-2000 following their radiochemical separation from samples.

Short-term measurements of activity concentration (AC) and equivalent equilibrium activity concentration (EEAC) of radon were carried out with an aerosol alpha radiometer for radon and thoron RAA-20P2 Poisk.

Doses of radiation exposure to biological objects were estimated using dose coefficients provided by ICRP Publication 136 taking into account recommendations R52.18.820-2015.

**Results:** Gamma ADER values at the mine site vary over the range from 0.1 to 0.36  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ , and on 80 % of the area these values do not exceed the background value of 0.14  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ . Along the road from the mine to Narta village the ADER values do not exceed background values with exception of the area around the dam, where in a local part of this area of about 300  $\text{m}^2$  these values reach 0.49  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ .

The specific activities of natural radionuclides in the soil are below the criteria for classification as solid radioactive waste (SRW). Under the certain weather conditions, radon EEAC inside the buildings on the site reaches  $13 \text{ kBq/m}^3$ , and on the territory  $1\text{--}1.5 \text{ kBq/m}^3$ . Ecological risk for the terrestrial biological objects under consideration (grass, soil worm, snake and mouse-like rodents) does not exceed 0.025.

**Conclusions:** The radiation situation at the Stepnaya mine site meets the requirements of SP LKP-91, which were in force until 2020. However, in order to transfer the facility to a local government body, reclamation work should be carried out in accordance with the Federal Law "On the Transfer of Lands or Land Plots from One Category to Another" dated December 21, 2004 No. 172-FZ and GOST R 59057—2020 «Environmental Protection. Lands. General Requirements for Reclamation of Affected Lands».

Doses of exposure to biological objects do not impact significantly on morbidity, reproduction and life expectancy of terrestrial biological objects.

**Keywords:** *bioobject, gamma radiation, natural radionuclides, radio-ecological survey, mine, specific activity*

**For citation:** Titov AV, Belskikh IuS, Isaev DV, Shandala NK, Doroneva TA, Bogdanov II, Semenova MP, Shitova AA, Burthev SL. Radio-Ecological Situation in the Area of the Uranium Legacy Site – Stepnaya Mine (Kalmykia). Medical Radiology and Radiation Safety. 2024;69(1):41–49. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2024-69-1-41-49

## Введение

В середине 20-го века геологоразведка обнаружила в Республике Калмыкия (РК) шесть рудных полей, в том числе в 1958 г. в 40 км к югу от г. Элиста крупное урановое месторождение «Степное» [1]. По масштабам и геологическому строению резко выделялась рудная залежь месторождения «Степное» мощностью от 0,4 до 2,5 м. Она размещалась в промоине глубиной до 10 м, существовавшей в палеорельфе морского бассейна, и протягивалась на 11 км. Общая ее площадь составляла  $10 \text{ km}^2$ . Руды состоят из фосилизованных костных остатков ихтиофауны (15 %), тонкодисперсного пирита (35 %) и глинистого материала (46 %). Размер основной массы (86 %) костных остатков не превышает 0,1–0,5 мм, а более крупные обломки костей и позвонки (14 %) достигают 3–5 см. Содержание урана в рудной залежи колеблется от 0,012 до 0,07 %, а редких земель – от 0,2 до 0,37 % [2].

Минимальная глубина залегания рудного пласта в северо-восточной части месторождения составляла 170–180 м, а в юго-западной – свыше 900 м. Месторождение было передано в ведение Министерства среднего машиностроения. По результатам проходки шахты и подземных горных выработок было установлено, что рудный пласт, помимо крупных разломов, разбит и смешен мелкими тектоническими трещинами. Это существенно усложняло условия отработки месторождения. Кроме того, высокие концентрации в рудном пласте сульфидов делали его руды склонными к самовозгоранию. В связи со сложными горно-геологическими условиями в 1962 г. опытный рудник был законсервирован [3].

Часть оборудования извлекли наружу, ствол шахты залили бетоном. Практически весь черный и цветной металл (арматура, сваи, рельсы и т.п.) был растищен на металломол.

По состоянию на 01.01.2021 г. балансовые запасы урана для подземной отработки на шахте «Степная» составляют: категории В – 3500 т, категории С1 – 8300 т, категории С2 – 3700 т и забалансовые – 3600 т. Среднее содержание урана в костном фосфате около 0,05 % [4]. В настоящее время шахта заброшена. Эта территория относится к так называемому «урановому наследию» [5]. По данным этого же документа, рекультивация площадки до 2006 г. не проводилась.

В 2008 г. по требованию прокуратуры специалисты главного управления МЧС России по радиационному контролю (РК), территориального управления Роспотребнадзора по РК и межрегионального территориального управления по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Ростехнадзора произведены радиационные измерения во всех сохранившихся оставах зданий бывшего месторождения «Степное» и на территории по-

всей его окружности. Превышений естественного уровня радиационного фона при этом не выявлено [6].

По словам министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Калмыкии Николая Очирова, с 1991 по 2016 гг. на объектах наследия Калмыкии, в том числе на заброшенных месторождениях урано-фосфатного сырья, комплексные инженерно-радиационные обследования территорий и работы по обследованию, изысканию, проектированию, изоляции, ликвидации объектов наследия и восстановления нарушенных земель не проводились [7].

В связи с отсутствием достоверных данных о радиационной обстановке в районе расположения шахты, в 2023 г. специалисты ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России совместно с ЦГиЭ № 101 ФМБА России провели радиационно-гигиеническое обследование данной территории.

## Современное состояние площадки шахты

Шахта «Степная» расположена в Приютненском районе Калмыкии в юго-восточной части Нартинского СМО (рис. 1).

В настоящее время на территории площадки шахты расположены полуразрушенные строения (рис. 2). Поверхность площадки относительно ровная, но имеются 3 насыпи, которые подвергаются эрозии (рис. 3).

Территория площадки в сельскохозяйственных и животноводческих целях постоянно не используется. Но периодически на ней пасутся коровы, и через нее проходят отары овец к пруду на водопой (рис. 4).

Рядом с некоторыми строениями и в самих строениях на территории площадки (главным образом, в здании подъемной машины) имеются неликвидированные колодцы и проходы под землю (рис. 5).

В 2008 г. главе Приютненского районного муниципального образования территориальным управлением Роспотребнадзора по РК выдано предписание о закрытии провалов в полу у основания ствола шахты в здании подъемной машины для ограничения доступа в шахту [8]. Поскольку шахта не числилась на балансе района и по документам никому не принадлежала, глава Приютненского районного муниципального образования не имел права выделять средства на проведение работ в этой шахте. Чтобы окончательно решить поставленную задачу, прокуратура потребовала от Ростехнадзора рассмотреть вопрос о возможности передачи объекта органу местного самоуправления. Тем не менее, до сих пор этот вопрос не решен, и, как видно из рис. 3, засыпка провалов не проведена.

## Материал и методы

Исследования в 2023 г. проводились на территории площадки шахты «Степная», за пределами площадки

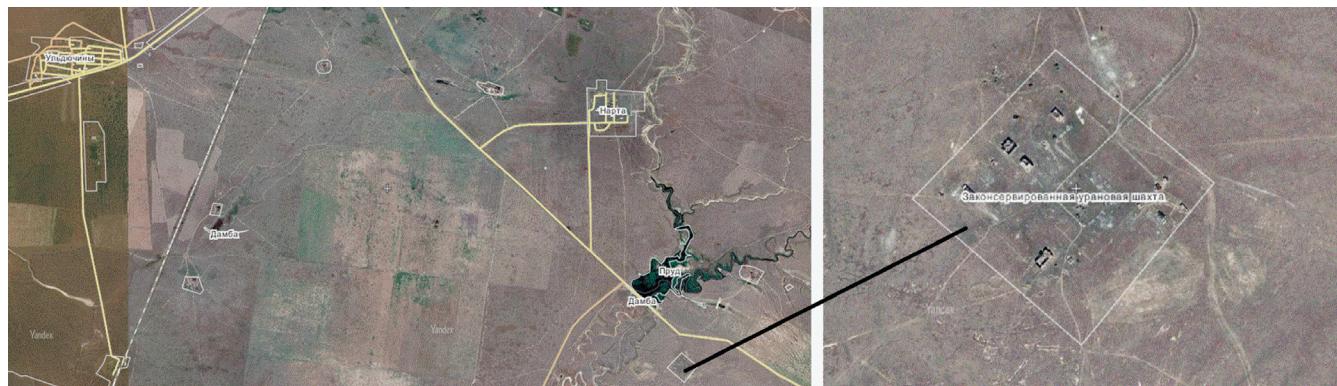


Рис. 1. Расположение шахты «Степная»

Fig. 1. Location of the Stepnaya mine



Рис. 2. Современное состояние площадки шахты «Степная»

Fig. 2. Current state of the Stepnaya mine site



Рис. 3. Насыпи на территории площадки

Fig. 3. Banquets on-site

(фоновая территория), вдоль дороги к поселку Нарга, в том числе у дамбы, на береговой части реки Хара-Зуха (ниже площадки шахты).

В процессе исследований в 2023 г. были выполнены измерения следующих параметров радиационной обстановки:

- мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД) на высоте 1 м от поверхности почвы (в 5035 точках);
- удельная активность (УА) радионуклидов в поверхностном 10 сантиметровом слое почвы (в 41 точке), в траве (объединенная проба из 5 точечных проб) и грибах (объединенная проба из 3 точечных проб);



Рис. 4. Животные на территории площадки  
Fig. 4. Animals on-site



Рис. 5. Неликвидированные колодцы и провалы  
Fig. 5. Unliquidated wells and sink-holes

- кратковременные измерения объемной активности (ОА) и эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона на территории и внутри строений (в 13 точках).

При измерении МАЭД применялся метод непрерывной пешеходной гамма-съемки с шагом около 5 м с использованием портативного спектрометрического комплекса МКС-01А «Мультирад-М» (Россия) и дозиметра радиометра «МКС-АТ6101с» с привязкой к географическим координатам. 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 от 0,03 до 2,0 мкЗв/ч не более 20–25 %.

Измерение УА  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{40}\text{K}$  в пробах почвы, травы и грибов 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.

УА  $^{210}\text{Po}$  и  $^{210}\text{Pb}$  измерялась на альфа-бета-радиометре УМФ-2000 после их радиохимического выделения из проб в соответствии с МУК 4.3.051-2011<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> «Свинец-210 и полоний-210. Определение удельной активности в пробах почвы, растительности и пищевых

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

Оценки доз облучения населения при нахождении на территории площадки шахты выполнены в соответствии с требованиями Методических указаний МУК 2.6.1.1088-02<sup>2</sup>.

Оценки доз облучения биообъектов выполнены с использованием дозовых коэффициентов, приведенных в Публикации 136<sup>3</sup> МКРЗ, с учетом рекомендаций Р52.18.820-2015<sup>4</sup>. Суммарная мощность дозы облуче-

продуктов после электролитического осаждения на никелевом диске» [MUK 4.3.051-2011. “Lead-210 and Polonium-210. Determination of the specific activity in samples of soil, plants and food-stuffs after the electrolytic deposition on the nickel disc”. (In Russ.)].

<sup>2</sup> Оценка индивидуальных эффективных доз облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. Методические указания МУК 2.6.1.1088-02. [Assessment of individual effective doses to the population due to natural radiation sources. Guidelines MUK 2.6.1.1088-02. (In Russ.)]

<sup>3</sup> ICRP, 2017. Dose coefficients for nonhuman biota environmentally exposed to radiation. ICRP Publication 136. Ann. ICRP 46(2).

<sup>4</sup> Рекомендации Р52.18.820-2015. Оценка радиационно-экологического воздействия на объекты природной среды по данным мониторинга радиационной обстановки. [Recommendations R52.18.820-2015. Assessment of Radiation and Environmental Impact on Natural Environment Objects Based on Radiation Situation Monitoring Data. (In Russ.)].

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

### Результаты и обсуждение

Результаты исследования МАЭД на площадке представлены рис. 6–7 и в табл. 1.

Таблица 1

Статистические параметры распределения мощности амбиентного эквивалента дозы

Statistical parameters of the distribution of ambient dose equivalent rate

Территория	Количество измерений	Параметры распределения МАЭД, мкЗв/ч			
		Среднее	Медиана	Диапазон варьирования	Стандартное отклонение
Площадка шахты	3506	0,13	0,12	0,089–0,36	0,03
Фоновые значения в районе площадки	1529	0,12	0,12	0,09–0,24	0,02
Дорога шахта-Нарта (без участка у дамбы)	184	0,10	0,096	0,08–0,17	0,02
Участок у дамбы	736	0,13	0,11	0,09–0,49	0,06
Берег реки Хара-Зуха	130	0,096	0,095	0,073–0,11	0,01

Среднее значение МАЭД на фоновой территории несколько ниже, чем на площадке и составляет  $0,12 \pm 0,02$  мкЗв/ч.

Значения МАЭД на площадке варьируют в диапазоне от 0,1 до 0,36 мкЗв/ч, причем на около 80 % площади не превышают верхней границы фоновых значений 0,14 мкЗв/ч. Максимальные уровни зафиксированы в центре площадки в районе выгрузки руды из шахты.

Вдоль дороги от шахты до поселка Нарта значения МАЭД не превышают фоновых значений, за исключением участка в районе дамбы, что свидетельствует об отсутствии просыпей при вывозе руды с шахты в период ее эксплуатации. На участке в районе дамбы МАЭД на локальных участках площадью около  $300 \text{ м}^2$  выше фоновых значений, достигая 0,49 мкЗв/ч (рис. 7). Возможно, этот участок был загрязнен при реконструкции дамбы в 2013 г., поскольку при работах, по свидетельству местного населения, был использован грунт с площадки шахты «Степная».

Значения МАЭД на береговой части реки Хара-Зуха (ниже площадки шахты) не превышают фоновые значения.

В табл. 2 и 3 представлены результаты гамма-спектрометрических и радиометрических измерений УА радионуклидов в почве, траве и грибах.

Значения УА природных радионуклидов в почве на территории площадки не отличаются от значений УА радионуклидов на фоновой территории, за исключением участка с повышенными значениями МАЭД. На этом участке, а также на локальном участке в районе дамбы УА природных радионуклидов, за исключением  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$ , выше, чем на остальной территории до 10 раз.

Значения суммы отношений УА радионуклидов в почве на площадке шахты к критериям отнесения

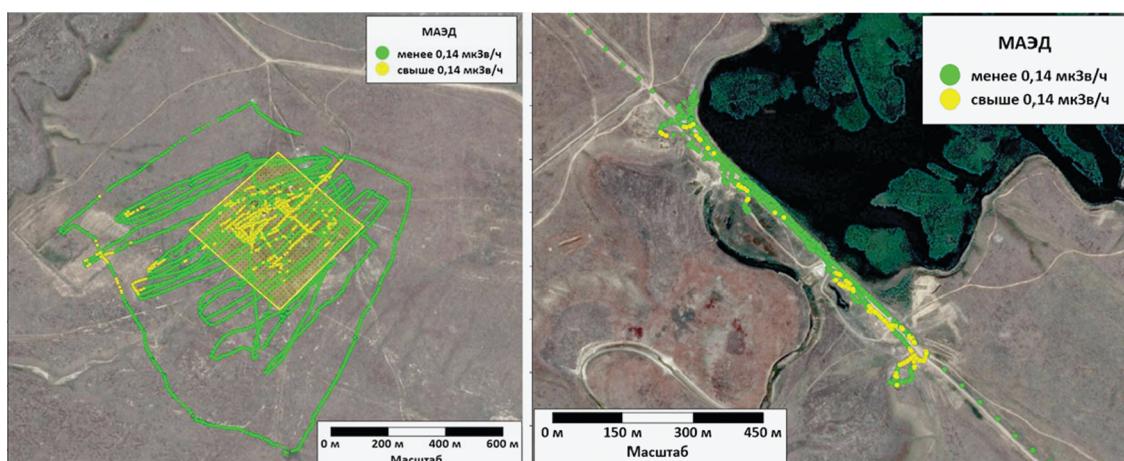


Рис. 6. Значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения на площадке шахты и дамбы

Fig. 6. Values of the ambient dose equivalent rate of gamma radiation at the mine site and the dam

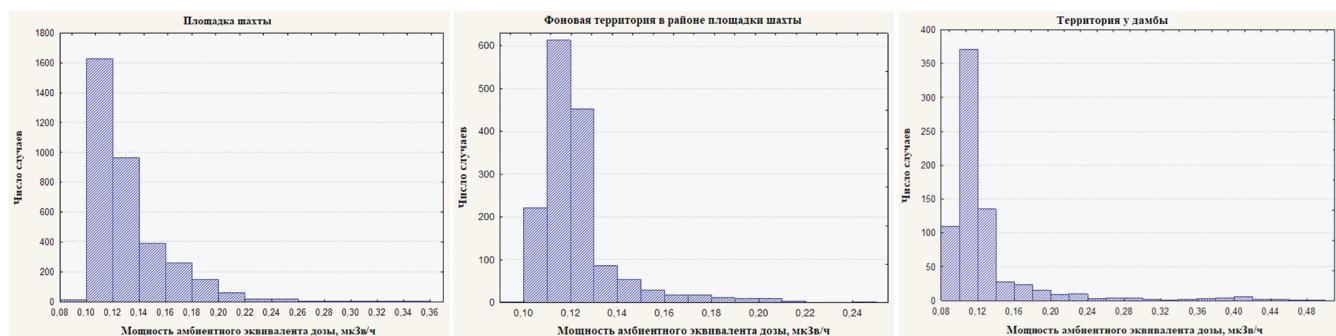


Рис. 7. Распределения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения по территории

Fig. 7. Distributions of the ambient dose equivalent rate by the territory

Таблица 2

## Удельная активность радионуклидов в пробах почвы

## The specific activity of radionuclides in soil samples

Место отбора	Диапазон вариаций удельной активности радионуклидов, Бк/кг							
	$^{238}\text{U}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{235}\text{U}$	$^{210}\text{Pb}$	$^{210}\text{Po}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$
Площадка	16–320	19–190	1,3–16	30–160	18–200	22–28	320–470	1–12
Насыпи на площадке	22–42	22–40	2,2–3,0	13–26	17–24	25–38	380–550	1
Фоновый участок	16–54	19–38	1,6–3,1	16–116	18–98	22–31	390–570	1–18

Таблица 3

## Удельная активность радионуклидов в пробах растительного происхождения

## The specific activity of radionuclides in samples of plant origin

Объект	Удельная активность радионуклидов $\pm$ среднеквадратичное отклонение, Бк/кг							
	$^{238}\text{U}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{235}\text{U}$	$^{210}\text{Pb}$	$^{210}\text{Po}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$
Грибы (шампиньоны)	$3,5 \pm 2,8$	$0,53 \pm 0,06$	$< 0,10$	$0,7 \pm 0,3$	$0,07 \pm 0,03$	$0,35 \pm 0,05$	$190 \pm 16$	$0,03 \pm 0,01$
Трава (площадка)	$< 33$	$4,5 \pm 0,4$	$< 0,5$	$19 \pm 6$	$1,7 \pm 0,6$	$1,7 \pm 0,2$	$260 \pm 20$	$0,29 \pm 0,07$
Трава (Ульячины)	$48 \pm 19$	$1,9 \pm 0,2$	$< 0,5$	$10 \pm 3$	$1,2 \pm 0,4$	$0,9 \pm 0,1$	$230 \pm 20$	$0,08 \pm 0,06$

к твердым радиоактивным отходам (ТРО)<sup>5</sup> варьируют в основном в пределах от 0,07 до 0,16, а на участке с повышенным значением МАЭД достигают 0,47 (см. рис. 8). При сравнении с критериями принималось, что радионуклиды  $^{230}\text{Th}$  и  $^{234}\text{U}$  находятся в вековом равновесии с  $^{238}\text{U}$ . По значениям УА радионуклидов почва на всей площадке не относится к ТРО.

ния к ТРО составляет 0,6-0,9, т.е. почва близка к отнесению к ТРО. Однако значения  $A_{\text{эфф}}$  на этом участке не превышают 1150 Бк/кг. В соответствии с НРБ 99/2009, материалы с  $A_{\text{эфф}} \leq 1500$  Бк/кг могут использоваться в дорожном строительстве вне населенных пунктов. Однако имеется возможность смыва радионуклидов в русло реки при снеготаянии и ливневых дождях.

Содержание радионуклидов в почве на насыпях, которые, по-видимому, сформированы из пустой породы или некондиционных руд, такое же, как и на других участках площадки.

На территории площадки отношение УА  $^{210}\text{Pb}$  к УА  $^{226}\text{Ra}$  в среднем составляет  $2,5 \pm 0,2$ . Это говорит о том, что приток радона к поверхностному слою почвы больше, чем его выход в атмосферу, и происходит накопление  $^{210}\text{Pb}$  и также  $^{210}\text{Po}$ , УА которого в среднем равна УА  $^{210}\text{Pb}$ , в поверхностном слое почвы.

Как говорилось ранее, площадка шахты захламлена строительным мусором (в основном кирпичами вблизи полуразрушенных строений). Как показали измерения,  $A_{\text{эфф}}$  в кирпичах равна  $140 \pm 14$  Бк/кг.

В табл. 3 представлены результаты измерения проб растительного происхождения.

Как видно из данных табл. 3, УА  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{226}\text{Ra}$  в растительности, отобранный на площадке, несколько выше, чем в растительности, отобранный в селе Ульячины, расположенном в 12 км от шахты (см. рис.1). Следовательно, при выпуске животных на площадке содержание этих радионуклидов в мясе или молоке, также будет выше (но не более чем в 2 раза), чем у животных, выпасаемых в районе села.

В табл. 3 приведены результаты измерения УА радионуклидов в грибах, произрастающих в ограниченном количестве в районе шахты. При потреблении 1 кг таких грибов в год годовая эффективная доза внутреннего облучения взрослого человека не превысит 1,5 мкЗв.

Результаты кратковременных измерений ЭРОА радона на территории и в строениях на площадке представлены в табл. 4.

Измерение радона проводилось в июне (слабый ветер, температура +23 °C) и в августе (сильный ветер, температура +35 °C).

В безветренную погоду максимальные значения ЭРОА радона были зафиксированы внутри строений (без окон и дверей, а некоторые без крыши) до 13200 Бк/м<sup>3</sup>. На территории максимальные значения ЭРОА радона были зафиксированы у отдельно стоящей насыпи.

В августе при сильном ветре (Калмыкия является одним из самых ветреных регионов в РФ: до 120 дней здесь

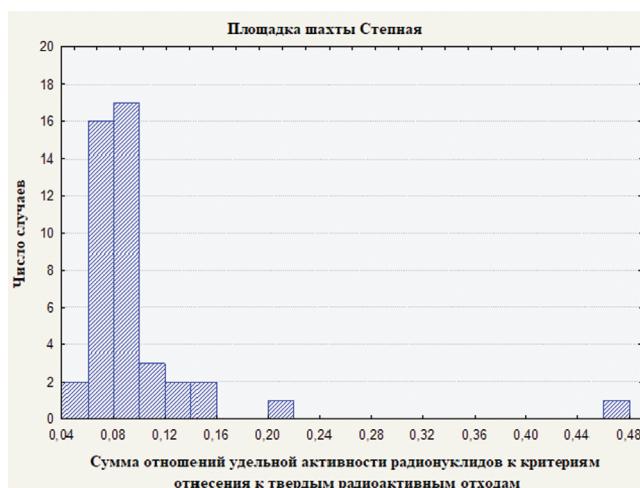


Рис. 8. Распределение суммы отношения удельной активности радионуклидов в почве на площадке шахты к критериям отнесения к твердым радиоактивным отходам

Fig. 8. Distribution of the sum of ratio between the specific activity of radionuclides in the soil at the mine site and the criteria for classification as solid radioactive waste.

Суммарная альфа-активность почвы, рассчитанная по содержанию альфа-излучающих радионуклидов, на 85 % площади варьирует в пределах 200–350 Бк/кг, а на остальной территории не превышает 1800 Бк/кг.

На небольшом участке в районе дамбы сумма отношений УА радионуклидов в почве к критериям отнесе-

<sup>5</sup> 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”.

[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” (In Russ.)].

Таблица 4

**Эквивалентная равновесная объемная активность радона на территории площадки**  
**Equivalent equilibrium activity concentration of radon on-site**

Координаты		ЭРОА, Бк/м <sup>3</sup>	МАЭД, мкЗв/ч	Примечание
Долгота, <sup>0</sup>	Широта, <sup>0</sup>			
Измерения в июне				
43,90327	46,07686	4 ± 3	0,16 ± 0,03	Территория
43,9038	46,07761	< 4	0,22 ± 0,04	В строении
43,90495	46,07775	1520 ± 250	0,41 ± 0,07	У насыпи
43,90504	46,07812	5100 ± 2000	0,17 ± 0,03	В строении
43,90728	46,07702	13200 ± 1700	0,2 ± 0,04	В строении подъемной машины
43,90719	46,07696	< 16	0,23 ± 0,04	У здания подъемной машины юг
43,90745	46,07717	2680 ± 570	0,24 ± 0,05	У здания подъемной машины север
Измерения в августе				
43,904228	46,077368	< 7	0,19 ± 0,04	В здании
43,902929	46,076914	< 11	0,20 ± 0,04	В здании
43,904712	46,075985	< 10	0,18 ± 0,03	Территория
43,906793	46,076745	< 7	0,13 ± 0,03	В здании
43,906907	46,076812	< 12	0,22 ± 0,04	Территория
43,907786	46,076764	< 12	0,21 ± 0,03	Территория

Таблица 5

**Дозы облучения биообъектов**  
**Doses of exposure to biological objects**

Референсный биообъект	Мощность дозы облучения, мГр/сут			Экологический риск
	Внешнее облучение	Внутреннее облучение	Суммарная	
Площадка шахты				
Травянистые растения	(1,5–15)×10 <sup>-4</sup>	(4,3–44)×10 <sup>-4</sup>	(5,8–59)×10 <sup>-4</sup>	(5,8–59)×10 <sup>-5</sup>
Почвенный червь	(4,0–40)×10 <sup>-4</sup>	(6,5–70)×10 <sup>-4</sup>	(1,1–110)×10 <sup>-4</sup>	(1,1–110)×10 <sup>-5</sup>
Мышевидные грызуны	(3,8–38)×10 <sup>-4</sup>	(1,8–18)×10 <sup>-4</sup>	(5,6–56)×10 <sup>-4</sup>	(5,6–56)×10 <sup>-4</sup>
Змея	(1,5–15)×10 <sup>-4</sup>	(2,4–24)×10 <sup>-4</sup>	(3,9–39)×10 <sup>-4</sup>	(3,9–39)×10 <sup>-5</sup>
На участке с максимальным значением МАЭД в районе дамбы				
Травянистые растения	0,7×10 <sup>-2</sup>	1,5×10 <sup>-2</sup>	2,2×10 <sup>-2</sup>	2,2×10 <sup>-3</sup>
Почвенный червь	1,8×10 <sup>-2</sup>	2,9×10 <sup>-2</sup>	4,7×10 <sup>-2</sup>	4,7×10 <sup>-3</sup>
Мышевидные грызуны	1,8×10 <sup>-2</sup>	0,8×10 <sup>-2</sup>	2,6×10 <sup>-2</sup>	2,6×10 <sup>-2</sup>
Змея	0,7×10 <sup>-2</sup>	1,0×10 <sup>-2</sup>	1,7×10 <sup>-2</sup>	1,7×10 <sup>-3</sup>

дают суховей скоростью от 9 м/с) значения ЭРОА радона и на территории и в зданиях не превышали 12 Бк/м<sup>3</sup>.

Возможные дозы облучения от ингаляционного поступления радона и его дочерних продуктов и внешнего облучения населения при их нахождении на территории площадки, например, при выпасе скота, не превышают 0,5 мЗв в год. Оценка доз проведена при следующих условиях: время нахождения на территории составляет 2000 час в год, среднее значение МАЭД – 0,13 мкЗв/ч и значение ЭРОА радона на открытой местности – 12 Бк/м<sup>3</sup>.

Для оценки доз облучения биообъектов в качестве референсных на рассматриваемой степной местности были выбраны мышевидные грызуны ( наземные млекопитающие), почвенные черви, травянистая растительность.

Дозы облучения наземных биообъектов оценивались в предположении их постоянного нахождения на исследуемой территории. Рассчитывались следующие компоненты дозы: внутреннее облучение от инкорпорированных радионуклидов, внешнее облучение от почвы.

Результаты оценки доз представлены в табл. 5.

В качестве границ безопасного уровня радиационного воздействия на биообъекты (БУОБ) принимаются значения мощности дозы хронического облучения, равные 1,0 мГр/сут для млекопитающих, позвоночных животных и сосны обыкновенной и 10 мГр/сут для растений (кроме сосны обыкновенной) и беспозвоночных животных (ICRP Publication 108, Рекомендации Р 52.18.820-2015).

Оцененные значения мощности дозы облучения биообъектов на площадке шахты не превышают 0,6 % от значений БУОБ. В районе дамбы на участках с максимальными значениями МАЭД мощность дозы облучения биообъектов не превышает 2,6 % от значений БУОБ. При таких значениях мощности дозы отсутствуют сведения о статистически значимых детерминированных эффектах воздействия радиации на заболеваемость, репродукцию и продолжительность жизни рассмотренных видов биообъектов.

Экологический риск, равный дозе облучения, нормируемой на БУОБ (Публикация 108 МКРЗ<sup>6</sup>), для рассмотренных наземных биообъектов не превышает 0,026.

### Заключение

Обследование, проведенное в 2023 г. на территории в районе шахты «Степная», показало, что:

1. Значения МАЭД на площадке варьируют в диапазоне от 0,1 до 0,36 мкЗв/ч. На 81,6 % территории площадки значения МАЭД не превышают 0,14 мкЗв/ч.
2. Вдоль дороги от шахты до поселка Нарта значения МАЭД не превышают фоновых значений, за исключением участка в районе дамбы, где на локальном участке, площадью около 300 м<sup>2</sup>, МАЭД выше фоновых значений, достигая 0,49 мкЗв/ч.
3. Значения МАЭД на береговой части реки Хара-Зуха ниже площадки шахты, куда стекают сточные воды с

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

- площадки при снеготаянии и ливнях, не превышают фоновые значения (0,07–0,11 мкЗв/ч).
4. Значения УА природных радионуклидов в почве на территории площадки не отличаются от УА радионуклидов на фоновой территории, за исключением участка с повышенными значениями МАЭД. На этом участке, а также на участке в районе дамбы УА природных радионуклидов, за исключением  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$ , выше, чем на остальной территории до 10 раз. Значения суммы отношения УА радионуклидов к критериям отнесения к ТРО варьируют в пределах от 0,07 до 0,47 (на участке с повышенным значением МАЭД). Почва на площадке не относится к ТРО.
  5. На небольшом участке в районе дамбы данное отношение составляет 0,6–0,9, т.е. почва близка к отнесению к РАО. Однако значения  $A_{\text{эфф.}}$  на этом участке не превышают 1150 Бк/кг, и в соответствии с НРБ 99/2009 почва может использоваться в дорожном строительстве вне населенных пунктов.
  6. В безветренную погоду максимальные значения ЭРОА радона внутри строений (без окон и дверей, а некоторые без крыши) достигали 13200 Бк/м<sup>3</sup>. На территории максимальные значения ЭРОА радона были зафиксированы у отдельно стоящей насыпи  $1520 \pm 250$  Бк/м<sup>3</sup>. В августе при сильном ветре значения ЭРОА радона и на территории и в зданиях не превышали 12 Бк/м<sup>3</sup>.
  7. Экологический риск для рассмотренных наземных биообъектов (трава, почвенный червь, змея и мышевидные грызуны) на всех территориях не превышает 0,026. Максимальное значение зафиксировано для мышевидных грызунов в районе дамбы. При таких уровнях облучения наземных биообъектов отсутствуют сведения о статистически значимых детерминированных эффектах воздействия радиации на заболеваемость, репродукцию и продолжительность жизни.
- В целом радиационная обстановка на территории в районе площадки соответствует требованиям действующих до 2021 г. СП ЛКП-91<sup>7</sup> при рекультивации по сельскохозяйственному направлению:
- средняя по всей площади площадки МАЭД на высоте 1 м над поверхностью почвы равна 0,13 мкЗв/ч и не превышает 0,2 мкЗв/ч сверх уровня естественного фона 0,12 мкЗв/ч, характерного для данной местности, а в отдельных локальных точках (не более 20 % площади) – не выше 0,36 мкЗв/ч.
  - суммарная альфа-радиоактивность грунта в поверхностном слое 0–25 см на 85 % площади варьирует в пределах 200–350 Бк/кг, а на остальной территории не превышает 1800 Бк/кг.

<sup>7</sup> СП ЛКП-91. Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд. МЗ СССР. 1991 г. [SP LKP-91. Sanitary rules for the liquidation, conservation and repurposing of enterprises for the extraction and processing of radioactive ores. USSR Ministry of Health. (In Russ.)].

В соответствии с требованиями Руководства ФМБА России<sup>8</sup> при использовании территории для сельскохозяйственных целей или животноводства территории эффективная доза облучения работников этих предприятий от внешнего облучения и внутреннего облучения за счет ингаляционного поступления радионуклидов с вдыхаемым воздухом на открытой местности не должна превышать 1 мЗв/год. Это требование также выполняется на территории площадки.

Но для передачи данного объекта органу местного самоуправления необходимо проведение ряда работ в соответствии с Федеральным законом «О переводе земель или земельных участков из одной категории в другую» от 21.12.2004 № 172-ФЗ и ГОСТР 59057–2020 «Охрана окружающей среды. Земли. Общие требования по рекультивации нарушенных земель».

К основным мероприятиям по рекультивации следует отнести:

1. Снос всех строений (имеется вероятность их обрушения). Кроме того, при небольшом ветре внутри этих строений могут быть высокие уровни ЭРОА радона до 10–20 кБк/м<sup>3</sup>.
2. Необходимо закрыть все провалы в зданиях и на территории. Кроме физической опасности для людей и животных, они являются источниками поступления радона в атмосферу. Для ликвидации провалов можно использовать строительные материалы, образующиеся при сносе зданий, и почву с насыпей. Как показали измерения,  $A_{\text{эфф.}}$  в кирпичах строений равна  $140 \pm 14$  Бк/кг, то есть не превышает 370 Бк/кг.
3. В соответствии с Руководством Ростехнадзора<sup>9</sup> отвалы забалансовых руд и пустых пород, не относящиеся к РАО, рекомендуется переместить в денудационные зоны, открытое пространство которых лежит ниже уровня земной поверхности (например, карьеры, провалы, прогибы), или выполаживать на месте и укрыть грунтами или породами, суммарная удельная активность альфа-излучающих радионуклидов и мощность эквивалентной дозы гамма-излучения которых не превышают допустимых уровней, установленных в соответствии с санитарными правилами и нормативами обеспечения радиационной безопасности.
4. Убрать с площадки строительный мусор и ликвидировать остатки хранилища горючих материалов.

### Благодарность

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

<sup>8</sup> Р 2.6.5.048-2017. Критерии реабилитации территорий и объектов предприятий по добыче и переработке урановых руд [R2.6.5.048-2017. Criteria for the Rehabilitation of Territories and Facilities of Enterprises for the Extraction and Processing of Uranium Ores. (In Russ.)].

<sup>9</sup> Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Обеспечение безопасности при рекультивации территорий предприятий по добыче и переработке урановых и ториевых руд» (РБ-113-16).

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. URL: <https://koka-lermont.livejournal.com/2820131.html>. (Дата обращения: 20.10.23 г.).
2. Шарков А.А. Геологический феномен ураново-редкометалльных месторождений // Природа. 2015. № 2. С. 21-30.
3. Пятов Е.А. Стране был нужен уран. История геологоразведочных работ на уран в СССР / Под ред. Машковцева Г.А. М., 2005 г. 246 с.
4. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Республики Калмыкия на 15.03.2022 г. Справка подготовлена ФГБУ «ВСЕГЕИ» в рамках выполнения Государственного задания Федерального агентства по недропользованию от 14.01.2022 г. №049-00018-22-01. Электронный ресурс: <https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202011/6b230b8651203abb9ea69156ba246bc4.pdf>. Microsoft Word - \_MSB\_KALMYKIYA\_15.03.2022.docx (vsegei.ru). (Дата обращения: 20.10.23 г.).
5. 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). Электронный ресурс: [http://www.conventions.ru/view\\_base.php?id=9680](http://www.conventions.ru/view_base.php?id=9680) (Дата обращения: 20.10.2023).
6. Проверка показала: шахта «Степная» не представляет угрозы. URL Электронный ресурс: [https://epp.genproc.gov.ru/web/proc\\_08/mass-media/news/archive?item=40848860](https://epp.genproc.gov.ru/web/proc_08/mass-media/news/archive?item=40848860).
7. Болдуринова Е. Уран в Калмыкии: объекты наследия и новые горизонты. Электронный ресурс: <https://tegrk.ru/archives/4598?ysclid=lj44arcobg815973413>. (Дата обращения: 20.10.2023).
8. Электронный ресурс: [https://epp.genproc.gov.ru/web/proc\\_08/mass-media/news/archive?item=40848860](https://epp.genproc.gov.ru/web/proc_08/mass-media/news/archive?item=40848860). (Дата обращения: 20.10.2023).

## REFERENCES

1. URL: <https://koka-lermont.livejournal.com/2820131.html>. (Date of Access: 20.10.2023).
2. Sharkov A.A. Geological Phenomenon of Uranium and Rare Metal Deposits. *Priroda*. 2015;2:21-30. (In Russ.).
3. Pyatov E.A. *Strane Byl Nuzhen Uran. Istoryya Geologorazvedochnyh Rabot na Uran v SSSR* = The Country Needed Uranium. History of Geological Exploration for Uranium in the USSR. Ed. Mashkovtsev G.A. Moscow Publ., 2005. 246. (In Russ.).
4. URL: <https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202011/6b230b8651203abb9ea69156ba246bc4.pdf>. Microsoft Word - \_MSB\_KALMYKIYA\_15.03.2022.docx (vsegei.ru). (Date of Access: 20.10.2023) (In Russ.)
5. URL: [http://www.conventions.ru/view\\_base.php?id=9680](http://www.conventions.ru/view_base.php?id=9680) (Adopted in Moscow on 27.12.2006). (Date of Access: 20.10.2023) (In Russ.).
6. URL: [https://epp.genproc.gov.ru/web/proc\\_08/mass-media/news/archive?item=40848860](https://epp.genproc.gov.ru/web/proc_08/mass-media/news/archive?item=40848860). (In Russ.)
7. Boldurinova E. Uranium in Kalmykia: Legacy Sites and New Horizons. URL: <https://tegrk.ru/archives/4598?ysclid=lj44arcobg815973413> (In Russ.)
8. URL: [https://epp.genproc.gov.ru/web/proc\\_08/mass-media/news/archive?item=40848860](https://epp.genproc.gov.ru/web/proc_08/mass-media/news/archive?item=40848860). (Date of Access: 20.10.2023) (In Russ.).

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

**Финансирование.** Финансирование исследований проводилось за счёт оплаты по Государственному контракту в рамках федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 гг. и на период до 2030 г.».

**Участие авторов.** Титов А.В. – сбор материала и обработка данных, написание текста; Бельских Ю.С. – сбор материала и обработка данных, написание текста; Исаев Д.В. – сбор материала и обработка данных, написание текста; Шандала Н.К. – концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Дороньева Т.А. – проведение измерений проб, статистическая обработка данных; Богданов И.И. – проведение измерений проб, статистическая обработка данных; Семенова М.П. – анализ литературного материала, редактирование текста; Бурцев С.Л. – проведение измерений проб. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

**Поступила:** 20.10.2023. Принята к публикации: 27.11.2023.

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

**Financing.** The work was financed under the State Contract as part of the Federal Target Program «Nuclear and Radiation Safety for 2016-2020 and for the period until 2030».

**Contribution.** Titov A.V. – data collection and processing, writing the text; Belskikh Yu.S. – data collection and processing, writing the text; Isaev D.V. – data collection and processing, writing the text; Shandala N.K. – study conception and design, writing and editing the text; Doronjeva T.A. – sample measurements, statistical data processing; Bogdanov I.I. – sample measurements, statistical data processing; Semenova M.P. – literary material analysis, editing the text; Burtsev S.L. – sample measurements. All authors are responsible for approval of the final version of the article and integrity of all parts of the article.

**Article received:** 20.10.2023. Accepted for publication: 27.11.2023.