

**А.В. Титов, Ю.С. Бельских, Д.В. Исаев, Н.К. Шандала,
Т.А. Дороньева, Ю.В. Кроткова, М.П. Семенова, А.А. Шитова, А.А. Филонова**

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В ПОСЕЛКЕ НАРТА (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: Оценить радиоэкологическую обстановку в поселке Нарта и дозы облучения населения в настоящее время.

Материал и методы: Для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) использовался метод пешеходной гамма-съемки с помощью портативного спектрометрического комплекса MKS-01A «Мультирад-М» и дозиметра-радиометра MKS-AT6101c. Для измерения МАЭД во дворах и в помещениях применялся дозиметр гамма-излучения ДКГ-02У «Арбитр». Активность гамма-излучающих радионуклидов в пробах почвы измерялась на стационарном гамма-спектрометре фирмы CANBERRA. Измерение активности ^{210}Po и ^{210}Pb проводилось на радиометрической установке УМФ-2000 после их радиохимического выделения. Измерения объемной активности (OA) и эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона выполнялись аэрозольным альфа-радиометром радона и торона РАА-20П2 «Поиск», камерами РЭИ-4 с пленочными трековыми детекторами комплекта ТРЕК-РЭИ 1М и интегральным радиометром радона «Radon Scout PLUS». Оценки доз облучения населения выполнены в соответствии с МУ 2.6.1.1088-02.

Результаты: Среднее значение МАЭД на территории поселка составляет $0,10 \pm 0,01 \text{ мЗв/ч}$, а в помещениях $0,10 \pm 0,02 \text{ мЗв/ч}$.

Среднегодовые значения OA радона в жилых помещениях находятся в диапазонах от 27 до $330 \text{ Бк}/\text{м}^3$ (среднее значение $110 \text{ Бк}/\text{м}^3$, медиана $97 \text{ Бк}/\text{м}^3$). Среднегодовые индивидуальные эффективные дозы облучения населения от всех природных источников ионизирующего излучения находятся в диапазоне от 2,5 до 13 мЗв при среднем значении 5,4 и медиане 4,9 мЗв.

Заключение: Радиоэкологическая обстановка в поселке Нарта не отличается от таковой в фоновом населенном пункте – селе Ульдючины. Среднегодовые значения ЭРОА радона в жилых и общественных помещениях поселка не превышают допустимого уровня для эксплуатируемых строений $200 \text{ Бк}/\text{м}^3$. Средняя индивидуальная годовая эффективная доза облучения населения поселка Нарта выше, чем в среднем по Калмыкии ($3,4 \text{ мЗв}$) за счет повышенных значений дозы от ингаляционного поступления радона и его дочерних радионуклидов при нахождении в помещениях.

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

Для цитирования: Титов А.В., Бельских Ю.С., Исаев Д.В., Шандала Н.К., Дороньева Т.А., Кроткова Ю.В., Семенова М.П., Шитова А.А., Филонова А.А. Радиоэкологическая обстановка в поселке Нарта (Калмыкия) // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2024. Т. 69. № 5. С. 34–41. DOI:10.33266/1024-6177-2024-69-5-34-41

**A.V. Titov, Yu.S. Belskikh, D.V. Isaev, N.K. Shandala,
T.A. Doroneva, Yu.V. Krotkova, M.P. Semenova, A.A. Shitova, A.A. Filonova**

Radio-Ecological Situation in the Area of the Settlement of Narta (Kalmykia)

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

Contact person: A.V. Titov, e-mail: titov_fmhc@mail.ru

ABSTRACT

Purpose: To assess radio-ecological situation in the settlement of Narta and estimate current public doses.

Material and methods: To measure the ambient dose equivalent rate (ADER), the pedestrian gamma survey method was used using a portable spectrometric complex MKS-01A “Multirad-M” and dosimeter-radiometer MKS-AT6101c. To measure the ADER in courtyards and indoors, a gamma radiation dosimeter DKG-02U “Arbitr” was used. The activity of gamma-emitting radionuclides in soil samples was measured using a stationary gamma spectrometer from CANBERRA. The activities of ^{210}Po and ^{210}Pb were measured using a radiometric installation UMF-2000 following their radiochemical separation from samples. Volumetric activity (VA) and equilibrium equivalent volumetric activity (EEVA) of radon were measured with an aerosol alpha radiometer for radon and thoron RAA-20P2 “Poisk”, REI-4 cameras with film track detectors of the TRACK-REI 1M set (Russia) and an integrated radon radiometer «Radon Scout PLUS». Public dose assessment was carried out in accordance with a guidelines MU 2.6.1.1088-02.

Results: The average value of the ADER on the territory of the settlement is $0.10 \pm 0.01 \text{ } \mu\text{Sv}/\text{h}$, and in the premises this value is $0.10 \pm 0.02 \text{ } \mu\text{Sv}/\text{h}$. Average annual values of radon VA in dwellings range from 27 to $330 \text{ Bq}/\text{m}^3$ (average value is $110 \text{ Bq}/\text{m}^3$, median is $97 \text{ Bq}/\text{m}^3$). Average annual individual effective radiation doses to the population from all natural factors range from 2.5 to 13 mSv , with an average value of 5.4 and a median of 4.9 mSv.

Conclusions: The radio-ecological situation is the settlement of Narta does not differ from that in the background settlement – the village of Uldyuchiny. The average annual values of EEVA in dwellings and offices of the settlement do not exceed the permissible level for the operating buildings of $200 \text{ Bq}/\text{m}^3$. The annual individual effective public dose in the village of Narta

is higher than the average value for Kalmykia (3.4 mSv) due to increased dose values from the inhalation intake of radon and its daughter radionuclides in the premises.

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

For citation: Titov AV, Belskikh IuS, Isaev DV, Shandala NK, Doroneva TA, Krotkova IuV, Semenova MP, Shitova AA, Filonova AA. Radio-Ecological Situation in the Area of the Settlement of Narta (Kalmykia). Medical Radiology and Radiation Safety. 2024;69(5):34–41. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2024-69-5-34-41

Введение

В 1958 г. в 40 км к югу от г. Элиста геологоразведка обнаружила крупное урановое месторождение «Степное» [1]. На месторождении была построена шахта «Степная», на которой добыча руды проводилась до 1962 г. [2].

Ближайшим к шахте населенным пунктом являлся поселок Нарта (Приютненский район Калмыкии), расположенный в 5 км к северу от шахты (см. рис.1).

Задачами проведенных в 2023–2024 гг. исследований являлись оценка возможного влияния деятельности шахты «Степная» в период эксплуатации и при проведении работ по выводу из эксплуатации на радиационную обстановку в поселке Нарта и оценка доз облучения населения на современном этапе.

В поселке Нарта расположено 37 одноэтажных жилых домов, в 35 из которых постоянно проживает население. Жилые дома постройки 70-х годов в основном каркасные из бетона с кирпичной облицовкой. Подвальные помещения отсутствуют. В большинстве жилых помещений в летнее время используются кондиционеры. Несколько домов построены из самана и ракушечника. Полы в домах деревянные, покрыты ламинатом или ли-

нолеумом. Двухэтажные дома, в которых проживали работники шахты, и здание клуба в настоящее время не используются и находятся в полуразрушенном состоянии.

Из зданий общественного назначения в поселке Нарта имеются только школа (Муниципальное казенное общеобразовательное учреждение «Нартинская СОШ», двухэтажное здание постройки 1985 г.), в которой располагается фельдшерско-акушерский пункт (ФАП), и одноэтажное здание сельской администрации. Детского сада в поселке нет. Детей дошкольного возраста отвозят в основном в детский сад поселка Ульючины.

Отопление домов газовое. Отопительный сезон начинается в октябре и заканчивается в конце марта.

На 1 января 2024 г. численность населения (постоянных жителей) поселка Нарта составляет 152 чел., в том числе 5 детей в возрасте до 6 лет, 7 подростков (школьников) в возрасте от 7 до 17 лет, 18 молодых людей от 18 до 29 лет, 70 взрослых в возрасте от 30 до 60 лет, 44 пожилых человека от 60 лет и 8 долгожителей старше 80 лет. Количество официально занятого населения составляет 91 чел. (59,6 %), пенсионеров 44 чел. (29 %) и официально оформленных и состоящих на учете безработных 9 чел. (5,8 %) [3].



Рис. 1. Поселок Нарта
Fig. 1. The village of Narta

Из-за отсутствия воды для полива в поселке Нарта не выращивают ни фрукты, ни овощи, в том числе картофель. Питьевая вода в поселке привозная, как и в других населенных пунктах Приютненского района. У некоторых жителей есть коровы и овцы в личном домашнем хозяйстве. Но в основном все пищевые продукты и питьевая вода являются привозными.

Материал и методы

Для оценки возможного влияния деятельности шахты были проведены измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) и удельной активности (УА) радионуклидов в почве на территории поселка. Результаты измерений сравнивались с данными, полученными в фоновом населенном пункте, в качестве которого выбрано село Ульдючины, расположеннное в 12 км в северо-западном направлении от шахты.

При измерении МАЭД на территории 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» (Белоруссия), имеющих привязку к географическим координатам. Для измерения МАЭД во дворах и в помещениях применялся дозиметр гамма-излучения ДКГ-02У «Арбитр» (Россия).

Измерение УА ^{238}U , ^{235}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{210}Pb и ^{40}K в пробах почвы 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 месяца. УА ^{210}Po и ^{210}Pb измерялась на альфа-бета радиометре УМФ-2000 после ихadioхимического выделения из проб в соответствии с МУК 4.3.051-2011¹.

Для оценки среднегодовых эффективных доз облучения дополнительно проведены измерения радона в помещениях и на открытой местности. Для кратковременных измерений ОА и ЭРОА радона использовался аэрозольный альфа-радиометр радона и торона РАА-20П2 «Поиск» (Россия). Измерения объемной активности (ОА) в неотапливаемый и отапливаемый периоды года проводились камерами РЭИ-4 с плечевыми трековыми детекторами комплекта ТРЕК-РЭИ 1М (Россия) в соответствии с методикой измерения² и интегральным радиометром радона Radon Scout PLUS (Германия).

Время экспозиции дозиметров составляло 50 и 75 сут в отапливаемый (февраль–март) и неотапливаемый (июнь–август) периоды соответственно.

Для исследования суточной динамики ОА радона в помещениях использовался интегральный радиометр радона Radon Scout PLUS.

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

² Радон. Измерение объемной активности в воздухе помещений интегральным трековым методом: Методика измерений. Разработана ФГУП НТЦ РХБГ ФМБА России, ООО «ГК РЭИ». Аттестована ФГУП ВНИИФТРИ, свидетельство № 40090.2И385 от 16.07.2012 г. [Measurements of radon concentration with SSNTDs. Guidelines. Developed by Research and Technical Center of Radiation-Chemical Safety and Hygiene (Federal Medical-Biological Agency of Russia) and LLC “REI Group of Companies”. Certified by VNIIFTRI, certificate No. 40090.2И385 dated 16.07.2012. (In Russ.)]

Оценка доз облучения населения проводилась в соответствии с Методическими указаниями МУК 2.6.1.1088-02³.

Результаты и обсуждение

На рис. 2 представлены точки измерений параметров радиационной обстановки и отбора проб почвы при исследовании в поселке Нарта и фоновом населенном пункте селе Ульдючины в летний период.

Распределения МАЭД по территории этих населенных пунктов представлены на рис. 3. Распределение МАЭД по жилым помещениям поселка Нарта показано на рис. 4.

В табл. 1 приведены статистические параметры этих распределений.

Таблица 1

Параметры распределения мощности амбиентного эквивалента дозы

Parameters of the distribution of ambient dose equivalent rate

Населенный пункт	Место измерения	Параметры распределения МАЭД, мкЗв/ч			
		Средняя	Медиана	Диапазон изменения	Стандартное отклонение
Нарта	Территория	0,10	0,10	0,072–0,23	0,012
	Помещения	0,10	0,09	0,080–0,15	0,019
	Дворы	0,09	0,09	0,06–0,15	0,02
Ульдючины	Территория	0,10	0,10	0,075–0,16	0,01

Распределение МАЭД по территории обоих населенных пунктов удовлетворительно описывается нормальным законом. Различия в средних значениях МАЭД на территории Нарты и Ульдючины статистически не значимы (при уровне значимости 0,05).

На территории дворов и в помещениях значения МАЭД не отличаются от МАЭД на территории поселка.

Полученные результаты не противоречат данным других источников. Например, по данным работы [4], среднегодовые значения МАЭД на территории населенных пунктов Калмыкии составляют 0,13 мкЗв/ч.

В табл. 2 приведены результаты измерения радионуклидов в пробах почвы населенных пунктов.

Таблица 2

Удельная активность радионуклидов в пробах почвы

The specific activity of radionuclides in soil samples

Населенный пункт	Удельная активность радионуклидов (\pm стандартное отклонение), Бк/кг						
	^{238}U	^{226}Ra	^{235}U	^{210}Pb	^{210}Po	^{232}Th	^{40}K
Поселок Нарта	28±8	17±3	1,6±0,2	56±27	41±23	23±4	420±70
Село Ульдючины	27±10	18±2	1,7±0,1	53±20	37±14	23±2	410±48

Сравнение значений УА природных радионуклидов в почве этих населенных пунктов с помощью двухвыборочного t-теста с различными дисперсиями показало, что на этих территориях средние значения УА природных радионуклидов значимо не отличаются.

Среднее значение отношения УА ^{210}Pb к УА ^{210}Po в почве поселка составляет $1,0\pm0,3$ и не отличается от среднего отношения в почве села Ульдючины ($0,9\pm0,1$).

Среднее значение эффективной удельной активности природных радионуклидов ($A_{\text{эфф}}$) в грунте дорог поселка

³ 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.)]

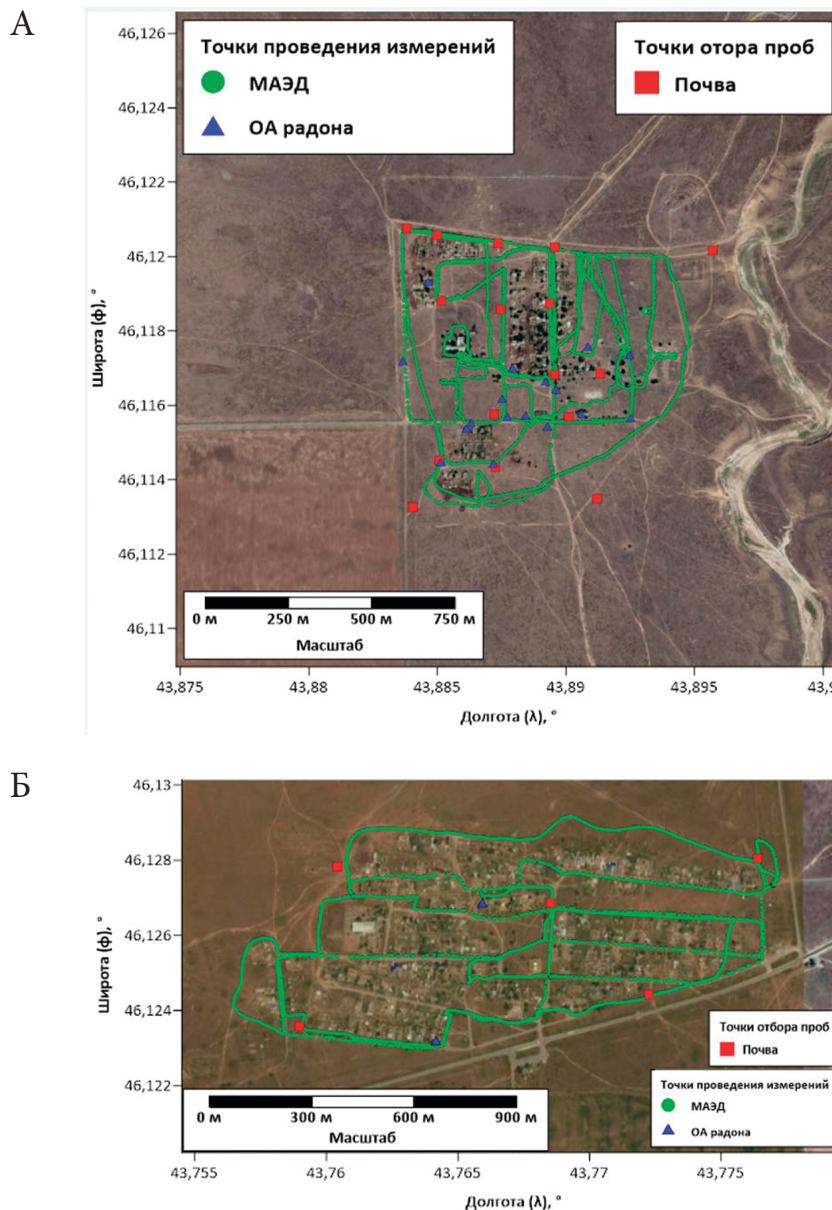


Рис. 2. Объем выполненных исследований на территории населенных пунктов Нарта (А) и Ульдючин (Б)
Fig. 2. The volume of research performed on the territory of settlements Narta (A) and Ul'dyuchiny (B)

Нарта (по результатам измерения портативным спектрометрическим комплексом МКС-01А «Мультирад-М») составило 190 ± 30 Бк/кг (диапазон изменения 90–290 Бк/кг), что не отличается от среднего значения в селе Ульдючины – 200 ± 30 Бк/кг (диапазон изменения 110–270 Бк/кг).

Изменение радиационной обстановки в поселке Нарта в период деятельности шахты «Степная» и при выведении ее из эксплуатации могло происходить по двум путям:

- загрязнение территории от выбросов радиоактивных веществ (изотопов урана, радона и его дочерних радионуклидов) в период эксплуатации шахты (прямой путь);
- использование грунта отвалов шахты для реконструкции дорог или использование стройматериалов или металла с шахты в личных хозяйствах после закрытия шахты (косвенный путь).

В обоих случаях территория поселка могла быть загрязнена основными радионуклидами ^{238}U , ^{226}Ra и дочерними радионуклидами ^{222}Rn (^{210}Pb и ^{210}Po), приводящими к повышению МАЭД по сравнению с фоновыми

значениями. За 60 лет после прекращения эксплуатации шахты активность ^{210}Pb и ^{210}Po , связанная с выпадениями от выбросов, существенно снизилась. Поэтому для оценки значимости загрязнения от выбросов шахты рассматривались более долгоживущие радионуклиды ^{238}U и ^{226}Ra .

Полученные результаты свидетельствуют о том, что УА этих радионуклидов в почве поселка Нарта, как и значения МАЭД, в настоящее время значимо не отличаются от значений этих параметров в фоновом населенном пункте. Таким образом, влияние деятельности шахты «Степная» на радиационную обстановку в поселке Нарта в настоящее время не определяется.

Для оценки доз облучения населения поселка были также проведены измерения ОА радона трековыми детекторами в помещениях в неотапливаемый и отапливаемый периоды года и кратковременные измерения ЭРОА для оценки коэффициента равновесия между радоном и его дочерними радионуклидами. На территории поселка проводилась только кратковременные измерения ЭРОА радона.

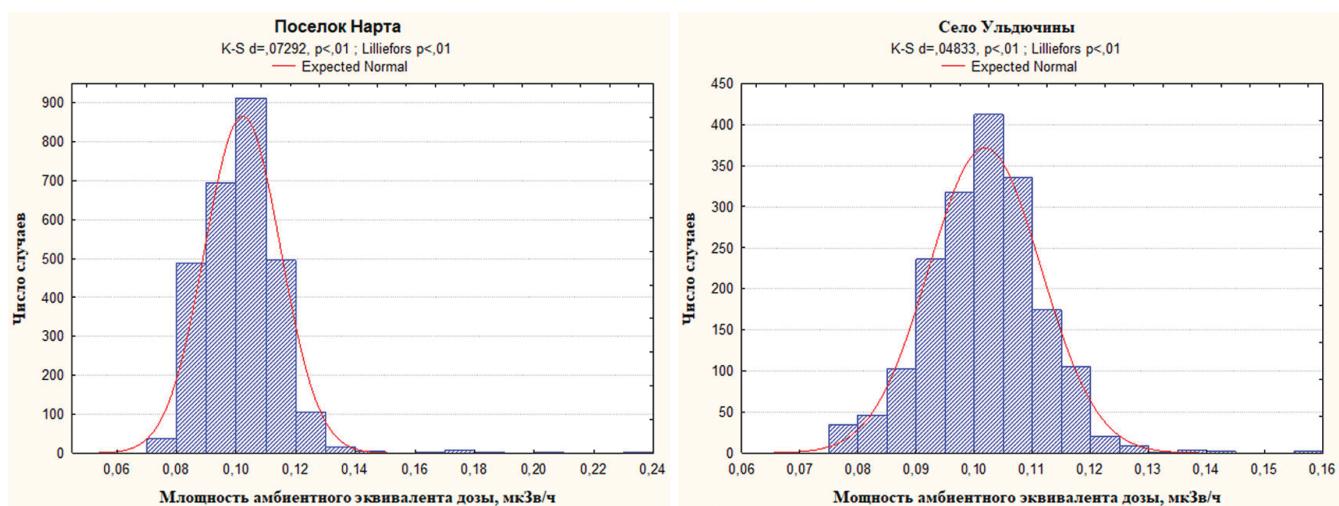


Рис. 3. Распределение мощности амбиентного эквивалента дозы по территориям населенных пунктов

Fig. 3. Distributions of the ambient dose equivalent rate by the territory of settlements

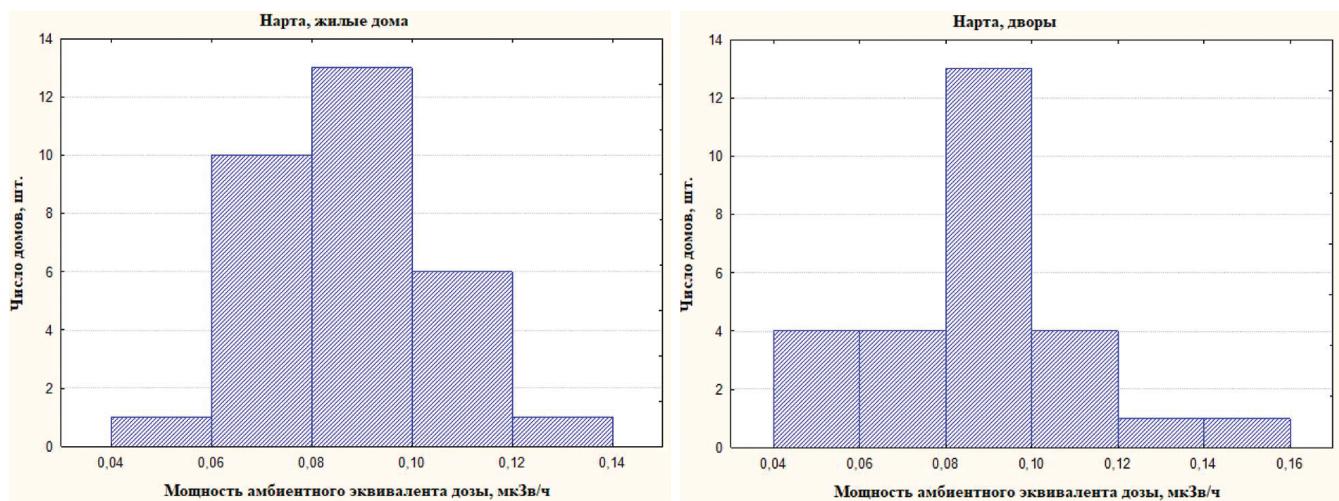


Рис. 4. Мощность амбиентного эквивалента дозы в жилых домах и дворах поселка Нарта

Fig. 4. Distributions of the ambient dose equivalent rate by residential buildings and courtyards of the village of Narta

На рис. 5 показано расположение домов по территории поселка, где устанавливались трековые детекторы радона в различные периоды года.

Оцененные по кратковременным измерениям ОА и ЭРОА средние значения коэффициента равновесия между радоном и его дочерними радионуклидами в неотапливаемый и отапливаемый периоды составили $0,48 \pm 0,05$ и $0,46 \pm 0,05$ соответственно.

Поэтому для оценки ЭРОА по результатам измерения ОА радона принималось среднегодовое значение коэффициента равновесия, равное 0,5, как рекомендуется в МР 2.6.1.0333-23⁴.

Измерение ОА радона в оба периода года проведено в 19 жилых домах. Еще в двух домах были проведены измерения только в отапливаемый период и в одном только в неотапливаемый период.

На рис. 6 представлены распределения ОА радона по жилым помещениям поселка Нарта, построенные по результатам измерения трековыми дозиметрами, а в табл. 3 – результаты их статистической обработки.

⁴ 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.)]

По данным работы [5], в которой приведены результаты измерения ОА радона в отапливаемый период года (три зимних месяца в 2006-2007 гг.) в 8 жилых домах поселка Нарта, среднее значение ОА радона составило $106 \text{ Бк}/\text{м}^3$ при максимальном значении $191 \text{ Бк}/\text{м}^3$. Результаты, представленные в табл. 3, хорошо согласуются с этими данными. Однако, как показали измерения в 19 жилых домах, в поселке имеются и такие дома, в которых максимальные значения ОА достигают до $360 \text{ Бк}/\text{м}^3$.

С учетом коэффициента равновесия радона и его дочерних радионуклидов значения ЭРОА радона в жилых помещениях поселка Нарта в течение года не превышают $200 \text{ Бк}/\text{м}^3$. Причем только в одном из обследованных домов среднегодовое значение ЭРОА радона оказалось более $100 \text{ Бк}/\text{м}^3$.

В среднем значения ОА радона в отапливаемый период были в 2,2 раза выше, чем в неотапливаемый период. В двух домах, где выполнены измерения только в отапливаемый период и полученные значения ОА радона составили 57 и $71 \text{ Бк}/\text{м}^3$, среднегодовая ОА радона также не должна превысить $100 \text{ Бк}/\text{м}^3$.

Интегральные измерения ОА радона были также проведены и в зданиях общественного назначения, в том числе и в детском саду села Ульдючины.

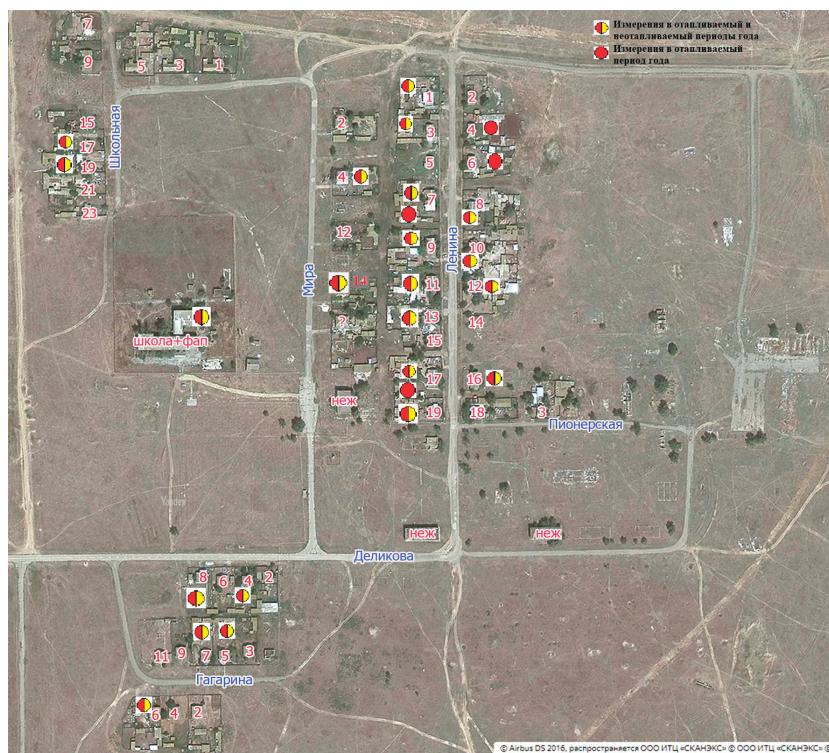


Рис. 5. Расположение точек измерения объемной активности радона в помещениях трековыми детекторами

Fig. 5. Location of radon volumetric activity measurement points in rooms with track detectors

Таблица 3

Статистические параметры распределения объемной активности радона в жилых помещениях

Statistical parameters of the distribution of radon volumetric activity in dwellings

Период года	Параметры распределения, Бк/м ³					
	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
Неотапливаемый	78	51	12	300	79	18
Отапливаемый	120	110	34	360	69	15
Среднегодовые значения	110	97	27	330	64	15

В связи с тем, что в этих зданиях дети и сотрудники находятся только в дневное время, для внесения поправок при оценке доз облучения от радона были выполнены измерения суточной динамики ОА.

Результаты измерения ОА радона (среднесуточная и средняя в дневное время с учетом поправок по результатам измерения динамики радона в течение суток) в зданиях общественного назначения поселка Нарта приведены в табл. 4. В нее же включены данные измерений в детском саду села Ульючины, который посещают и дети поселка.

Как видно из приведенных в табл. 4 данных, ОА радона в детском саду села Ульючины несколько выше, чем зданиях поселка Нарта. Но ЭРОА радона (при коэффициенте равновесия, равном 0,5) не превышают 200 Бк/м³.

Высокие уровни радона в домах села Ульючины отмечались и в работе [5]. По данным этой работы, в отапливаемый период 2006-2007 гг. среднее значение ОА радона по 8 обследованным домам составляло 295 Бк/м³ при максимальном значении 800 Бк/м³.

Таблица 4

Результаты исследования объемной активности радона в зданиях общественного назначения

The results of a study of radon volumetric activity in public buildings

Место измерения	Объемная активность радона (среднесуточная/средняя в дневное время), Бк/м ³		
	Неотапливаемый период	Отапливаемый период	Среднегодовая
Администрация (Нарта)	43/43	95/66	69/55
Школа (Нарта)	31/29	26/24	29/26
Детский сад (Ульючины)		150/100	

Результаты проведенных исследований были использованы для оценки среднегодовых эффективных доз облучения населения.

В табл. 5 представлены результаты оценки средней годовой дозы облучения населения за счет ингаляционного поступления радона и суммарной дозы, включающей, помимо облучения от радона, дозу внешнего облучения в помещениях и на открытой местности. Для населения оценки выполнены при условии нахождения в течение 80 % времени в домах и 20 % на открытой местности (5 % на улице и 15 % во дворе).

На территории поселка ЭРОА радона по результатам кратковременных измерений не превышала 10 Бк/м³.

Население поселка в основном пользуется привозными пищевыми продуктами и питьевой водой. Эффективные дозы от их потребления не отличаются от среднегодовых доз в Калмыкии, которые составляют 0,14 мЗв [6]. Если прибавить дозы от ⁴⁰K (0,17 мЗв), ингаляции долгоживущих природных радионуклидов с атмосферным воздухом (0,006 мЗв) и космической компоненты (0,318 мЗв) [6], то средняя годовая доза облучения населения поселка Нарта за счет всех природных источников ионизирующего излучения составит 5,3 мЗв.

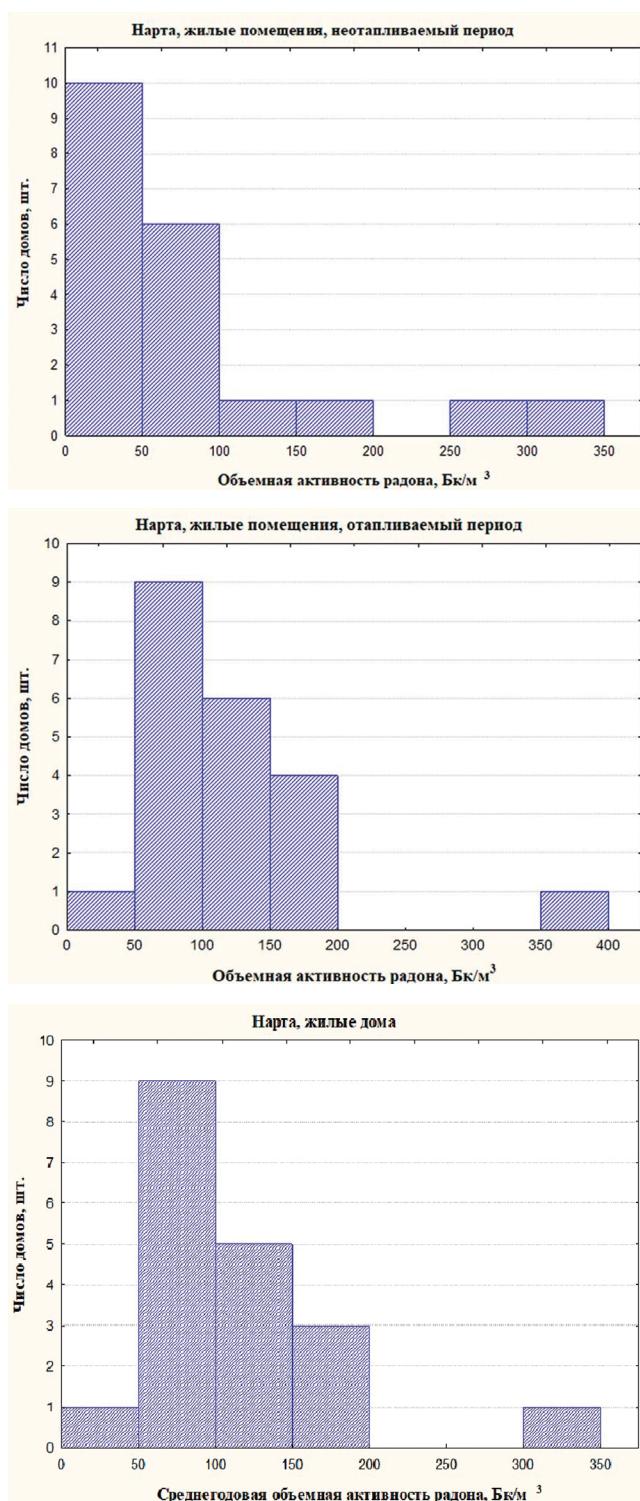


Рис. 6. Распределение объемной активности радона по домам поселка Нарта

Fig. 6. Distribution of radon volumetric activity among houses in the village of Narta

Распределение индивидуальных доз представлено на рис. 7, а статистические параметры этого распределения – в табл. 6.

Среднегодовые эффективные дозы облучения сотрудников за время работы в зданиях общественного назначения (247 дней по 8 ч/день) составят 0,71, 0,44 и 1,2 мЗв (максимальная оценка по результатам измерения радона в отапливаемый период года) в администрации, школе и детском саду соответственно.

Таблица 5
Средние годовые дозы внешнего терригенного облучения и облучения от радона населения поселка Нарта
Average annual doses of external terrigenous radiation and radiation from radon of the population of the village of Narta

Среднегодовая доза	Параметры распределения, мЗв					
	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
Радон	4,0	3,4	1,1	11	2,0	0,5
Суммарная	4,8	4,3	1,8	12	2,2	0,5

Таблица 6
Средняя годовая доза облучения населения поселка Нарта от всех факторов радиационного воздействия
Average annual radiation dose to the population of the village of Narta from all radiation exposure factors

Параметры распределения, мЗв					
Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
5,4	4,9	2,5		2,2	0,5

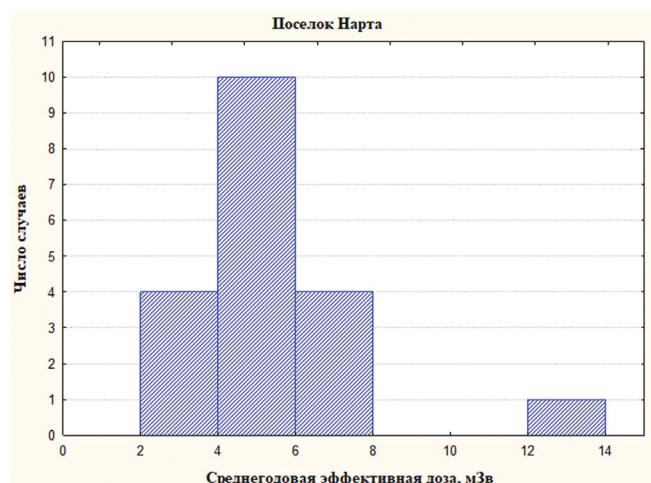


Рис. 7. Распределение индивидуальных годовых эффективных доз по домам поселка Нарта

Fig. 7. Distribution of individual annual effective doses to the houses of the village of Narta

Заключение

Обследование, проведенное в 2023-2024 гг., показало, что радиационная обстановка на территории поселка Нарта (ближайшего населенного пункта к шахте «Степная») не отличается от таковой на территории села Ульдючины (населенного пункта, принятого в качестве фонового):

- среднее значение МАЭД составляет на территории поселка $0,10 \pm 0,01$ мЗв/ч и в помещениях $0,10 \pm 0,02$ мЗв/ч, а в селе Ульдючины $0,10 \pm 0,01$ и $0,12 \pm 0,01$ мЗв/ч на территории и в помещениях соответственно;
- средние значения УА природных радионуклидов в обоих населенных пунктах значимо не отличаются;
- среднее значение А_{эфф.} в грунте дорог поселка Нарта составило 190 ± 30 Бк/кг, что не отличается от среднего значения в селе Ульдючины – 200 ± 30 Бк/кг.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что почвы поселка Нарта не загрязнены грунтом с площадки шахты, а остаточное загрязнение территории радионуклидами от выбросов шахты при ее эксплуатации в настоящее время достоверно не определяется.

Среднегодовые значения ОА радона в жилых помещениях поселка Нарта находятся в диапазоне от 27 до 330 $\text{Бк}/\text{м}^3$ (среднее значение $120 \text{ Бк}/\text{м}^3$, медиана $97 \text{ Бк}/\text{м}^3$).

С учетом коэффициента равновесия радона и его дочерних радионуклидов, который по результатам кратковременных измерений был принят равным 0,5, среднегодовые значения ЭРОА радона в жилых и служебных помещениях поселка не превышают 170 Бк/м³. Причем в большинстве домов, где проведены измерения, значения ЭРОА радона менее 100 Бк/м³.

Индивидуальные годовые дозы облучения населения поселка Нарта от всех природных радиационных источников ионизирующего излучения находятся в диапазоне 2,5–13 мЗв (среднее значение 5,4 мЗв, медиана 4,9 мЗв). Это несколько выше, чем в среднем по Калмыкии (3,4 мЗв), за счет дозы от ингаляционного поступления радона и его дочерних радионуклидов при нахождении в помещениях.

В соответствии с ОСПОРБ-99/2010 облучение населения поселка является повышенным.

Так как значения МАЭД в помещениях поселка Нарта практически не отличаются от таковых на терри-

тории, строительные материалы не являются значимой причиной высоких уровней радона в помещениях. Радон в помещения поступает в основном через пол в результате экскальации с поверхности земли и транспорта с грунтовым воздухом из подстилающих пород под домами вследствие конвекции из-за разности давлений [5]. Отсутствие проветриваемых подвальных помещений под домами усиливает эти процессы.

Для снижения ОА радона населению поселка рекомендовано проводить регулярное проветривание помещений.

Благодарность

Авторы выражают благодарность сотрудникам ФГБУЗ ЦГиЭ № 101 ФМБА России, администрации и жителям поселка Нарта за содействие в выполнении исследований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- URL: <https://koka-lermont.livejournal.com/2820131.html>. Кольцовская экспедиция. (Дата обращения: 22.04.24).
- Пятов Е.А. Стране был нужен уран. История геологоразведочных работ на уран в СССР / Под ред. Г.А.Машковцева. М.: ВИМС, 2005. 246 с.
- Население поселка Нарта Приютненского района Республики Калмыкия. Электронный ресурс: <https://bdex.ru/naselenie/respublika-kalmykiya/n/priutnenskiy/narta/>.
- Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2019 году: Ежегодник. Обнинск, 2020. 339 с.
- Окерблум Г., Герман О., Стамат И.П., Сёдерман А.-Л., Венков В.А. Радон в жилых зданиях Республики Калмыкия. Результаты национальной программы исследований за 2006-2007 гг.: Отчет / Пер. с англ. СПб.: ФГУН НИИРГ, 2009. 46 с. ISSN: 2000-0456. Электронный ресурс: www.stralsakerhetsmyndigheten.se
- Радиационная обстановка на территории Российской Федерации в 2022 году: Справочник. СПб., 2023. 66 с.

REFERENCES

- URL: <https://koka-lermont.livejournal.com/2820131.html>. Koltsov's Expedition (accessed date: April 22, 2024) (In Russ.).
- Pyatov EA. *Strane Byl Nuzhen Uran. Istoryya Geologorazvedochnykh Rabot na Uran v SSSR* =The Country Needed Uranium. History of Geological Exploration for Uranium in the USSR. Ed. G.A.Mashkovtsev. Moscow Publ., 2005. 246 p. (In Russ.).
- Naseleniye Poselka Narta Priyutnenskogo Rayona Respubliki Kalmykiya* = Population of the Village of Narta, Priyutnensky District, Republic of Kalmykia. URL: <https://bdex.ru/naselenie/respublika-kalmykiya/n/priutnenskiy/narta/> (accessed date: April 22, 2024) (In Russ.).
4. *Radiatsionnaya Obstanovka na Territorii Rossii i Sopredel'nykh Gosudarstv v 2019 godu* = Radiation Situation in Russia and Neighboring Countries in 2019. Yearbook. Obninsk Publ., 2020. 339 p. (In Russ.).
5. Åkerblom G., German O., Stamat I., Söderman Ann-Louis, Venkov V. *Radon v Zhilykh Zdaniyakh Respubliki Kalmykiya. Rezul'taty Natsional'noy Programmy Issledovaniya za 2006-2007 gg.* = Radon in Residential Buildings of the Republic of Kalmykia. Results from the National Radon Survey 2006-2007. Report. St. Petersburg Publ., 2009. 46 p. (In Russ.). ISSN 2000-0456. URL: www.stralsakerhetsmyndigheten.se
6. *Radiatsionnaya Obstanovka na Territorii Rossiyskoy Federatsii v 2022 godu. Spravochnik* = Radiation Situation on the Territory of the Russian Federation in 2022. Handbook. St. Petersburg Publ., 2023. 66 p. (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., с.н.с. – сбор материала и обработка данных, написание текста; Бельских Ю.С., н.с. – сбор материала и обработка данных, написание текста; Исаев Д.В., с.н.с. – сбор материала и обработка данных, написание текста; Шандала Н.К., заместитель генерального директора, д.м.н. – концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Дороньева Т.А., н.с. – проведение измерений проб, статистическая обработка данных; Кроткова Ю.В., м.н.с. – проведение измерений проб, статистическая обработка данных; Семенова М.П., с.н.с. – анализ литературного материала, редактирование текста, Шитова А.А., м.н.с. – проведение измерений проб, статистическая обработка данных; Филонова А.А. с.н.с. – проведение измерений проб, статистическая обработка данных; Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Поступила: 20.05.2024. Принята к публикации: 25.06.2024.

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., Senior Researcher – data collection and processing, writing the text; Belsikh Iu.S., Researcher – data collection and processing, writing the text; Isaev D.V., Senior Researcher – data collection and processing, writing the text; Shandala N.K., Deputy General Director, Dr. Sci. Med. – study conception and design, writing and editing the text; Doronova T.A., Researcher – sample measurements, statistical data processing; Krotkova Iu.V., Junior Researcher – sample measurements, statistical data processing; Semenova M.P., Senior Researcher – literary material analysis, editing the text; Shitova A.A., Junior Researcher – sample measurements, statistical data processing; Filonova A.A., Senior Researcher – sample measurements, statistical data processing All authors are responsible for approval of the final version of the article and integrity of all parts of the article.

Article received: 20.05.2024. Accepted for publication: 25.06.2024.