

Титов А.В.<sup>1</sup>, Шандала Н.К.<sup>1</sup>, Маренный А.М.<sup>2</sup>, Остапчук Т.В.<sup>3</sup>, Нефедов Н.А.<sup>2</sup>, Исаев Д.В.<sup>1</sup>, Семенова М.П.<sup>1</sup>, Астафуров В.И.<sup>2</sup>, Старинский В.Г.<sup>1</sup>, Шлыгин В.В.<sup>1</sup>

## РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА ОБЪЕКТЕ БЫВШЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ ЛПО «АЛМАЗ»

<sup>1</sup>ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123182, Москва;

<sup>2</sup>ФГУП «Научно-технический центр радиационно-химической безопасности и гигиены» ФМБА России, 123103, Москва;

<sup>3</sup>ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии № 101» ФМБА России, 357341, Лермонтов

*В статье приведены результаты исследования радиационной обстановки на территории и рабочих местах ООО «Электромеханический завод» – одного из объектов бывшего предприятия по добыче и переработке урановых руд ЛПО «Алмаз». Показано, что на территории отвалов пустой породы и забалансовых руд радиационная обстановка соответствует требованиям санитарных правил СП ЛКП-91. Радиационная обстановка в 14 из 15 обследованных рабочих и служебных помещений удовлетворяет требованиям по ограничению облучения населения природными источниками излучения в производственных условиях, установленных в санитарных правилах и нормах СанПиН 2.6.1.2800–10. В одном строении (помещение склада) превышаются требования по ЭРОА радона в воздухе помещений. Показано, что вследствие варьирования ОА радона в течение суток, оценка эффективных доз облучения при работе персонала в одну смену по результатам среднегодовых значений ЭРОА радона может быть завышена вплоть до 7 раз.*

**Ключевые слова:** радиационное обследование; радон; рабочее место; гамма-излучение; отвалы; штольня; эффективная доза.

**Для цитирования:** Титов А.В., Шандала Н.К., Маренный А.М., Остапчук Т.В., Нефедов Н.А., Исаев Д.В., Семенова М.П., Астафуров В.И., Старинский В.Г., Шлыгин В.В. Радиационная обстановка на объекте бывшего предприятия ЛПО «Алмаз». *Гигиена и санитария*. 2017; 96(9): 822–826. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-9-822-826>

**Для корреспонденции:** Титов Алексей Викторович, ст. науч. сотр. ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123182, Москва. E-mail: [titov\\_fmbc@mail.ru](mailto:titov_fmbc@mail.ru)

Titov A.V.<sup>1</sup>, Shandala N.K.<sup>1</sup>, Marenyy A.M.<sup>2</sup>, Ostapchuk T.V.<sup>3</sup>, Nefedov N.A.<sup>2</sup>, Isaev D.V.<sup>1</sup>, Semenova M.P.<sup>1</sup>, Astafurov V.I.<sup>2</sup>, Starinskiy V.G.<sup>1</sup>, Shligin V.V.<sup>1</sup>

RADIATION SITUATION AT THE SITE OF THE FORMER LERMONTOV ALMAZ PRODUCTION ASSOCIATION

<sup>1</sup>A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Centre, Moscow, 123182, Russian Federation;

<sup>2</sup>Scientific and Technical Center of Radiation Chemical Safety and Hygiene, Moscow, 123103, Russian Federation;

<sup>3</sup>Center for Hygiene and Epidemiology No.101 under FMBA of Russia, Lermontov, Stavropol Territory, 357340, Russian Federation

*In the article there are presented data of the study of the radiation situation on the territory and at premises of the “Electric Mechanical Plant” Company, one of the units of the former uranium mining and milling facility of the former Lermontov Almaz Production Association. At the area of waste rock dumps and off-balance ores, the radiation situation was shown to meet requirements of health regulations SP LKP-91. The radiation situation in 14 out of 15 observed workshops and office premises meets the requirements for the limitation of the public exposure to natural radiation sources in occupational conditions established by health regulations and norms SanPiN 2.6.1.2800–10. In one building (warehouse premises), the requirements for equivalent equilibrium volumetric activity of radon (EEVA) in indoor air are exceeded. Based on the annual EEVA of radon values the assessment of effective doses in the work of the personnel over the one shift, was shown to be overestimated up to 7 times due to the daily variation of radon volumetric activity concentration.*

**Key words:** radiation observation; radon; workplace; gamma radiation; tailing dump; tunnel; effective dose.

**For citation:** Titov A.V., Shandala N.K., Marenyy A.M., Ostapchuk T.V., Nefedov N.A., Isaev D.V., Semenova M.P., Astafurov V.I., Starinskiy V.G., Shligin V.V. Radiation situation at the site of the former Lermontov Almaz Production Association. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(9): 822–826. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-9-822-826>

**For correspondence:** Aleksey V. Titov, MD, senior researcher of the A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Centre, Moscow, 123182, Russian Federation. E-mail: [titov\\_fmbc@mail.ru](mailto:titov_fmbc@mail.ru)

### Information about authors:

Shandala N.K., <http://orcid.org/0000-0003-1290-3082>

Titov A.V., <http://orcid.org/0000-0002-3797-2677>

Semenova M.P., <http://orcid.org/0000-0003-0904-0415>

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

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: 20 June 2017

Accepted: 05 July 2017

## Введение

В 1950 г. было создано предприятие, получившее после ряда переименований название Лермонтовское производственное объединение (ЛПО) «Алмаз». Назначением этого объединения являлись добыча и переработка урановых руд.

В 1976 г. на базе объединения был основан электромеханический завод, задачей которого было производство погружных электронасосов для добычи полезных ископаемых методом подземного выщелачивания. В конце 1990-х годов, после вывода из эксплуатации ЛПО «Алмаз», завод стал самостоятельным предприятием ООО «Электромеханический завод» (ООО ЭМЗ), но на его территории остались отвалы пустой породы и забалансовых руд, а также устья штолен 32 и 32 Бис [1].

В ходе вывода из эксплуатации ЛПО «Алмаз» до 1994 г. выполнялись работы по ликвидации рудников и закрытию штолен и стволов. Было демонтировано оборудование стволов и штолен, закрыты выходы из них, выположены откосы, рекультивирована поверхность отвалов, открытые штольни перекрыты решётками, порталы засыпаны на 20–30 м породами. Неликвидированными остались штольни № 16 и 32. Шахтные воды из штольни № 32 по подземному трубопроводу, проложенному под территорией ООО ЭМЗ, сбрасываются в накопительные пруды [2].

## Материал и методы

Объектами исследований, проведённых в 2014–2015 гг., были почва, воздух служебных и рабочих помещений.

Обследованные территории и здания показаны на рис. 1.

Удельные активности естественных радионуклидов (ЕРН)  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  и  $^{232}\text{Th}$  в почве определялись с помощью портативного спектрометрического комплекса МКС-01А «Мультирад-М». Этот комплекс использовался также для измерения мощности Ambient gamma эквивалента дозы гамма-излучения (далее – МАЭД ГИ) на территории методом пешеходной гамма-съёмки. На рабочих местах персонала МАЭД ГИ измерялись с помощью портативного гамма-дозиметра ДКТ-02У «Арбитр».

В воздухе рабочих и служебных помещений проводились длительные (сезонные) измерения объёмной активности (ОА) и кратковременные (инспекционные) измерения эквивалентной равновесной объёмной активности (ЭРОА) радона. Для длительных измерений ОА радона использовались экспозиметры радона РЭИ-4 на основе трековых детекторов [3]. Методика измерений, устройство экспозиметра и расчет ОА радона на основе зарегистрированной плотности треков на детекторе экспозиметра описаны в [4]. При установке детекторов на место измерений, а

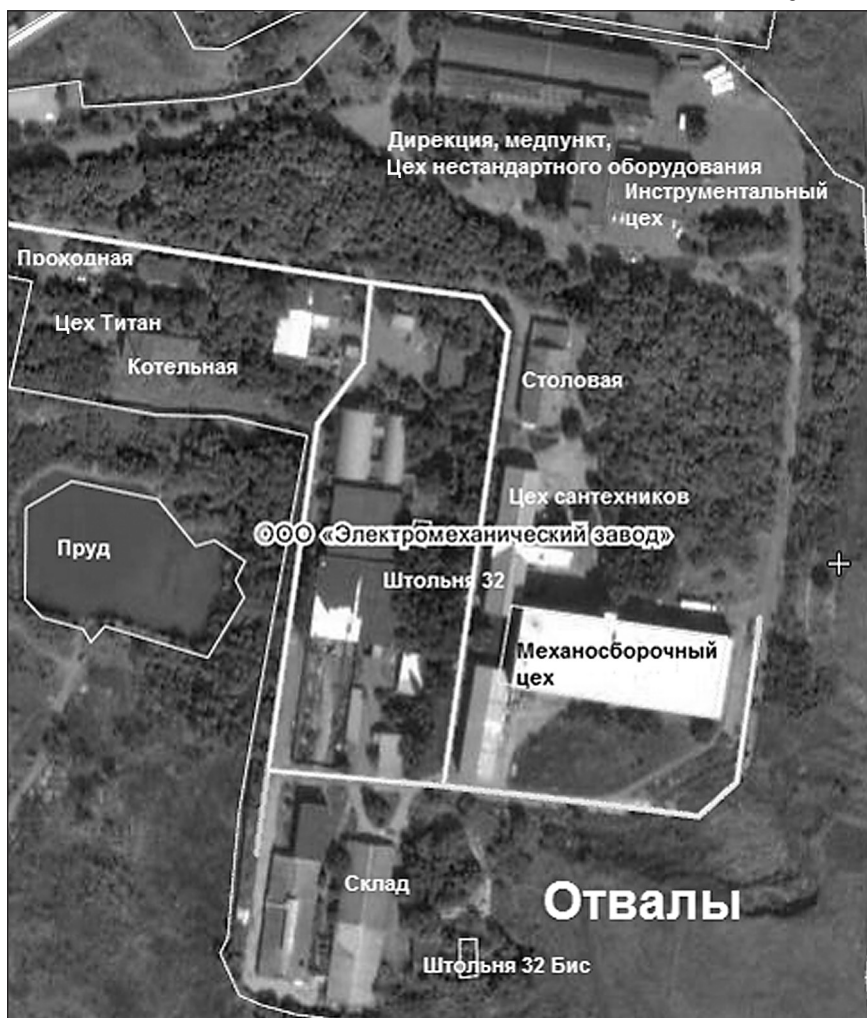


Рис. 1. Территория ООО ЭМЗ.

также при окончании экспонирования, проводились инспекционные измерения ОА и ЭРОА радона переносными радиометрами радона (аэрозольный альфа-радиометр РАА-20П2 «Поиск»), на основе которых оценивался коэффициент равновесия. Измерения производились в течение теплого (ТС) и отопительного (ОС) сезонов: июль–октябрь 2014 г. и ноябрь 2014–январь 2015 г.

Для оценки вариации ОА радона в течение суток использовался радиометр радона интегральный Radon Scout PLUS («РГА-1100 Плюс»).

## Результаты и обсуждение

На рис. 2 представлено распределение МАЭД ГИ по обследованной территории. В табл. 1 и 2 приведены диапазоны варьирования и средние значения МАЭД ГИ и содержания ЕРН в почве.

Таблица 1

### Параметры радиационной обстановки на территории рекультивированных отвалов

| Характеристика        | МАЭД ГИ, мкЗв/ч | Удельная активность в почве, Бк/кг |                   |                 |
|-----------------------|-----------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|
|                       |                 | $^{226}\text{Ra}$                  | $^{232}\text{Th}$ | $^{40}\text{K}$ |
| Минимальное значение  | 0,12            | 45                                 | 27                | 320             |
| Максимальное значение | 0,39            | 600                                | 260               | 1700            |
| Среднее значение      | 0,17            | 150                                | 110               | 850             |
| Количество измерений  | 415             | 412                                | 412               | 412             |

Таблица 2

### Параметры радиационной обстановки на территории расположения производственных и административных зданий

| Характеристика        | МАЭД ГИ, мкЗв/ч | Удельная активность в почве, Бк/кг |                   |                 |
|-----------------------|-----------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|
|                       |                 | $^{226}\text{Ra}$                  | $^{232}\text{Th}$ | $^{40}\text{K}$ |
| Минимальное значение  | 0,091           | 15                                 | 17                | 230             |
| Максимальное значение | 0,36            | 390                                | 490               | 1350            |
| Среднее значение      | 0,14            | 94                                 | 80                | 720             |
| Количество измерений  | 688             | 663                                | 663               | 663             |



Параметры радиационной обстановки на территории г. Лермонтов

| Характеристика        | МАЭД ГИ, мкЗв/ч | Удельная активность в почве, Бк/кг |                   |                 |
|-----------------------|-----------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|
|                       |                 | <sup>226</sup> Ra                  | <sup>232</sup> Th | <sup>40</sup> K |
| Минимальное значение  | 0,085           | 8,0                                | 3,6               | 130             |
| Максимальное значение | 0,28            | 260                                | 650               | 1720            |
| Среднее значение      | 0,14            | 80                                 | 94                | 730             |
| Количество измерений  | 3750            | 3700                               | 3700              | 3700            |

Для сравнения в табл. 3 приведены аналогичные характеристики распределений, полученных на территории г. Лермонтов.

На территории ООО ЭМЗ максимальные значения МАЭД ГИ зафиксированы на площадках перед входами в штольни. Так, МАЭД ГИ непосредственно у входа в штольню 32 Бис составляет 0,36 мкЗв/ч, но уже на расстоянии 5–10 м от устья снижается до 0,24–0,25 мкЗв/ч.

В целом же, как следует из сопоставления данных, представленных в табл. 2 и 3 и на рис. 2, на территории расположения производственных и административных зданий ООО ЭМЗ радиационная обстановка практически не отличается от фоновых значений на территории города.

Как видно из табл. 1, на территории отвалов значения МАЭД ГИ, как и удельной активности ЕРН в почве, выше, чем на остальной территории ООО ЭМЗ. Тем не менее, по значениям МАЭД ГИ требования рекультивации, установленные в СП ЛКП-91 («средняя по всей площади рекультивированного участка мощность дозы внешнего гамма-излучения на высоте 1 м над поверхностью почвы не должна превышать 20 мкР/ч сверх уровня естественного фона, характерного для данной местности, в отдельных локальных точках (не более 20%) – не выше 60 мкР/ч»), соблюдаются [5].

Инспекционные (кратковременные) измерения ЭРОА радона показали, что в непосредственной близости к входу в штольни значение ЭРОА радона составляет несколько тысяч Бк/м<sup>3</sup> (до 10 000 Бк/м<sup>3</sup>) и резко спадает с удалением от входа до единиц Бк/м<sup>3</sup>. При выполнении своих производственных обязанностей работники ООО ЭМЗ не должны находиться на этих площадках. Однако данный фактор радиационной опасности должен быть учтён для персонала, производящего осмотр или работы по ремонту трубопровода, по которому шахтные воды из штольни № 32 сбрасываются в накопительные пруды. Для них использование средств индивидуальной защиты органов дыхания от ингаляционного поступления радона и его дочерних радионуклидов или иных защитных мероприятий является обязательным.

В табл. 4 представлены результаты измерений параметров радиационной обстановки в рабочих помещениях.

В соответствии с требованиями по ограничению облучения населения природными источниками излучения в производствен-



Рис. 2. Значения МАЭД ГИ на территории ООО ЭМЗ.

Таблица 4

Результаты измерений радиационных параметров в рабочих помещениях

| Объект                              | Количество обследованных помещений | МАЭД ГИ, мкЗв/ч | ЭРОА, Бк/м <sup>3</sup> |      | ЭРОА средняя за год, Бк/м <sup>3</sup> |
|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------------------|------|--|
|                                     |                                    |                 | ТС                      | ОС   |  |
| Проходная                           | 4                                  | 0,18            | 120                     | 285  | 200                                    |
| Цех Титан                           | 2                                  | 0,14            | 108                     | 155  | 130                                    |
| Котельная                           | 2                                  | 0,17            | 46                      | 42   | 44                                     |
| Склад                               | 2                                  | 0,16            | 1000                    | 1160 | 1080                                   |
| Механосборочный цех                 | 3                                  | 0,15            | 94                      | 120  | 110                                    |
| Механический цех                    | 2                                  | 0,12            | 86                      | 90   | 88                                     |
| Цех сантехников                     | 3                                  | 0,17            | 97                      | 68   | 83                                     |
| Столовая                            | 2                                  | 0,21            | 59                      | 230  | 144                                    |
| Инструментальный цех                | 2                                  | 0,15            | 52                      | 27   | 40                                     |
| Слесарная мастерская                | 1                                  | 0,15            | 34                      | 49   | 42                                     |
| Участок нестандартного оборудования | 2                                  | 0,12            | 36                      | 23   | 30                                     |
| Медпункт                            | 1                                  | 0,16            | 27                      | 38   | 33                                     |
| Дирекция:                           |                                    |                 |                         |      |  |
| Кабинет главного механика           | 1                                  | 0,15            | 24                      | 36   | 30                                     |
| Кабинет директора (1)               | 1                                  | 0,15            | 24                      | 57   | 41                                     |
| Кабинет исполнительного директора   | 1                                  | 0,15            | 23                      | 120  | 72                                     |

ных условиях, установленными в СанПиН 2.6.1.2800–10 (п. 3. 2. 3) [6], «Среднегодовые значения ЭРОА изотопов радона в помещениях эксплуатируемых производственных зданий и сооружений не должны превышать 300 Бк/м<sup>3</sup>, а мощность эквивалентной дозы гамма-излучения – 0,6 мкЗв/ч».

Как видно из табл. 4, значения МАЭД ГИ в обследованных помещениях не превышают 0,21 мкЗв/ч. Следовательно, по данному радиационному параметру требования СанПиН 2.6.1.2800–10 выполняются.

Наиболее значимым фактором радиационного воздействия на работников завода является ингаляционное поступление радона и его дочерних радионуклидов.

На рис. 3 приведены средние значения ЭРОА радона в отопительный и теплый сезоны. Практически во всех обследованных помещениях ЭРОА радона в ТС ниже, чем в ОС.

Максимальный среднегодовой уровень ЭРОА (1080 Бк/м<sup>3</sup>) зафиксирован в помещениях склада. Склад расположен в кирпичном здании с пристройкой. Вентиляция здания естественная. Выше склада по склону находится вход в штольню 32 Бис и рекультивированные отвалы горных пород.

В остальных обследованных помещениях значения ЭРОА радона не превышают 200 Бк/м<sup>3</sup>. Таким образом, во всех обследованных помещениях, за исключением помещений склада, требования СанПиН 2.6.1.2800–10 также выполняются.

Исследования немецких специалистов на рекультивированных отвалах показали, что в теплое время года (температура воздуха больше 10 °С) радон распространяется под защитной оболочкой вверх по склону, а при более низких температурах – вниз по склону [7]. Этот факт может быть причиной повышенной миграции радона через грунт в помещения склада, расположенного внизу склона, с плохо изолированным полом. Второй причиной повышенного значения ЭРОА радона в помещениях склада может быть радон, поступающий в атмосферу из штольни 32 Бис.

По оценкам, выполненным на основании значений МАЭД ГИ и ЭРОА радона, приведённым в табл. 3, при продолжитель-

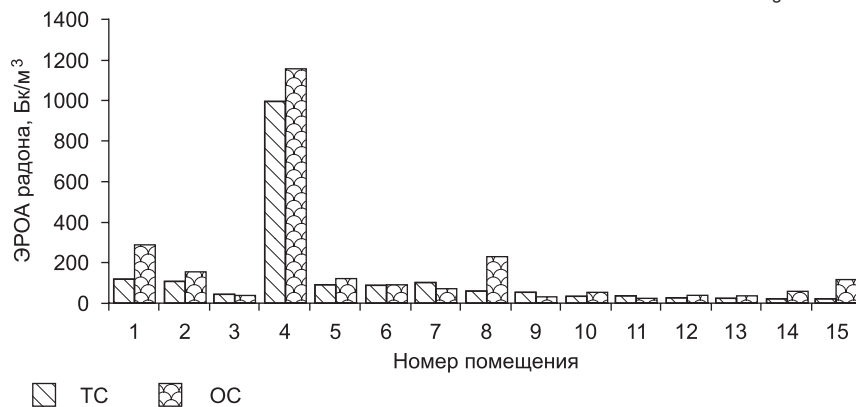


Рис. 3. Средние значения ЭРОА радона в помещениях в ОС и ТС.

ности работы 2000 ч/год, потенциальная среднегодовая эффективная доза для всех работников в обследованных помещениях, за исключением работников склада, варьируется в пределах от 0,72 до 3,7 мЗв (максимальное значение для работников охраны в проходной). Основной вклад в среднегодовую эффективную дозу (от 60 до 90%) дает ингаляционное поступление радона и его дочерних радионуклидов.

В соответствии с требованиями к защите от природного облучения в производственных условиях, установленными в НРБ-99/2009 [8], «эффективная доза облучения природными источниками излучения всех работников, включая персонал, не должна превышать 5 мЗв/год в производственных условиях (любые профессии и производства)». Данное требование выполняется для всех работников, кроме работников склада, для которых потенциальные среднегодовые эффективные дозы облучения могут составить 18 мЗв.

Следует отметить, что оценки среднегодовых эффективных доз облучения выполнены без учёта возможных суточных вариаций ОА и ЭРОА радона в помещениях. Данный фактор является важным при оценке доз для персонала ООО ЭМЗ, который, за исключением работников проходной, работает в одну (дневную) смену.

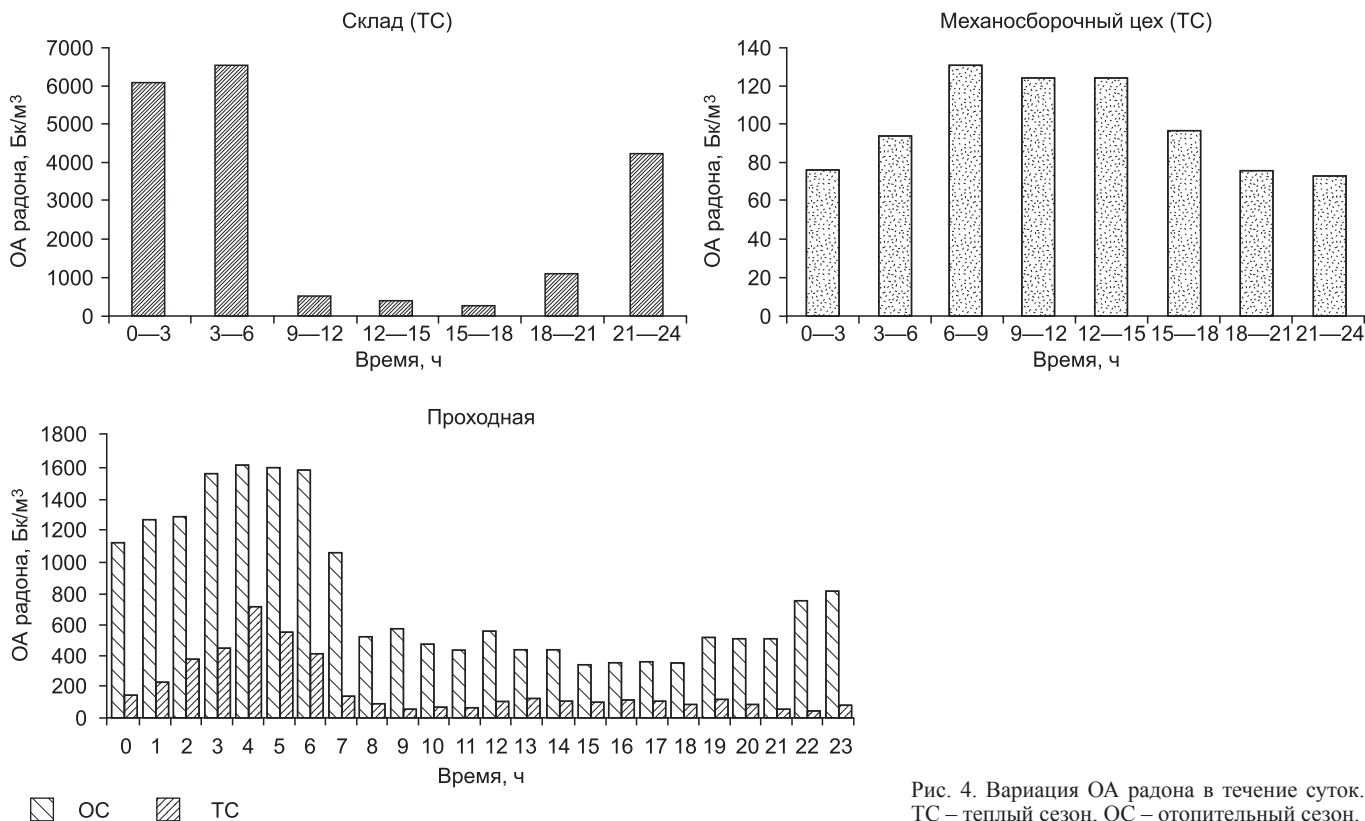


Рис. 4. Вариация ОА радона в течение суток. ТС – теплый сезон, ОС – отопительный сезон.



Для оценки варьирования ОА радона в течение суток в некоторых рабочих помещениях были проведены многократные измерения ОА в течение трёх часов интегральным радиометром радона Radon Scout PLUS («РГА-1100 Плюс»). В помещениях механосборочного цеха и на складе такие измерения были проведены только в ОС, а в помещениях проходной – в оба сезона (ОС и ТС). Результаты измерений представлены на рис. 4.

Как видно из диаграмм, приведённых на рис. 4, ОА радона в течение суток существенно изменяется.

Получено, что в помещениях механосборочного цеха среднее значение ОА радона в рабочее время (с 9 до 18 ч) несколько (в 1,1 раз) выше среднесуточных значений (см. табл. 4). В помещениях склада и проходной среднее значение ОА радона в дневное время оказалось ниже среднесуточных значений (см. табл. 4). Причём, если в помещениях проходной значения ОА радона в дневное время приблизительно в 2 раза ниже среднесуточных значений, как в ОС, так и в ТС, то в помещениях склада это различие в ОС составляет 7 раз.

По-видимому, основным путем поступления радона в помещения проходной и склада является поступление из почвы через пол, так как в помещениях цеха пол бетонный, препятствующий поступлению радона из почвы.

Если принять, что средняя ОА радона в помещениях склада и в отопительный сезон времени будет в 7 раз ниже среднесуточных значений, то потенциальная годовая эффективная доза составит 2,8 мЗв и не превысит допустимое значение 5 мЗв. Для уточнения среднегодовых доз облучения работников склада следует провести дополнительные исследования вариации ОА и ЭРОА радона в течение суток в различные периоды года.

## Выводы

Исследование радиационной обстановки на территории и рабочих местах персонала ООО ЭМЗ показало следующее:

1. Удельная активность ЕРН в почве и МАЭД ГИ на производственной территории завода варьируются в пределах:

- по  $^{226}\text{Ra}$  от 15 до 390 Бк/кг;
- по  $^{232}\text{Th}$  от 17 до 490 Бк/кг;
- по  $^{40}\text{K}$  от 230 до 1350 Бк/кг;
- по МАЭД ГИ от 0,09 до 0,36 мЗв/ч

и не отличаются от значений таких же параметров на территории г. Лермонтов.

2. Значения удельной активности ЕРН в почве и МАЭД ГИ на территории рекультивированных отвалов несколько выше, чем на остальной территории, но не превышают критерии рекультивации для отвалов, установленные в санитарных правилах СП ЛКП-91 [5].

3. В непосредственной близости у входа в штольню № 32, из которой шахтные воды по подземному трубопроводу, проложенному под территорией ООО ЭМЗ, сбрасываются в накопительные пруды, обнаружены очень высокие значения ЭРОА радона (до 10 000 Бк/м<sup>3</sup>). Этот фактор радиационной опасности должен быть учтен для персонала, производящего осмотр или работы по ремонту трубопровода.

4. Радиационная обстановка в 14-ти из 15-ти обследованных рабочих и служебных помещений удовлетворяет требованиям по ограничению облучения населения природными источниками излучения в производственных условиях, установленным в санитарных правилах и нормах СанПиН 2.6.1.2800–10:

- в рабочих помещениях завода МАЭД ГИ не превышает 0,21 мкЗв/ч;
- среднегодовые значения ЭРОА радона в обследованных помещениях не превышают 200 Бк/м<sup>3</sup>.

В одном строении превышаются требования по ЭРОА радона в воздухе помещений. В помещениях склада, расположенного ниже по склону от рекультивированных отвалов горных пород в непосредственной близости от входа в штольню № 32 бис, среднегодовые значения ЭРОА радона составляют 1080 Бк/м<sup>3</sup>.

5. Основным фактором радиационного воздействия на работников является ингаляционное поступление радона и его дочерних радионуклидов. Для большинства обследованных по-

мещений значения ОА радона в тёплый сезон ниже, чем в отопительный сезон.

6. Потенциальные годовые эффективные дозы природного облучения работников ООО ЭМЗ, рассчитанные по среднегодовым значениям ЭРОА радона и МАЭД ГИ без учёта работы в одну (дневную) смену, для всех обследованных рабочих мест, кроме помещений склада, не превышают 3,7 мЗв. Потенциальные дозы облучения работников склада могут достигать 18 мЗв, т. е. превышать допустимый уровень 5 мЗв в год от природного облучения в производственных условиях, установленный в НРБ-99/2009.

7. Значения ОА радона значимо варьируются в течение суток. Значения ОА радона в помещении склада в рабочее (дневное) время в тёплый сезон приблизительно в 7 раз ниже среднесуточных значений. С учётом вариации ОА радона в течение суток потенциальные годовые эффективные дозы составят 2,8 мЗв. Для корректной оценки доз облучения работников склада необходимо провести дополнительные исследования суточных вариаций ОА и ЭРОА радона в различные сезоны.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

## Литература (п.п. 7 см. References)

1. EMZL.RU. Электромеханический завод. Available at: <http://www.emzl.ru/>.
2. Проектная документация. Раздел 7 «Проект организации работ по рекультивации». Часть 1 «Рудник №1 (г. Бештау) Рекультивация прищольневых отвалов, изоляция устьев горных выработок, выходящих на земную поверхность». Рекультивация хвостохранилища ГМЗ и урановых рудников № 1 и № 2 бывшего госпредприятия «Алмаз» (г. Лермонтов, Ставропольский край).
3. МВИ 2.6.1.003–99. Измерение объёмной активности интегральным трековым методом в производственных, жилых и общественных помещениях. М.; 1999.
4. Методика измерений. Радон. Измерение объёмной активности в воздухе помещений интегральным трековым методом. М.; 2012.
5. СП ЛКП-91. Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке радиоактивных руд. М.; 1991.
6. СанПиН 2.6.1.2800–10. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счёт источников ионизирующего излучения. М.; 2011.
8. СанПиН 2.6.1.2523–09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) от 02.07.2009. М.; 2009.

## References

1. EMZL.RU. Electromechanical plant. Available at: <http://www.emzl.ru/> (in Russian)
2. Design documentation. Section 7 «The Project of Remediation Works». Part 1 «Mine number 1 (Mount Beshtau). Remediation of near-tunnel dumps, isolation of the estuaries of the mine working areas those emerge on the earth's surface». Remediation of the tailing dumps of the Hydrometallurgical Plant (HMP) and uranium mines number 1 and number 2 of the former state enterprise Almaz (the Town of Lermontov, Stavropol Territory). (in Russian).
3. MVI 2.6.1.003–99. Activity concentration measurement by the integral track method in workshops, dwellings and public premises. Moscow; 1999. (in Russian)
4. Method of measurement «Radon. Activity concentration measurement in indoor air by the integral track method». Moscow; 2012. (in Russian)
5. SP LKP-91. Health rules for elimination, conservation and changing functions of facilities for mining and milling of radioactive ores. Moscow; 1991. (in Russian)
6. SanPiN 2.6.1.2800–10. Radiation Safety Requirements in public exposure to natural sources of ionizing radiation. Sanitary rules and norms. Moscow; 2011. (in Russian)
7. Schmidt P. Proof of the Radiological Remediation Success at Former Uranium Mining and Milling Sites (WISMUT sites) in Germany. 4th European IRPA Congress. Geneva; 2014.
8. SanPiN 2.6.1.2523–09. Radiation Safety Standards (NRB-99/2009) of 02.07.2009. Moscow; 2009. (in Russian)

Поступила 20.06.17  
Принята к печати 05.07.17