

Современное радиационно-гигиеническое состояние территорий проведения мирных ядерных взрывов «Глобус-4» и «Горизонт-1» в Республике Коми

А.М. Библин¹, К.В. Варфоломеева¹, К.А. Седнев¹, С.А. Иванов¹, В.С. Репин¹, А.Г. Георгиева²

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

² Территориальный отдел Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Коми в г. Усинск, Усинск, Россия

В статье представлены результаты исследования радиационной обстановки территорий, прилегающих к местам проведения мирных ядерных взрывов «Глобус-4» и «Горизонт-1» в Республике Коми. Полевые работы были проведены в июле 2021 г. В работе дана оценка радиационной обстановки по основным показателям: значения мощности амбиентного эквивалента дозы, содержание природных и техногенных радионуклидов в почве, трития в воде открытых водоемов и источниках питьевого водоснабжения в ближайших к местам проведения мирных ядерных взрывов населенных пунктах. Значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения на всех обследованных территориях находятся на уровне колебаний естественного регионального радиационного фона и составили на территории мирного ядерного взрыва «Глобус-4» – 0,03–0,07 мкЗв/ч, «Горизонт-1» – 0,01–0,05 мкЗв/ч. Участки загрязнения почвы техногенными радионуклидами не выявлены. Удельная активность трития в пробах воды не превышает 5 Бк/кг, что характерно для глобальных уровней содержания данного радионуклида в водных объектах. Исследование показало, что радиационная обстановка на территории мирных ядерных взрывов «Глобус-4» и «Горизонт-1» соответствует требованиям СанПиН 2.6.1.2819–10 «Обеспечение радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения (1965–1988 гг.) ядерных взрывов в мирных целях» и в настоящее время не представляет угрозы здоровью населения. Консервативная оценка дозы дополнительного техногенного облучения отдельных лиц из населения от поступления трития с водой из источников централизованного водоснабжения составила 0,065 мкЗв/год. Долговременное обеспечение радиационной безопасности исследованных территорий требует организации радиационного мониторинга, определения границ охранных зон и установки читаемых информационных знаков, предупреждающих о радиационной опасности и запрете хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: мирные ядерные взрывы, тритий, Республика Коми, Воркута, радионуклиды, радиоактивное загрязнение, радиационная безопасность, радиационная обстановка, тритий (H-3).

Введение

Актуальность периодической оценки радиационной обстановки районов проведения мирных ядерных взрывов (МЯВ) обусловлена потенциальной опасностью выхода техногенных радионуклидов из центральной зоны взрыва на поверхность в результате вертикальной миграции, вызванной нарушением почвенного покрова вследствие бурения, а также возможными разрушениями забетонированных затрубных пространств боевых и исследовательских скважин.

В последнее десятилетие опубликован целый ряд научных статей с результатами радиационного обследования отдельных МЯВ [1–8]. Большинство из проведенных

исследований выполнено в рамках федеральных целевых программ «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности» [1–6].

Сотрудниками ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева при участии Управления Роспотребнадзора по Республике Коми в июле 2021 г. было проведено радиационно-гигиеническое обследование территорий, прилегающих к местам проведения МЯВ на территории городского округа (далее г.о.) Воркута.

Цель исследования – дать радиационно-гигиеническую оценку состояния мест проведения МЯВ, расположенных на территории г.о. Воркута в Республике Коми.

Библин Артём Михайлович

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева.

Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: a.biblin@niirg.ru

Материалы и методы

На территории Республики Коми в период с 1971 по 1984 гг. с целью сейсмондирования земной коры было осуществлено четыре МЯВ [8-10], два из которых (Горизонт-1 и Глобус-4) были проведены на территории г.о. Воркута. Схема расположения МЯВ на территории Республики Коми приведена на рисунке 1.

МЯВ «Глобус-4» был проведен 02.07.1971 г., мощность заряда составляла 2,3 кт тротилового эквивалента, глубина закладки заряда – 542 м [9]. Технологическая скважина расположена в 10 км на восток от железнодорожной станции (ж.д. ст.) Хановой, в 30 км на юго-запад от г. Воркута и в 100 м от берега реки Лёк-Воркута. Территория проведения МЯВ «Глобус-4» находится в относительно легкодоступном районе г.о. Воркута в непосредственной близости от традиционных маршрутов рыбаков, охотников и туристов.

МЯВ «Горизонт-1» был проведен 29.04.1974 г., мощность заряда составляла 7,6 кт тротилового эквивалента, глубина закладки заряда 583 м [9]. Территория МЯВ относительно труднодоступна, расположена на горе Седяхамыльк в 70 км юго-западнее г. Воркуты и в 20 км на восток от железнодорожной станции Сейда.

Оба взрыва не являются аварийными, в то же время в работе В.В. Ершова [8] отмечается, что, согласно результатам исследований Воркутинской геолого-поисковой экспедиции в период с 1974 по 1977 г., водоносные горизонты, расположенные в радиусе 70 м от технологической скважины, содержали тритий (^3H), стронций и цезий (значения удельной активности радионуклидов в ста-

тье отсутствуют, так же как и не приведены их сравнения с глобальными уровнями).

Схема расположения МЯВ «Горизонт-1» и «Глобус-4» приведена на рисунке 2.

Радиационное обследование районов проведения МЯВ проводилось по традиционной схеме [7, 10, 15], которая включала в себя определение географических координат специфических элементов ландшафта, точек измерений и отбора проб с использованием спутниковых навигаторов, измерение мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД), идентификацию гамма-излучающих радионуклидов *in situ* методом полевой гамма-спектрометрии, отбор проб верхнего (на глубину до 20 см) слоя почвы, а также проб воды на содержание трития, фотосъемку.

Измерение МАЭД выполнялось на высоте 1 м от поверхности почвы с помощью спектрометра МКГ-АТ1321 (производство фирмы АТОМТЕХ, Беларусь). Точки измерений МАЭД на территориях, прилегающих к местам проведения МЯВ «Глобус-4» (153 точки) и «Горизонт-1» (131 точка), представлены на рисунках 3 и 4.

Идентификация гамма-излучающих радионуклидов на местности проводилась с помощью сцинтилляционного переносного спектрометра МКСП-01 (производство фирмы «РАДЭК», Россия) со сцинтилляционным детектором NaI(Tl) $\varnothing 80 \times 80$ мм (диапазон регистрируемых энергий от 100 кэВ до 3 МэВ; энергетическое разрешение по линии гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661,6 кэВ не превышает 9,5%) (экспозиция не менее 30 мин) [8, 15]. Точки проведения гамма-спектрометриче-

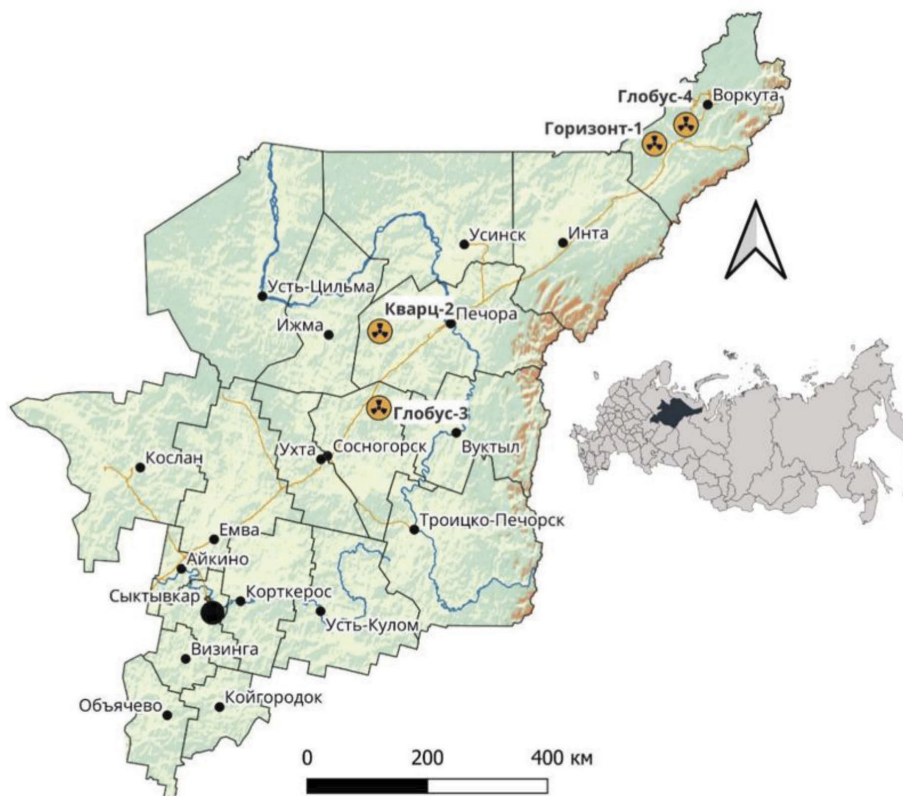


Рис. 1. Карта-схема расположения мест проведения МЯВ на территории Республики Коми в Российской Федерации.

[Fig. 1. Map-scheme of locations of peaceful nuclear explosion (PNE) sites on the territory of the Komi Republic in the Russian Federation]

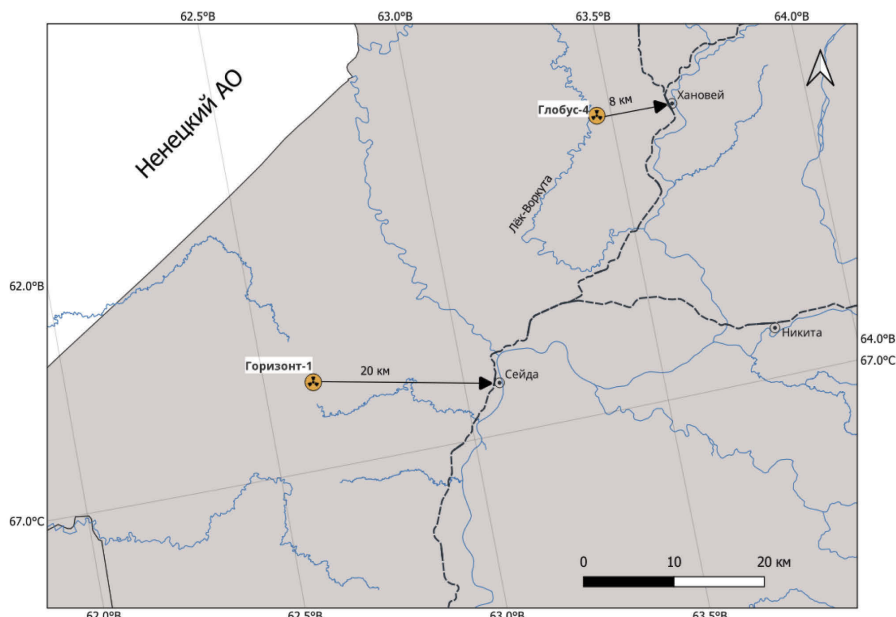


Рис. 2. Карта-схема расположения мирных ядерных взрывов «Горизонт-1» и «Глобус-4»
[Fig. 2. Map-scheme of Location scheme of the “Gorizont-1” and “Globus-4” PNE]

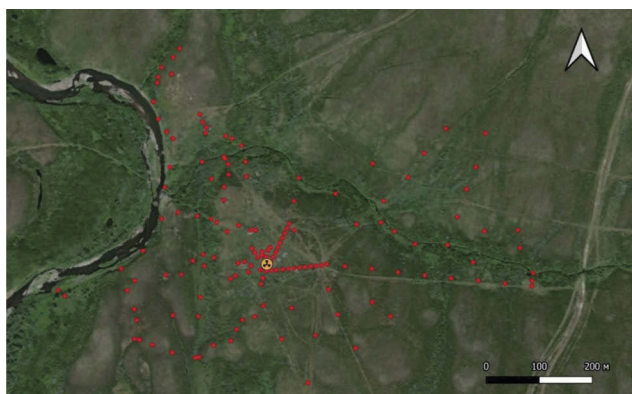


Рис. 3. Точки измерений МАЭД на территории, прилегающей к месту проведения МЯВ «Глобус-4»
[Fig.3. Locations of ADER measurement points on the territory of the PNE “Globus-4”]

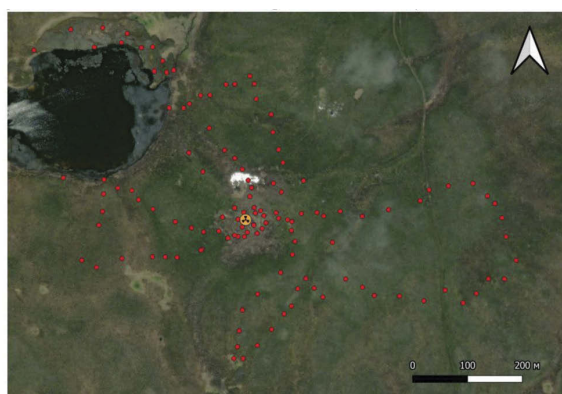


Рис. 4. Точки измерений МАЭД на территории, прилегающей к месту проведения МЯВ «Горизонт-1»
[Fig.4. Locations of ADER measurement points on the territory of the PNE “Gorizont-1”]

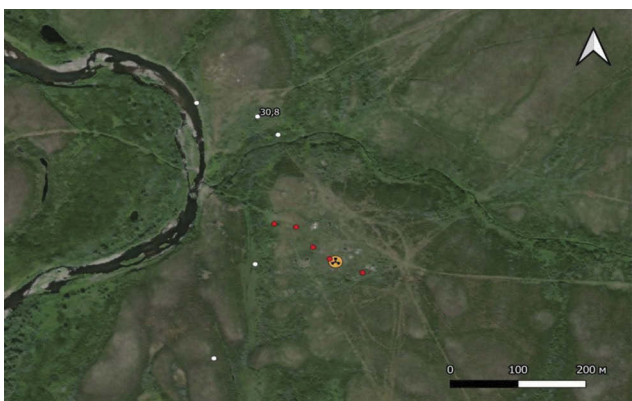


Рис. 5. Точки проведения гамма-спектрометрических исследований и отбора проб почвы (красные точки), а также проб воды на тритий (белые точки) на территории, прилегающей к месту проведения МЯВ «Глобус-4»
[Fig. 5. Sites of gamma spectrometric measurements and soil sampling points (red dots) and water sampling for tritium (white dots) on the territory of the PNE “Globus-4”]

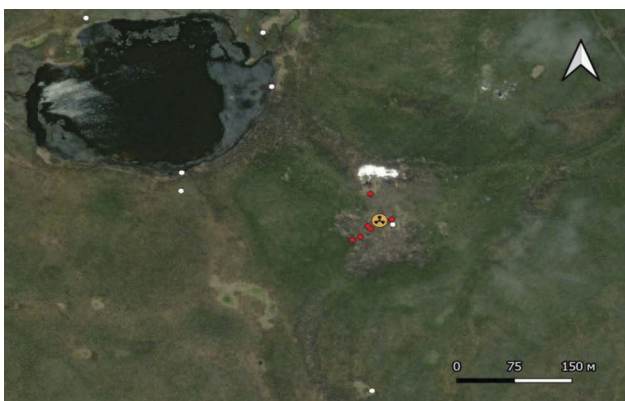


Рис. 6. Точки проведения гамма-спектрометрических исследований и отбора проб почвы (красные точки), а также проб воды на тритий (белые точки) на территории, прилегающей к месту проведения МЯВ «Горизонт-1»
[Fig. 6. Sites of gamma spectrometric measurements and soil sampling points (red dots) and water sampling for tritium (white dots) on the territory of the PNE “Gorizont-1”]

ских измерений МЯВ «Глобус-4» (5 точек) и «Горизонт-1» (5 точек) представлены на рисунках 5 и 6.

Лабораторные измерения удельной активности радионуклидов в почве проводились в геометрии «Маринелли» объемом 1 дм³ на гамма-спектрометрической установке МКСР-01 (производство фирмы «РАДЭК», Россия) со сцинтилляционным детектором NaI(Tl) 80×80 мм при времени экспозиция 2–3 ч. Обработка гамма-спектрометров проводилась методом, представленным в статье [12].

Определение удельной активности трития в воде в счетных образцах выполнено в соответствии с методикой выполнения измерений активности альфа-, бета-излучающих радионуклидов в жидких и твердых пробах с использованием радиометра альфа-, бета-излучения спектрометрического «Quantulus-1220» во ФБУН научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева фирмы «PerkinElmer» (Свидетельство об аттестации методики № 45014.15225/RA.RU.311243 от 11 декабря 2015 г.). При продолжительности измерений проб не менее 720 минут методика обеспечивает определение минимально детектируемой удельной активности радионуклидов с нижним пределом около 1 Бк/кг.

Точки отбора проб воды на определение содержания трития на территориях, прилегающих к местам проведения МЯВ «Глобус-4» (5 проб) и «Горизонт-1» (6 проб), представлены на рисунках 5 и 6.

Дополнительные пробы на тритий отбирались из источников питьевого водоснабжения в близлежащих к МЯВ населённых пунктах: 4 пробы было отобрано в г. Воркута, 4 – в п.г.т. Заполярный, по 1 пробе – в п. Сейда и п. Хановей.

Визуализация расположения точек измерений и отбора проб, а также зафиксированных особенностей ландшафта на исследованных территориях для наглядности выполнена с использованием геоинформационной системы QGIS 3.28.

Доза внутреннего облучения представительного индивидуума за счет поступления ³H с питьевой водой в населенном пункте ($E_{\text{вода_нп}}$) рассчитывалась по формуле:

$$E_{\text{вода_нп}} = m_{\text{вода}} \cdot A_i^{H3} \cdot \varepsilon_{H3},$$

где:

A_i^{H3} – максимальная удельная активность ³H в воде из i -го источника питьевого водоснабжения в населенном пункте; ε_{H3} – дозовый коэффициент при поступлении ³H с питьевой водой в организм взрослого человека, который в соответствии с НРБ-99/2009 равен $1,8 \cdot 10^{-5}$ мкЗв/Бк; $m_{\text{вода}}$ – годовое потребление воды, принятое в соответствии с НРБ-99/2009 равным 730 кг/год.

Результаты и обсуждение

Краткая характеристика санитарного состояния территорий МЯВ, проведенных в г.о. Воркута Республики Коми

«Глобус-4»

В месте проведения МЯВ «Глобус-4» имеется оголовок технологической скважины, представляющий собой металлический постамент, расположенный на песчано-гравийной насыпи. Репер над устьем боевой скважины представляет собой круглый металлический знак, расположенный на металлической трубе, наклоненной под углом 45° над поверхностью земли (рис. 7а). Территория частично захламлена металлическими конструкциями, контейнерами, бочками, трубами и т.д.



a



b

Рис. 7. Фотографии технологических скважин МЯВ «Глобус-4» (а) и «Горизонт-1» (б)
[Fig. 7. Technological boreholes of PNE "Globus-4" (a) and "Gorizont-1" (b)]

«Горизонт-1»

Устье боевой скважины в месте проведения МЯВ «Горизонт-1» оборудовано металлическим постаментом с бетонным усилением. Репер представляет собой металлическую трубу с круглым металлическим знаком с наваренным на нем текстом, запрещающим производство строительных и буровых работ в радиусе 450 м (рис. 7b). Текст плохо читаемый, часть наваренных букв отсутствует. Для территории также характерно частичное захламление металлическими трубами, бочками, проволокой и другими некрупными объектами.

Результаты изучения основных показателей, характеризующих радиационно-гигиеническое состояние территорий МЯВ «Глобус-4» и «Горизонт-1»

Результаты измерений МАЭД, зафиксированных в районе проведения МЯВ «Глобус-4», находились в диапазоне от 0,03 до 0,07 мкЗв/ч (среднее значение составляло 0,05; стандартное отклонение 0,01 мкЗв/ч).

Результаты измерений МАЭД, зафиксированных в районе проведения МЯВ «Горизонт-1», находились в диапазоне от 0,01 до 0,05 мкЗв/ч (среднее значение составляло 0,04; стандартное отклонение 0,01 мкЗв/ч).

Наиболее высокие значения МАЭД были зафиксированы в местах отсыпки территории щебнем, наименьшие – в болотистых низинах.

Результаты анализа полевых спектров и почвы показали, что на территории МЯВ «Горизонт-1» и «Глобус-4» отсутствуют участки локального загрязнения техногенными радионуклидами. Расшифровка полевых спектров приведена в таблице 1.

Типичные спектры, полученные в районах проведения МЯВ «Глобус-4» и «Горизонт-1», показаны на рисунках 8 и 9 соответственно.

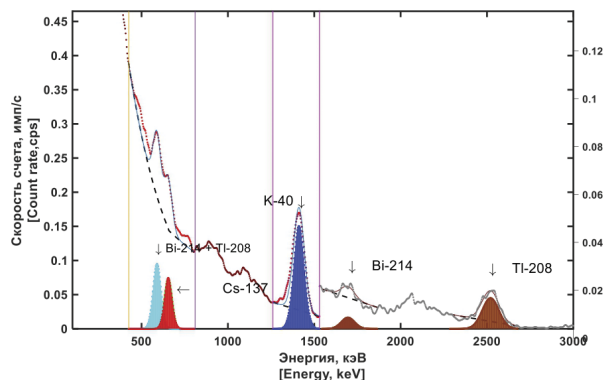


Рис. 8. Гамма-спектр-5, измеренный in situ на площадке в месте размещения лагеря экспедиции на объекте «Глобус-4»
[Fig. 8. Spectrum-5 measured at the location of the expedition camp at the "Globus-4" PNE site]

Результаты измерений интенсивности пиков полного поглощения ^{137}Cs , ^{40}K , ^{214}Bi и ^{208}Tl в спектрах полевой гамма-спектрометрии на территориях МЯВ «Глобус-4» и «Горизонт-1»

Таблица 1

Results of measurements of the intensity of peaks of full absorption of ^{137}Cs , ^{40}K , ^{214}Bi and ^{208}Tl in the spectra of field gamma spectrometry on the territories of the PNE «Globus-4» and «Gorizont-1»

[Table 1]

Код спектра [Code Spectrum]	Координаты, градусы [Coordinates, degrees]	Интенсивность счета под пиком, имп/с (+/- ошибка) [Intensity of the counts under peak, cps (+/- error)]			
		¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	²¹⁴ Bi	²⁰⁸ Tl
МЯВ «Глобус-4» [PNE Globus-4]					
Спектр-1 [Spectrum-1]	N 67.28496 E 63.46128	1,38 (0,10)	3,29 (0,16)	2,47 (0,13)	0,22 (0,26)
Спектр-2 [Spectrum-2]	N 67.28514 E 63.46072	0,92 (0,11)	1,58 (0,14)	2,59 (0,12)	0,15 (0,06)
Спектр-3 [Spectrum-3]	N 67.28545 E 63.46014	0,68 (0,09)	1,94 (0,16)	4,08 (0,12)	–
Спектр-4 [Spectrum-4]	N 67.28475 E 63.46241	1,37 (0,13)	1,73 (0,15)	3,79 (0,12)	0,16 (0,12)
Спектр-5 [Spectrum-5]	N 67.28550 E 63.45939	0,58 (0,09)	1,49 (0,14)	3,21 (0,12)	0,17 (0,06)
МЯВ «Горизонт-1» [PNE Gorizont-1]					
Спектр-7 [Spectrum-7]	N 67.08523 E 62.62335	–	2,11 (0,15)	4,06 (0,14)	0,19 (0,14)
Спектр-8 [Spectrum-8]	N 67.08532 E 62.62407	0,39 (0,06)	2,28 (0,17)	4,12 (0,14)	0,21 (0,12)
Спектр-9 [Spectrum-9]	N 67.08567 E 62.62343	0,51 (0,09)	1,46 (0,14)	1,77 (0,10)	0,25 (0,04)
Спектр-10 [Spectrum-10]	N 67.08508 E 62.62313	0,47 (0,08)	2,25 (0,17)	3,84 (0,13)	0,18 (0,15)
Спектр-11 [Spectrum-11]	N 67.08504 E 62.62289	1,38 (0,10)	3,29 (0,16)	2,47 (0,13)	0,22 (0,26)

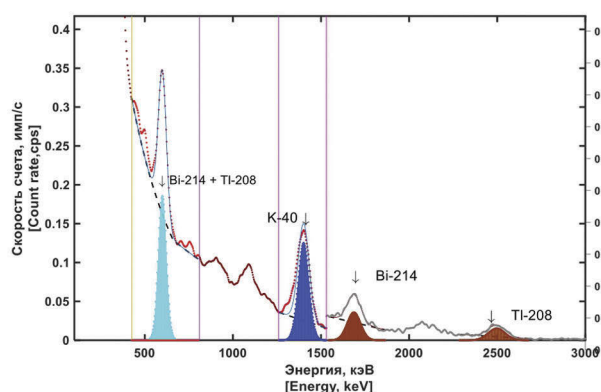


Рис. 9. Гамма-спектр-11, измеренный in situ на площадке в месте размещения лагеря экспедиции на объекте «Горизонт-1»

[Fig. 9. Spectrum-11 measured at the location of the expedition camp at the "Gorizont-1" PNE site]

В первом случае (объект «Глобус-4») выявлен небольшой пик ^{137}Cs , характерный для уровня глобального загрязнения целинных участков почвы. Во втором случае (объект «Горизонт-1») пик ^{137}Cs не выявлен, что может

быть связано с перекопкой или засыпкой верхнего целинного слоя почвы. Результаты лабораторных исследований удельной активности радионуклидов в пробах почвы, отобранных на территориях проведения МЯВ, представлены в таблице 2.

Измеренные величины удельной активности радионуклидов во всех исследованных пробах почвы находятся на уровне фоновых значений и не превышают критерий неограниченного использования твердых материалов (по показателю радиационной безопасности), установленный ОСПОРБ-99/2010, – 100 Бк/кг для ^{137}Cs , 1000 Бк/кг для ^{226}Ra , 100 Бк/кг для ^{232}Th и 10 000 Бк/кг для ^{40}K

Результаты лабораторных исследований содержания трития (^3H) в пробах воды из водных объектов в районах проведения МЯВ «Глобус-4» и «Горизонт-1» представлены в таблице 3.

Во всех пробах воды из источников питьевого водоснабжения в населенных пунктах, расположенных в районах проведения обследованных МЯВ, концентрации ^3H находились в пределах колебаний уровней глобального загрязнения (<5 Бк/кг) и на порядки ниже уровня вмешательства для трития в питьевой воде (7600 Бк/кг – приложение 2а к НРБ-99/2009).

Таблица 2

Удельная активность природных и техногенных радионуклидов в пробах почвы в районах проведения МЯВ «Глобус-4» и «Горизонт-1»

[Table 2]

Specific activity of natural and anthropogenic radionuclides in soil samples collected in the protected zones of PNE «Globus-4» and «Gorizont-1»

Место отбора [Sampling location]	Удельная активность, Бк/кг [Specific activity, Bq/kg]			
	^{137}Cs	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th
МЯВ «Глобус-4» [PNE Globus-4]				
Спектр-1 [Spectrum-1]	<2	321±40	22±5	24±4
Спектр-2 [Spectrum-2]	3±1	274±47	37±7	59±6
Спектр-3 [Spectrum-3]	<2	383±44	26±5	26±4
Спектр-4 [Spectrum-4]	<2	426±46	33±5	27±4
Спектр-5 [Spectrum-5]	<2	437±46	26±5	30±4
МЯВ «Горизонт-1» [PNE Gorizont-1]				
Спектр-7 [Spectrum-7]	<2	399±48	27±6	28±5
Спектр-8 [Spectrum-8]	<2	422±46	28±5	26±4
Спектр-9 [Spectrum-9]	<2	432±49	27±6	30±5
Спектр-10 [Spectrum-10]	<2	414±49	22±6	28±5
Спектр-11 [Spectrum-11]	<2	431±54	33±7	30±5

Таблица 3

Удельная активность ^3H в пробах воды из водных объектов в районах проведения МЯВ в Республике Коми, Бк/кг

[Table 3]

Activity concentration of ^3H in water samples from water bodies in the areas of PNE in the Komi Republic in 2021

Название МЯВ [PNE Name]	Количество проб, шт. [Number of samples]	Удельная активность ^3H , Бк/кг [^3H volume activity, Bq/kg]		
		Минимум [Min]	Максимум [Max]	Среднее значение [Average]
«Глобус-4» [«Globus-4»]	5	1,18±0,73	3,27±0,83	2,19
«Горизонт-1» [«Gorizont-1»]	6	2,49±0,84	5,34±1,08	4,18

В пробах, отобранных из источников питьевого водоснабжения в ближайших к МЯВ населенных пунктах, удельная активность ^3H находилась в диапазоне от 3,38 до 4,91 Бк/кг, что соответствует региональным значениям.

Доза внутреннего облучения представительного индивидума за счет поступления ^3H с объемной активностью 4,91 Бк/кг, рассчитанная по формуле 1, составляет 0,065 мкЗв/год.

Собственные результаты исследования радиационной обстановки на территории МЯВ «Глобус-4» и «Горизонт-1» согласуются с литературными данными. По данным Ершова В.В. и результатам исследований, проведенных ФГУП «ВНИПИпромтехнологии» в 2008 г., параметры радиационной обстановки в районе проведения МЯВ «Глобус-4» соответствовали естественному радиационному фону, характерному для данного региона [8]. В то же время в работе [8] отмечается, что в одной пробе воды выявлена удельная активность ^{90}Sr , равная 0,68 Бк/дм³, что двукратно превышает фон 0,30 Бк/дм³.

В 2013 г. комиссия в составе представителей Управления Роспотребнадзора по Республике Коми и ОАО «ВНИПИпромтехнологии» провела комплексное техническое и радиоэкологическое обследование МЯВ «Глобус-4» и «Горизонт-1». Обследование не выявило каких-либо отклонений от типичных показателей, характерных для региона [11].

Заключение

Результаты исследований показали, что радиационная обстановка на территории МЯВ «Глобус-4» и «Горизонт-1» на момент исследования соответствовала требованиям СанПиН 2.6.1.2819-10 «Обеспечение радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения (1965–1988 гг.) ядерных взрывов в мирных целях». Участки загрязнения техногенными радионуклидами не выявлены. Уровни содержания трития в пробах воды, отобранных на территориях проведения МЯВ и в прилегающих населенных пунктах, находятся в пределах, характерных для Российской Федерации.

Обращает на себя внимание неудовлетворительное санитарное состояние прилегающих к местам проведения МЯВ обследованных территорий: имеются заржавевшее технологическое оборудование, бочки, технологический мусор; устья боевых скважин окружены зарослями деревьев и кустарника и, следовательно, подвержены пожарной опасности; информационные знаки, установленные на полуразрушенных бетонных основаниях, расположенных на устьях боевых скважин обследованных МЯВ, имеют едва различимые надписи, в месте проведения взрыва «Глобус-4» информационный знак сломан.

Материалы, представленные в данной статье, могут служить основой для сравнительного анализа результатов при организации такого мониторинга в будущем.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Библин А.М. руководил выполнением полевых исследований, провел отбор части проб, выполнил анализ литературных данных, подготовил иллюстративный материал к статье, оформил окончательный вариант статьи для публикации в журнале.

Варфоломеева К.В. осуществила анализ полученных данных, выполнила поиск литературных данных, подготовила иллюстративный материал к статье, выполнила редактирование промежуточного варианта текста статьи,

Седнев К.А. провел отбор части проб, выполнил обработку и систематизацию первичных материалов исследования, анализ данных, подготовил черновик рукописи.

Иванов С.А. осуществил отбор части проб, систематизацию первичных материалов исследования и анализ данных.

Репин В.С. осуществлял общее руководство выполнением исследовательской работы, выполнил обработку полевых спектров и спектров измерения трития, предложил форму отображения санитарного состояния территории МЯВ, отредактировал промежуточный вариант статьи.

Георгиева А.Г. организовала проведение полевых исследований, работ, выполнила редактирование промежуточного варианта статьи.

Благодарность

Авторы выражают благодарность «Отдельному военизированному горноспасательному отряду Печорского бассейна» – филиалу открытого акционерного общества «Военизированная горноспасательная, аварийно-спасательная часть» за неоценимую помощь в доставке участников полевых исследований к местам проведения МЯВ «Глобус-4» и «Горизонт-1».

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Статья подготовлена в ходе выполнения работ по государственному контракту № 81.011.20.2 от 20 мая 2020 г. «Разработка и научное обоснование радиационно-гигиенических требований к охраняемым зонам мирных ядерных взрывов при переводе их в стадию консервации» (шифр: «Мирные РАО–20») и отраслевой программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России» по теме: «Совершенствование и развитие методов мониторинга объектов окружающей среды в районах проведения мирных ядерных взрывов. Радиационно-гигиеническая характеристика источников питьевого водоснабжения».

Литература

1. Храмов Е.В., Репин В.С., Библин А.М. и др. Радиационно-гигиеническая характеристика охраняемых зон мирных ядерных взрывов в Архангельской области // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 1. С. 111–123. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-1-111-123.
2. Рамзаев В.П., Библин А.М., Репин В.С. и др. Загрязнение тритием поверхностных и подземных вод в месте проведения мирных подземных ядерных взрывов серии «Днепр» // Радиационная гигиена. 2022. Т. 15, № 1. С. 6–26. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-1-6-26.
3. Титов А.В., Шандала Н.К., Исаев Д.В. и др. Оценка радиационной обстановки в районе проведения мирного ядерного взрыва «Тахта-Кугульта» // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2021. Т. 66, № 2. С. 13–22. DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-2-13-22.

4. Титов А. В., Шандала Н. К., Бельских Ю. С. и др. Радиационная обстановка в районе проведения мирного ядерного взрыва «Метеорит-5» // Радиоактивные отходы. 2021. № 16. С. 94–102. DOI: 10.25283/2587-9707-2021-3-94-102.
5. Библин А.М., Храмцов Е.В., Репин В.С., Иванов С.А. и др. Радиационная обстановка в районе проведения мирного ядерного взрыва «Пирит» // Радиационная гигиена. 2022. Т. 15, № 4. С. 149-161. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-4-149-161.
6. Храмцов Е.В. Радиационная обстановка на территории проведения мирного ядерного взрыва «Глобус-1» после выполнения реабилитационных работ // Радиационная гигиена. 2019. Т. 12, № 3. С. 58-68. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-3-58-68.
7. Yakovlev E., Puchkov A., Bykov V. Assessing the natural and anthropogenic radionuclide activities of the Pechora River estuary: Bottom sediments and water (Arctic Ocean Basin) // Marine Pollution Bulletin. 2021. Vol. 172. P. 112765. DOI:10.1016/j.marpolbul.2021.112765.
8. Ершов В.В. Возможные влияния подземных ядерных взрывов (ПЯВ) в мирных целях на эколого-гидрогеологическую обстановку // Разведка и охрана недр. 2023. № 3. С. 37-42
9. Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении / Колл. авторов под. рук. проф. В.А. Логачева. М.: Изд.АТ, 2001. 519 с.
10. Мельников В.П., Оберман Н.Г., Велижанина И.А. и др. Воздействие подземных ядерных взрывов на природную среду Севера // Геология и геофизика. 2000. Т. 41, № 2. С. 280-291
11. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Коми в 2013 году URL: <http://www.agiks.ru/data/gosdoklad/gd2013/h8.html> (Дата обращения: 18.07.2023).
12. Репин В.С., Седнев К.А. Метод обработки спектра при измерении детектором NaI(Tl) малых уровней удельной активности ^{137}Cs в присутствии природных радионуклидов // Радиационная гигиена. 2022. Т. 15, № 4 С. 142-148. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-4-142-148

Поступила: 24.01.2024 г.

Библин Артем Михайлович – руководитель Информационно-аналитического центра, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: a.biblin@niirg.ru

Варфоломеева Ксения Владимировна – младший научный сотрудник лаборатории экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Седнев Константин Андреевич – младший научный сотрудник лаборатории экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Иванов Сергей Анатольевич – младший научный сотрудник радиохимической лаборатории Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Репин Виктор Степанович – доктор биологических наук, заведующий лабораторией экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Георгиева Антонина Георгиевна – главный специалист-эксперт территориального отдела Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Коми в г. Усинске, Усинск, Россия

Для цитирования: Библин А.М., Варфоломеева К.В., Седнев К.А., Иванов С.А., Репин В.С., Георгиева А.Г. Современное радиационно-гигиеническое состояние территорий проведения мирных ядерных взрывов «Глобус-4» и «Горизонт-1» в Республике Коми // Радиационная гигиена. 2024. Т. 17, № 1. С. 121-130. DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-1-121-130

Modern radiation-hygienic state of the territories of the Globus-4 and Gorizont-1 peaceful nuclear explosions in the Komi Republic

Artem M. Biblin¹, Kseniya V. Varfolomeeva¹, Konstantin A. Sednev¹, Sergey A. Ivanov¹, Viktor S. Repin¹, Antonina G. Georgieva²

¹Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

² Administration of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Republic of Komi in Usinsk, Usinsk, Russia

The article presents results of a study of the radiation environment on territories adjacent to the sites of the "Globus-4" and "Gorizont-1" peaceful nuclear explosions in the Komi Republic. Field survey was carried out in July 2021. The work provides an assessment of the radiation situation in terms of the main indicators: ambient dose equivalent rate, the content of anthropogenic radionuclides in soil, tritium in the water of water bodies and drinking water supply sources in the settlements nearest to the sites of the peaceful nuclear explosions. The values of gamma radiation ambient dose equivalent rate in all the surveyed territories are at the level of fluctuations of natural regional radiation background and amounted to 0.03 – 0.07 $\mu\text{Sv/h}$ in the territory of peaceful nuclear explosion "Globus-4", 0.01 – 0.05 $\mu\text{Sv/h}$ in the territory of "Gorizont-1". No contaminated soil areas with anthropogenic radionuclides were detected. Tritium activity concentration in water samples does not exceed 5 Bq/kg, which is typical for global levels of this radionuclide in water bodies. The study has shown that the radiation situation in the territory of peaceful nuclear explosions "Globus-4" and "Gorizont-1" meets the requirements of SanPiN 2.6.1.2819-10 "Ensuring radiation safety of the population living in the areas of (1965 – 1988) nuclear explosions for peaceful aims" and currently poses no threat to public health. A conservative dose estimate of additional anthropogenic exposure of individuals from the population from tritium intake with water from centralised water supply sources was 0.065 $\mu\text{Sv/year}$. Long-term radiation safety of the researched territories requires organisation of radiation monitoring, determination of protected zone boundaries and installation of readable information signs warning about radiation hazard and prohibition of economic activities.

Key words: peaceful nuclear explosions, tritium, Komi Republic, Vorkuta, radionuclides, radioactive contamination, radiation safety, radiation situation.

Personal contribution of authors

Artem M. Biblin – supervised the field part of the research, participated in collection of samples, analyzed literature data, arranged the final version of the manuscript for publication in the journal.

Kseniya V. Varfolomeeva – analysed the obtained data, performed literature data search, prepared illustrative material for the article, edited an intermediate version of the article text.

Konstantin A. Sednev – collected part of the samples, processed and systematised raw materials of the study, analysed the data, prepared the draft manuscript.

Sergey A. Ivanov – collected part of the samples, processed and systematised raw materials of the study, analysed the data.

Viktor S. Repin – carried out general management of the research work, performed processing of field spectra and tritium measurement spectra, proposed a form of displaying the sanitary condition of the PNE territory, edited manuscript.

Antonina G. Georgieva – organised the field research work, edited the draft manuscript.

Acknowledgements

The authors would like to express their gratitude to "Separate paramilitary mountain rescue squad Pechora Basin" branch of the open joint-stock company "Paramilitary mountain rescue, emergency and rescue unit" for invaluable assistance in transporting the participants of field studies to the sites of MNR "Globe-4" and "Gorizont-1".

Conflict of interests

Authors declare the absence of conflict of interest.

Sources of funding

The work was carried out within the framework of the State Contract No. 81.001.20.2 with the Federal Medical and Biological Agency of Russia and the sectoral program of Rospotrebnadzor for 2021–2025. "Scientific substantiation of the national system for ensuring sanitary and epidemiological wellbeing, managing health risks and improving the quality of life of the population of Russia" on the topic: "Improving and developing methods for monitoring environmental objects in areas where peaceful nuclear explosions are carried out.

Artem M. Biblin

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: a.biblin@niirg.ru

Radiation-hygienic characteristics of sources of drinking water supply.”

References

1. Khramtsov EV, Repin VS, Biblin AM, Varfolomeeva KV, Ivanov SA. Radiation-hygienic characteristic of the protected zones of peaceful nuclear explosions in the Arkhangelsk region. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021;14(1): 111-123. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-1-111-123. (In Russian).
2. Ramzaev VP, Biblin AM, Repin VS, Khramtsov EV, Varfolomeeva KV. Tritium contamination of surface and ground waters at the “Dnepr” peaceful underground nuclear explosions site. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2022;15(1): 6-26. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2022-15-1-6-26>.
3. Titov AV, Shandala NK, Isaev DV, Belskikh IS, Semenova MP, Doronova TA, et al. Radiation Survey in the Area of Peaceful Nuclear Explosion «Takhata-Kugulta». *Medicinskaja radiologija i radiacionnaja bezopasnost = Medical Radiology and Radiation Safety*. 2021;66(2): 13-22. DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-2-13-22 (In Russian).
4. Titov AV, Shandala NK, Belskikh IS, Isaev DV, Gushchina JV, Doronova TA, et al. The Radiation Situation in the Area of the Meteorit-5 Peaceful Nuclear Explosion. *Radioaktivnye otkhody = Radioactive Waste*. 2021;16: 94-102. DOI: 10.25283/2587-9707-2021-3-94-102. (In Russian).
5. Biblin AM, Khramtsov EV, Repin VS, Ivanov SA, Varfolomeeva KV, Sednev KA, et al. Radiation situation at the “Pirit” peaceful underground nuclear explosion site. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2022;15(4): 149-161. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-4-149-161.
6. Khramtsov EV. Radiation situation on the territory of the peaceful nuclear explosion «Globus-1» after performing the rehabilitation works. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2019;12(3): 58-68. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-3-58-68. (In Russian).
7. Yakovlev E, Puchkov A, Bykov V. Assessing the natural and anthropogenic radionuclide activities of the Pechora River estuary: Bottom sediments and water (Arctic Ocean Basin). *Marine Pollution Bulletin*. 2021;172: 112765. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112765.
8. Ershov VV. Possible effects on the ecological and hydrological situation of the territories of underground nuclear explosions. *Razvedka i ohrana nedr = Prospect and protection of mineral resources*. 2023;3: 37-42. DOI: 10.53085/0034-026X_2023_04_37. (In Russian).
9. Logachev VA, Voloshin NP, Dubasov YV, Kornilovich EP. Peaceful Nuclear Explosions: Providing General and Radiation Safety during These Operations. Moscow: Izdat Publisher; 2001. 519 p. (In Russian).
10. Melnikov VP, Oberman NG, Velizanova IA, Davidenko NM. The impact of underground nuclear explosions on the natural environment of the North. *Geologija i geofizika = Russian Geology and Geophysics*. 2000;41(2): 280-291. (In Russian).
11. State report on the condition of the environment of the Komi Republic in 2013. Available from: <http://www.agiks.ru/data/gosdoklad/gd2013/h8.html> (Accessed: 18.01.2024). (In Russian).
12. Repin VS, Sednev KA. Spectrum processing method for measuring low levels of specific activity of ^{137}Cs with a NaI(Tl) detector in the presence of natural radionuclides. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2022;15(4): 142-148. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-4-142-148 (In Russian).

Received: January 24, 2024

For correspondence: Artem M. Biblin – Head, Information Analytical Center, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia (Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: a.biblin@niirg.ru)

Kseniya V. Varfolomeeva – Junior Researcher, Laboratory of Ecology, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

Konstantin A. Sednev – Junior Researcher, Laboratory of Ecology, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

Sergey A. Ivanov – Junior Researcher, Radiochemical Laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

Viktor S. Repin – Doctor of Biological Sciences, Head of Ecology Laboratory of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

Antonina G. Georgieva – Chief Expert Specialist, Administration of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Republic of Komi in Usinsk, Usinsk, Russia

For citation: Biblin A.M., Varfolomeeva K.V., Sednev K.A., Ivanov S.A., Repin V.S., Georgieva A.G. Modern radiation-hygienic state of the territories of the Globus-4 and Gorizont-1 peaceful nuclear explosions in the Komi Republic. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2024. Vol. 17, No. 1. P. 121-130. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-1-121-130