

Радиационно-гигиеническая характеристика охранных зон мирных ядерных взрывов в Архангельской области

Е.В. Храмцов, В.С. Репин, А.М. Библин, К.В. Варфоломеева, С.А. Иванов

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

В статье приводится характеристика санитарного и радиационно-гигиенического состояния территорий охранных зон мирных ядерных взрывов «Глобус-2», «Агат» и «Рубин-1», проведенных в Архангельской области с целью глубинного сейсмического зондирования земной коры, по результатам выполненных в 2020 г. исследований. Проанализированы результаты исследования радиационно-гигиенического состояния охранных зон мирных ядерных взрывов по значениям мощности ambientного эквивалента дозы гамма-излучения, идентификации гамма-излучающих радионуклидов in situ методом полевой гамма-спектрометрии, удельной активности техногенных радионуклидов в почве и трития в воде водоемов и источников питьевого водоснабжения. Установлено, что значения мощности ambientного эквивалента дозы гамма-излучения на всех обследованных территориях охранных зон мирных ядерных взрывов находятся на уровне колебаний естественного регионального радиационного фона в пределах 0,08–0,13 мкЗв/ч. На территории охранной зоны мирного ядерного взрыва «Глобус-2» выявлены повторно (предыдущее исследование было выполнено в 2011 г.) участки незначительного локального загрязнения почвы ^{137}Cs . На данных участках зафиксированы повышенные значения мощности ambientного эквивалента дозы гамма-излучения (0,20–0,22 мкЗв/ч) и удельной активности ^{137}Cs в двух пробах почвы (154 и 160 Бк/кг соответственно). Содержание трития в пробах воды из водных объектов на территориях охранных зон не превышает 5 Бк/кг, что характерно для глобальных уровней содержания данного радионуклида в водных объектах. На территориях охранных зон мирных ядерных взрывов обнаружены остатки технологического оборудования (особенно в охранной зоне взрыва «Агат»), а также ржавые металлические трубы и бочки, остатки деревянных строений и т.д. Информационные знаки, установленные на полуразрушенных бетонных основаниях на устьях боевых скважин всех обследованных мирных ядерных взрывов имеют едва различимые надписи. Наличие лесных зарослей в местах проведения исследованных мирных ядерных взрывов и их возгорание при лесных пожарах является потенциальной угрозой для выхода техногенных радионуклидов при разгерметизации устьев боевых скважин.

Ключевые слова: мирный ядерный взрыв, охранная зона, радионуклиды, радиоактивное загрязнение, радиационная безопасность, санитарное состояние.

Введение

В ходе реализации программы «Ядерные взрывы для народного хозяйства» (Программа № 7) на территории Российской Федерации с 1965 по 1988 г. был проведен 81 мирный ядерный взрыв (МЯВ) [1–3]. В ряде мест проведения МЯВ территория загрязнена техногенными радионуклидами, имеются площадки для хранилища радиоактивного грунта и оборудования [4]. Вопрос обеспечения радиационной безопасности населения, проживающего на территориях, прилегающих к местам проведения МЯВ, остается актуальным.

Необходимость решения вопроса обеспечения долгосрочной радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения МЯВ, связана с нали-

чием техногенных радионуклидов на земной поверхности в результате возникших аварийных ситуаций при проведении взрывов или при осуществлении впоследствии на территориях, прилегающих к взрывам, исследовательских экспериментов, а также возможными разрушениями забетонированных затрубных пространств боевых и исследовательских скважин. Это создает потенциальную угрозу выхода техногенных радионуклидов из центральных зон взрывов как на поверхность, так и в подземные и поверхностные водные объекты, расположенные в районах взрывов.

В соответствии с п. 3.1. Санитарных правил и нормативов «Обеспечение радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения (1965–

Храмцов Евгений Витальевич

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

Адрес для переписки: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: zhenia.khramtzov2013@yandex.ru

1988 г.) ядерных взрывов в мирных целях» (СанПиН 2.6.1.2819-10)¹ на территории, прилегающей к месту проведения МЯВ, устанавливается охранная зона (ОЗ).

Для реализации требований, отраженных в СанПиН 2.6.1.2819-10, возникла необходимость включения в перечень задач, решаемых в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года», разработки и научного обоснования требований по обеспечению долговременной безопасности населения, проживающего в районах проведения МЯВ на стадии их консервации [5].

В соответствии с планом экспедиционных исследований в августе 2020 г. сотрудниками ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева было проведено изучение радиационной обстановки и особенностей ландшафта ОЗ МЯВ (территорий в радиусе 500 м от боевых скважин), проведенных в Архангельской области.

В статье приводятся результаты исследований радиационно-гигиенического и санитарного состояния территорий ОЗ МЯВ «Глобус-2», «Агат» и «Рубин-1».

Цель исследования – дать оценку текущего санитарного состояния и радиационно-гигиеническую характеристику ОЗ МЯВ, проведенных в Архангельской области.

Краткая характеристика мирных ядерных взрывов в Архангельской области

Подробное описание произведенных в Советском Союзе МЯВ, включая взрывы, произведенные в Архангельской области, дано в многочисленных источниках [1–3, 6, 7].

Объект «Агат»

Взрыв «Агат» был осуществлен 19 июля 1985 г. в Мезенском районе Архангельской области в 150 км западнее г. Мезень и 10 км западнее пос. Ручьи с населением 225 чел. (на 2012 г.), в 2 км от побережья Белого моря. Глубина заложения заряда – 772 м, мощность ядерного заряда – 8,5 кТ. МЯВ «Агат» был осуществлен с целью геосейсмозондирования и проведен в штатном режиме, то есть без динамического выброса радиоактивных продуктов в атмосферу [1].

Объекты «Глобус-2» и «Рубин-1»

Взрыв «Глобус-2» был осуществлен 4 октября 1971 г. в 28 км на восток от железнодорожной станции Кивер в Архангельской области и в 5 км на восток от пос. Паломыш. Глубина заложения заряда – 595 м, мощность ядерного заряда – 2,3 кТ.

Взрыв «Рубин-1» был осуществлен 6 сентября 1988 г. восточнее объекта «Глобус-2» на расстоянии около 1300 м от него. Глубина заложения заряда – 820 м, мощность ядерного заряда – 2,3 кТ.

Взрывы были проведены с целью геосейсмозондирования в штатном режиме [1].

Места проведения взрывов «Глобус-2» и «Рубин-1» находятся на территории Вилегодского биологического заказника

ка в Вилегодском районе [8], расположенном на юго-востоке Архангельской области в 27 км к северу от районного центра с. Ильинско-Подомского (население около 3 тыс. чел.). Все другие сельские поселения расположены на расстоянии от 23 км (с. Сорово) и далее от мест проведения взрывов. Следует отметить, что все население Вилегодского района составляет 11,5 тыс. человек (на 2020 г.). Города областного подчинения Корьяжма (население более 42 тыс. чел.) и Котлас (население около 60 тыс. чел.) находятся западнее мест проведения взрывов в 40 км и 70 км соответственно.

Для выявления воздействия радиоактивности на окружающую среду в зонах эпицентров взрывов «Агат», «Глобус-2», «Рубин-1» специалистами Института экологических проблем Севера РАН в 2014 г. отбирались пробы почв, донных отложений озер, ручья, реки, растительности. Определялась активность ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th . Исследователями сделан вывод, что повышенная активность ^{137}Cs (137 Бк/кг) в торфяном горизонте обусловлена свойством торфяников аккумулировать мигрирующий ^{137}Cs , выпавший ранее с атмосферными осадками, и не связана с последствиями ядерного взрыва [6].

В монографии [1] приводятся данные обследований, проведенных на объектах «Глобус-2» и «Рубин-1», в которых показано, что в отобранных на объекте «Глобус-2» пробах почвы удельная активность ^{137}Cs находилась в пределах от 1,9 до 44,2 Бк/кг. Средняя по всем пробам почвы удельная активность ^{137}Cs – 12,9 Бк/кг. Практически аналогичные величины удельной активности каждого из этих радионуклидов определялись и в пробах почвы, отобранных на объекте «Рубин-1». Средняя поверхностная плотность загрязнения почвы ^{137}Cs на объекте «Глобус-2» составляет 1,4 кБк/м², а на объекте «Рубин-1» – 1,6 кБк/м². Все приведенные выше величины удельной активности проб почвы, а также поверхностной плотности загрязнения почвы на территориях обоих объектов соответствовали средним значениям аналогичных показателей для этих широт территории России. В ходе проведенных исследований было установлено, что каких-либо аномалий в содержании радионуклидов в почве на территориях объектов «Глобус-2» и «Рубин-1» не наблюдается.

Однако следует отметить, что при проведении в 2011 г. сотрудниками ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева комплексных радиационно-гигиенических исследований на территориях, прилегающих к местам проведения МЯВ «Глобус-2» и «Рубин-1», на территории ОЗ МЯВ «Глобус-2» были обнаружены два локальных участка радиоактивного загрязнения ^{137}Cs , расположенных в пределах прудов-отстойников, образовавшихся, возможно, в результате экспериментов, проведенных после взрыва [7].

Материалы и методы

Радиационно-гигиеническое обследование территории, прилегающей к месту проведения МЯВ, проводилось по стандартной схеме [9, 10], которая включала в себя определение географических координат специфических элементов ландшафта, точек измерений и отбора проб с использованием спутниковых навигаторов; измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (ДК-АТ1121, «АТОМТЕХ», Беларусь); идентификацию

¹ СанПиН 2.6.1.2819-10 «Обеспечение радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения (1965–1988 гг.) ядерных взрывов в мирных целях» [Sanitary Regulations and Standards 2.6.1.2819-10 "Ensuring the radiation safety of the population living in the regions of nuclear explosions for peaceful purposes (1965-1988)" (In Russ.)]

гамма-излучающих радионуклидов *in situ* методом полевой гамма-спектрометрии (МКСП-01 (фирма «РАДЭК», Россия)) с кристаллом NaI [11]; отбор проб верхнего (на глубину до 20 см) слоя почвы, а также проб воды на содержание трития; фото- и видеосъемку. Положение точек измерений и отбора проб для наглядности выполнено с использованием картографических средств.

По результатам экспедиционных исследований на территориях ОЗ МЯВ было проведено 533 измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения, 15 гамма-спектрометрических измерений, отобрано 15 проб почвы и 34 пробы воды для исследования содержания трития.

Лабораторные измерения удельной активности радионуклидов в почве проводились на гамма-спектрометрической установке МКС-01А «МУЛЬТИРАД-гамма» (фирма НТЦ «Амплитуда» (Россия)) с кристаллом NaI. Геометрия – колодец, объём проб 200 мл, время измерения 10 минут. Определение трития в воде открытых водоемов осуществлялось на альфа-бета-радиометре «Quantulus 1220» фирмы «PerkinElmer» (США). Все измерения выполнены в соответствии с аттестованными методиками, с учётом рекомендаций МАГАТЭ [12].

Результаты и обсуждение

Санитарная и радиационно-гигиеническая характеристика охранной зоны взрыва «Агат»

В месте проведения взрыва «Агат» над устьем боевой скважины (БС) высятся остатки многометровых металлоконструкций (рис. 1).

Остатки металлоконструкций, показанные на рисунке 1, свидетельствуют о неблагоприятном санитарном состоянии ОЗ, затруднениях в отборе проб и измерении показателей радиационной обстановки в непосредственной близости от БС. На территории ОЗ обнаружено большое количество ржавых металлокон-



Рис. 1. Металлоконструкции над устьем боевой скважины на МЯВ «Агат»
[Fig. 1. Metal structures above the mouth of the battle well on the PNE «Агат»]

струкций, много бочек. Устье БС разрушено, информационный указатель над устьем заржавел и имеет едва различимую надпись.

Значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (более 200 измерений), зафиксированные на территории 500-метрового радиуса от БС, находились в диапазоне от 70 до 142 нЗв/ч, с наименьшими значениями на окружающих объект болотах (70–80 нЗв/ч).

Результаты полевой гамма-спектрометрии в отдельных точках территории ОЗ МЯВ «Агат» приведены в таблице 1, а данные лабораторных измерений удельной активности радионуклидов в пробах почвы, отобранных на территории ОЗ, – в таблице 2.

Таблица 1

Результаты измерений интенсивности пиков полного поглощения ^{137}Cs , ^{40}K , ^{214}Bi и ^{208}Tl в спектрах полевой гамма-спектрометрии в ОЗ МЯВ «Агат»

[Table 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 in the protected zone of peaceful nuclear explosion (PNE) «Агат»]

Код спектра [Spectrum code]	Координаты, град [Coordinates, degrees]	Интенсивность счета под пиком, имп/с [Intensity of the accounts under peak, IMP]			
		^{137}Cs	^{214}Bi	^{208}Tl	^{40}K
Спектр-1 Агат [Spectrum-1 Agat]	N 65.99566 E 41.03212	0,26	0,21	0,30	2,87
Спектр-2 Агат [Spectrum-2 Agat]	N 65.99544 E 41.03203	< 0,06	0,26	0,57	4,22
Спектр-3 Агат [Spectrum-1 Agat]	N 65.99553 E 41.03199	< 0,06	0,13	0,24	1,77
Спектр-4 Агат [Spectrum-1 Agat]	N 65.99542 E 41.03267	0,33	0,15	0,31	3,33
Спектр-5 Агат [Spectrum-1 Agat]	N 65.99550 E 41.03223	<0,06	0,19	0,66	4,46

Таблица 2

Удельная активность радионуклидов в пробах почвы в ОЗ МЯВ «Агат»

[Table 2]

Specific activity of radionuclides in soil samples collected in the protected zone of PNE «Agat»

Код пробы [Sample code]	Место отбора [Sampling location]	Мощность дозы, нЗв/ч [Dose rate, nSv/h]	Координаты, град [Coordinates, degrees]	Удельная активность, Бк/кг [Specific activity, Bq/kg]			
				¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
1	Площадка около двигателя бетоноподатчика (спектр-1 Агат) [The area near the concrete-carrier's engine (spectrum-1 Agat)]	107	N 65.99566 E 41.03212	<3	17±4	12±4	492±110
2	Внутри бетоноподатчика (спектр-5 Агат) [Inside the concrete sensor (spectrum-5 Agat)]	129	N 65.99550 E 41.03223	<3	12±4	24±5	554±117
3	Остатки деревянного строения [Remains of a wooden structure]	100	N 65.99555 E 41.03263	<3	14±5	11±5	504±116
4	Лагерь (спектр-4 Агат) [Camp (spectrum-4 Agat)]	101	N 65.99542 E 41.03267	<3	14±5	12±4	486±112
5	Место высадки [Landing site]	98	N 65.99533 E 41.03312	<3	<10	14±5	446±106

Таблица 3

Удельная активность трития в пробах воды в ОЗ МЯВ «Агат»

[Table 3]

Specific activity of tritium in water samples collected in the protected zone of PNE «Agat»

Код пробы [Sample code]	Координаты, град [Coordinates, degrees]		Удельная активность ³ H*, Бк/кг [Specific activity ³ H*, Bq/kg]	Примечание [Note]
	Северная широта [N]	Восточная долгота [E]		
TP 136	65.99553	41.03199	1,64±0,59	Боевая скважина, труба [Well, pipe]
TP 89	65.99561	41.03197	1,49±0,58	Внутри бетоноподатчика [Inside the concrete sensor]
TP 105	65.99555	41.03231	1,64±0,59	Металлоконструкции [Metal structures]
TP 106	65.99670	41.03434	2,86±0,61	Труба с водой (территория МЯВ) [Pipe with water]
TP 145	65.99498	41.03115	1,43±0,58	Озеро [Lake]
TP 93	65.99364	41.03159	1,65±0,59	Болото [Swamp]
TP 180	65.99094	41.03248	2,35±0,60	Болото [Swamp]
TP 179	65.99855	41.02437	1,09±0,58	–
TP 95	65.99393	41.04314	3,74±0,62	–
TP 58	65.99371	41.04301	2,13±0,59	–
TP 153	66.00727	41.13495	1,49±0,59	–
Уровень вмешательства** [Intervention level**]			7600	

* – Погрешность измерений указана с доверительной вероятностью 95%

[* – Measurement uncertainty is given at 95% confidence probability]

** – В соответствии с Приложением 2а НРБ 99/2009

[** – In accordance with Appendix 2a of NRB 99/2009].

Данные таблиц 1 и 2 свидетельствуют о том, что интенсивность пиков ^{137}Cs в полевых спектрах и удельная активность ^{137}Cs в пробах почвы варьируют в пределах, характерных для уровней глобальных выпадений данного радионуклида (0,3–0,4 имп/с для полевых спектров и около 5 Бк/кг² для удельной активности ^{137}Cs в почве). Это значение подтверждается данными, приведенными в работе [13] для почв г. Москвы в 2019 г., – 4,2 Бк/кг. Удельная активность природных радионуклидов в почве в данном случае намного превышает удельную активность ^{137}Cs .

В таблице 3 представлены результаты измерений удельной активности трития в пробах воды.

Результаты измерений трития (см. табл. 3) показывают отсутствие выноса данного радионуклида на поверхность из зоны взрыва, поскольку зарегистрированные значения характерны для глобальных уровней содержания данного радионуклида в воде поверхностных водоемов и в атмосферных осадках [13].

Санитарная и радиационно-гигиеническая характеристика охранной зоны взрыва «Глобус-2»

В месте проведения взрыва «Глобус-2» устье БС оборудовано разрушающимся бетонным основанием с установленным на нем репером. Репер представляет собой металлическую трубу с круглым металлическим знаком с плохо различимым текстом, запрещающим производство строительных и буровых работ в радиусе 450 м (рис. 2, слева внизу).

Территория ОЗ МЯВ «Глобус-2» расположена в лесном массиве недалеко от дороги, обеспечивающей подъезд к данному объекту.

Территория ОЗ частично захламлена: обнаружено большое количество конструкций (труб и остатков деревянных строений – в основном в радиусе 100 м от БС) (рис. 2).

Значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (до 170 измерений), зафиксированные на территории 500-метрового радиуса от БС, находились в диапазоне от 70 до 215 нЗв/ч, с наименьшими значени-

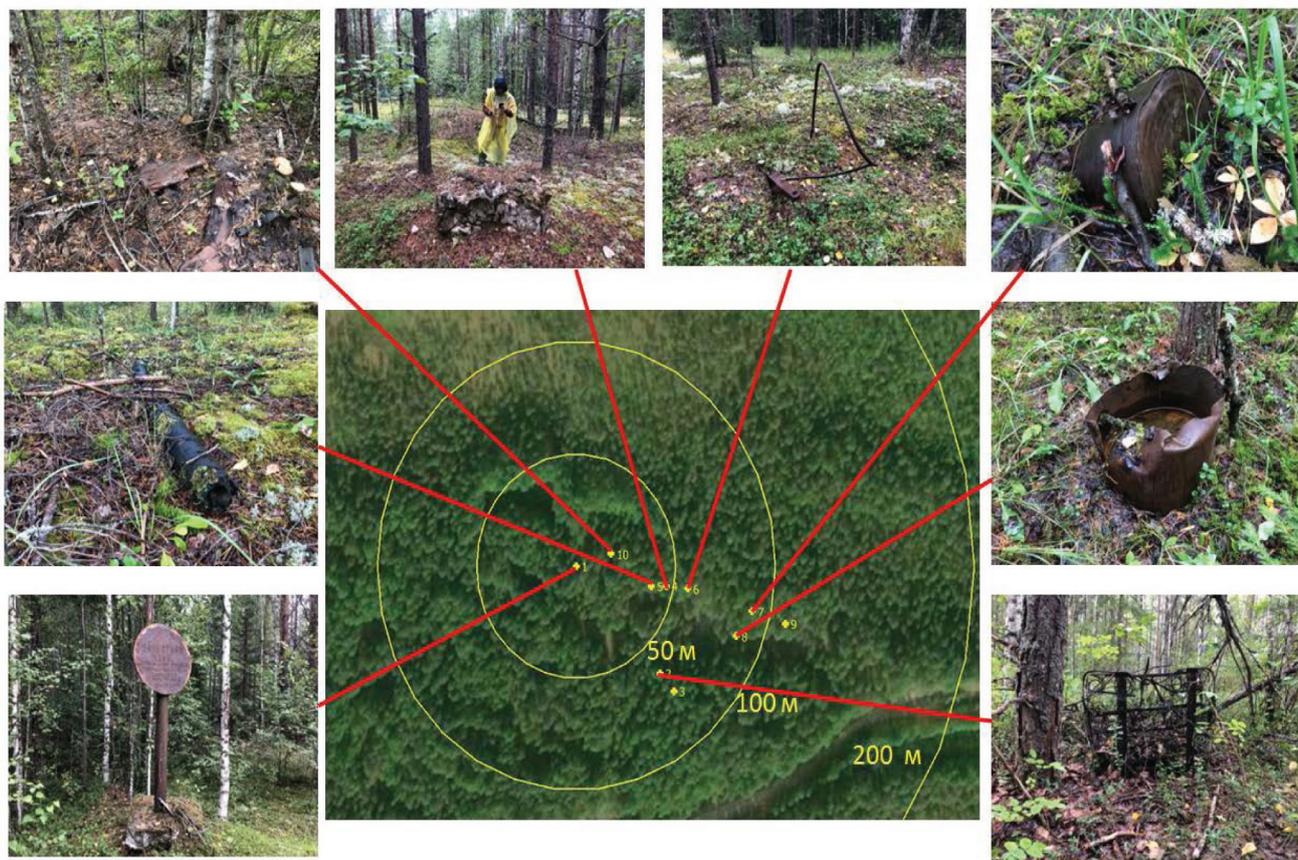


Рис. 2. Санитарное состояние ОЗ МЯВ «Глобус-2»
[Fig. 2. The sanitary condition in the protected zone of PNE «Gloбус-2»]

² Данная оценка получена исходя из условия, что уровень глобального загрязнения почвы на глубину 20 см составляет в настоящее время примерно 1000 Бк/м². При массе слоя почвы площадью 1 м² 260–320 кг средняя удельная активность почвы на глубину 20 см будет находиться в диапазоне от 3,1 до 3,8 Бк/кг. Консервативная величина принята равной 5 Бк/кг.

ями на расположенных на территории ОЗ обширных болотах (70–80 нЗв/ч).

Места проведения гамма-спектрометрического исследования и результаты измерений в ОЗ МЯВ «Глобус-2» представлены на рисунке 3.

Результаты полевых гамма-спектрометрических исследований в ОЗ МЯВ «Глобус-2» (см. рис. 3) показывают, что, наряду с интенсивностями пиков ¹³⁷Cs, характерными для территорий с глобальными уровнями радиоактивного загрязнения (0,3–0,4 имп/с), имеют место повышенные уров-

ни значения интенсивности (12–50 имп/с) [13]. В таблице 4 приведены данные лабораторных измерений удельной активности радионуклидов в пробах почвы, отобранных в точках измерений полевых спектров в ОЗ МЯВ «Глобус-2».

Наличие локального загрязнения почвы ¹³⁷Cs, выявленное при проведении полевой гамма-спектрометрии, подтверждается результатами лабораторных измерений удельной активности ¹³⁷Cs в пробах почвы, представленных в таблице 4. В двух пробах почвы значения удельной активности ¹³⁷Cs составили 154 и 160 Бк/кг.

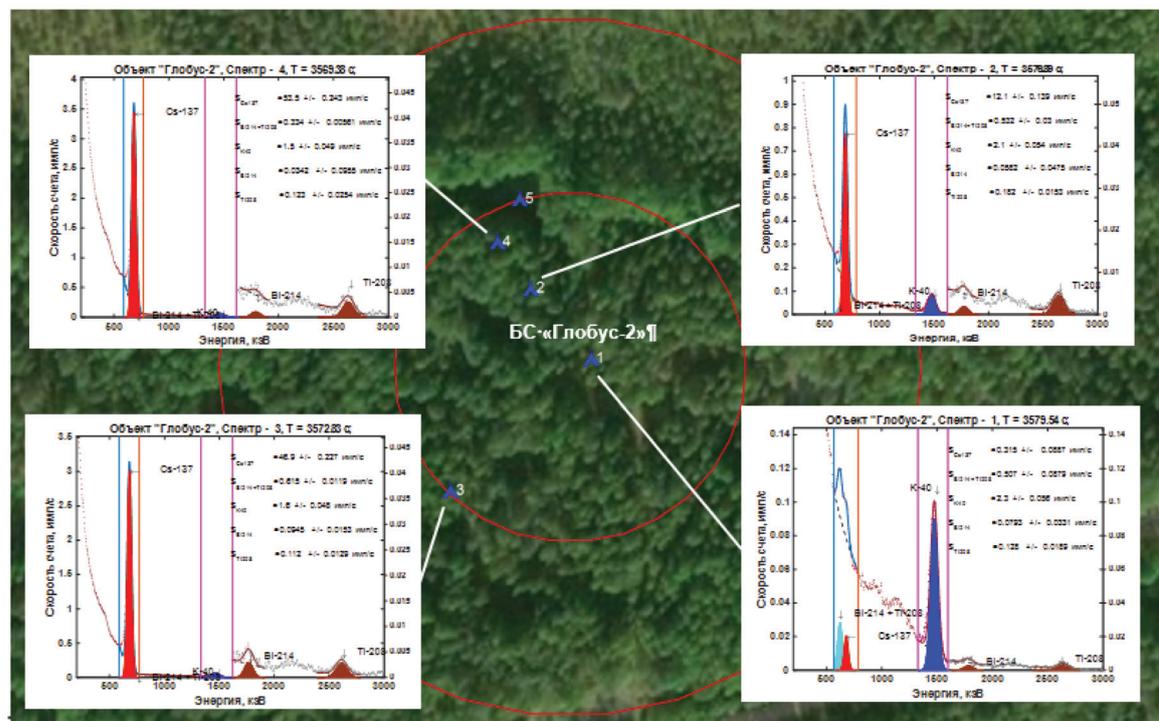


Рис. 3. Места проведения гамма-спектрометрического исследования и спектры, зарегистрированные в ОЗ МЯВ «Глобус-2» [Fig. 3. Sites of gamma spectrometric measurements and the spectra recorded in the protected zone of PNE «Globus-2»]

Удельная активность в пробах почвы в ОЗ МЯВ «Глобус-2»

Таблица 4

Specific activity of radionuclides in soil samples collected in the protected zone of PNE «Globus-2»

[Table 4

Код пробы [Sample code]	Место отбора [Sampling location]	Мощность дозы, нЗв/ч [Dose rate, nSv/h]	Координаты, град [Coordinates, degrees]	Удельная активность, Бк/кг [Specific activity, Bq/kg]			
				Cs ¹³⁷	Ra ²²⁶	Th ²³²	K ⁴⁰
6	Спектр-1 Глобус-2, (точка 1) [Spectrum-1 Globus-2, (point 1)]	94	N 61.36202 E 48.06890	6±2	<10	<12	219±57
7	Спектр-3 Глобус-2, (точка 3) [Spectrum-3 Globus-2, (point 3)]	199	N 61.36232 E 48.06840	154±20	<10	<12	263±68
8	Спектр-4 Глобус-2, (точка 4) [Spectrum-4 Globus-2, (point 4)]	215	N 61.36168 E 48.06815	160±21	<10	<12	233±65

В процессе данного исследования установлены два локальных участка с превышением глобальных уровней радиоактивного загрязнения. Эти же места локального загрязнения были обнаружены ранее, при проведении исследований, выполненных в 2011 г. [8]. В местах локального загрязнения зафиксированы повышенные значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (199–215 нЗв/ч). На остальной территории ОЗ уровни гамма-фона находились в интервале

80–130 нЗв/ч, то есть в пределах колебаний естественного фона, характерного для данного региона (0,08–0,13 мкЗв/ч) [13].

В таблице 5 приведены данные лабораторных измерений удельной активности трития в пробах воды, отобранных в ОЗ МЯВ «Глобус-2».

Содержание трития в водоемах находится на уровне естественных колебаний данного показателя в других регионах (менее 5 Бк/кг) [13].

Таблица 5

Удельная активность трития в пробах воды в ОЗ МЯВ «Глобус-2»

[Table 5]

Specific activity of tritium in water samples in the protected zone of PNE «Globus-2»

Код пробы [Sample code]	Координаты, град [Coordinates, degrees]		Удельная активность ³ H*, Бк/кг [Specific activity ³ H*, Bq/kg]	Примечание [Note]
	Северная широта [N]	Восточная долгота [E]		
TP 148	61.36216	48.07080	3,21±0,61	Лес [Forest]
TP 22	61.36156	48.07199	2,61±0,60	Болото [Swamp]
TP 5	61.36250	48.07148	1,97±0,59	Болото [Swamp]
TP 29	61.36002	48.07169	2,25±0,60	Лес [forest]
TP 57	61.36173	48.07085	1,78±0,59	Лес [Forest]
TP 26	61.36188	48.07034	2,52±0,59	Лес [Forest]
TP 15	61.36250	48.06852	2,48±0,60	Болото [Swamp]
TP 101	61.36240	48.06830	3,1±0,61	Болото [Swamp]
TP 32	61.36271	48.06853	2,57±0,60	Болото [Swamp]
TP 14	61.36300	48.06807	3,46±0,62	Болото [Swamp]
TP 69	61.36301	48.07056	2,52±0,59	Болото [Swamp]
TP 119	61.36254	48.06884	1,69±0,59	Болото [Swamp]
Уровень вмешательства** [Intervention level**]			7600	

* Погрешность измерений указана с доверительной вероятностью 95%

[* Measurement uncertainty is given at 95% confidence probability]

** В соответствии с Приложением 2а НРБ 99/2009

[** In accordance with Appendix 2a of NRB 99/2009].

Санитарная и радиационно-гигиеническая характеристика охранной зоны взрыва «Рубин-1»

В месте проведения взрыва «Рубин-1» на устье БС имеется бетонное основание с установленным на нем репером. Репер представляет собой металлическую трубу с наваренным на нем круглым металлическим знаком с плохо различимым текстом, запрещающим производство строительных и буровых работ в радиусе 550 м (рис. 4, вверху).

О санитарном состоянии ОЗ взрыва «Рубин-1» дает представление рисунок 4.

Территория ОЗ МЯВ «Рубин-1» расположена в лесном массиве недалеко от дороги, обеспечивающей подъезд к данному объекту. На территории ОЗ находятся металлоконструкции, бытовой мусор. Устье БС полуразрушено.

Значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (до 200 измерений), зафиксированные на территории 500-метрового радиуса от БС, находились

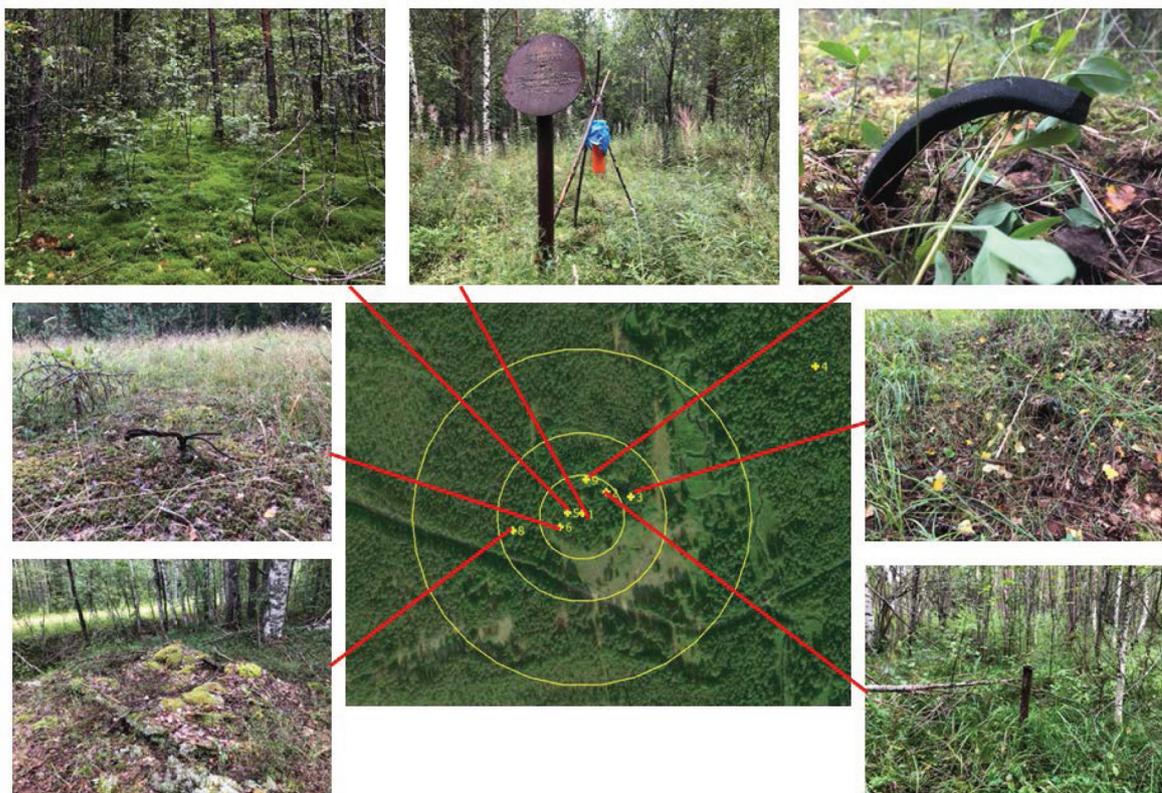


Рис. 4. Санитарное состояние ОЗ МЯВ «Рубин-1»
[Fig. 4. The sanitary condition in the protected zone of PNE «Rubin-1»]

в диапазоне от 75 до 136 нЗв/ч, с наименьшими значениями на расположенных на территории ОЗ обширных болотах – 75–82 нЗв/ч. Эти уровни характерны для естественного природного фона.

На рисунке 5 даны примеры полевых спектров, полученных в ОЗ МЯВ «Рубин-1».

Результаты полевых гамма-спектрометрических исследований в ОЗ МЯВ «Рубин-1» представлены в таблице 6.

Из рисунка 5 и таблицы 6 видно, что, наряду с фоновыми значениями интенсивности счета под пиком ^{137}Cs , на территории ОЗ имеются участки, на которых интенсивность счета под пиком ^{137}Cs превышает фоновые уровни примерно в 2 раза.

В таблице 7 приведены данные лабораторных измерений удельной активности радионуклидов в пробах почвы, отобранных в ОЗ МЯВ «Рубин-1».

Результаты измерений удельной активности проб почвы (см. табл. 7) указывают на слабые уровни загрязнения почвы ^{137}Cs , хотя результаты полевой гамма-спектрометрии выявили незначительное повышение интенсивности счета над фоновыми уровнями.

В таблице 8 приведены данные лабораторных измерений удельной активности трития в пробах воды, отобранных в ОЗ МЯВ «Рубин-1».

Результаты измерений удельной активности трития в пробах воды из поверхностных водоемов, находящихся в ОЗ МЯВ Рубин-1 (табл. 8), не выявили превышений фоновых уровней [13].

Таким образом, радиационная обстановка в ОЗ МЯВ «Рубин-1» характеризуется показателями, на основании

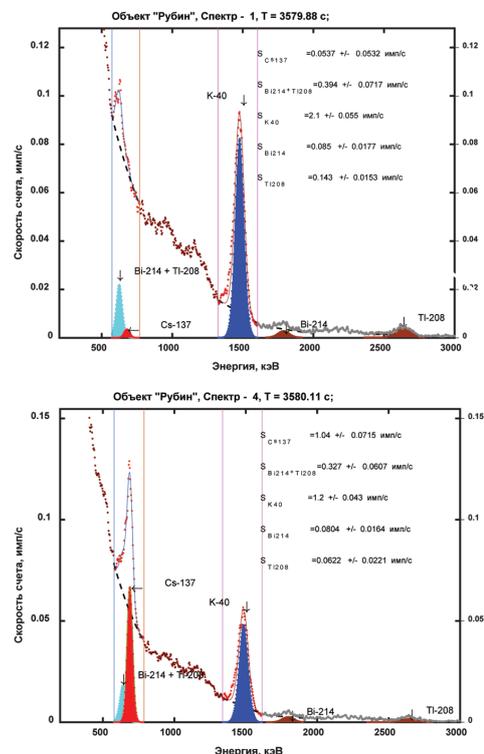


Рис. 5. Примеры спектров с фоновым и повышенным уровнем загрязнения почвы ^{137}Cs , измеренных в ОЗ МЯВ «Рубин-1»
[Fig. 5. Examples of spectra with background and increased level of ^{137}Cs measured in the protected zone of the PNE «Rubin-1»]

Таблица 6

Результаты измерений интенсивности пиков полного поглощения ¹³⁷Cs, ⁴⁰K, ²¹⁴Bi и ²⁰⁸Tl в спектрах полевой гамма-спектрометрии в ОЗ МЯВ «Рубин-1»

[Table 6]

Results of measurements of the intensity of peaks of full absorption of ¹³⁷Cs, ⁴⁰K, ²¹⁴Bi and ²⁰⁸Tl in the spectrums of field gamma spectrometry in the protected zone of PNE «Rubin-1»

Код спектра [Code spectrum]	Координаты, град [Coordinates, degrees]	Интенсивность счета под пиком, имп/с [Intensity of the accounts under peak, IMP]			
		¹³⁷ Cs	²¹⁴ Bi	²⁰⁸ Tl	⁴⁰ K
Спектр-1 Рубин-1 [Spectrum-1 Rubin-1]	N 61.35974 E 48.09226	0,075	0,0747	0,142	2,13
Спектр-2 Рубин-1 [Spectrum-2 Rubin1]	N 61.35916 E 48.09319	0,54	0,0522	0,163	2,15
Спектр-3 Рубин-1 [spectrum-3 Rubin1]	N 61.35975 E 48.09230	<0,06	0,0673	0,105	2,29
Спектр-4 Рубин-1 [Spectrum-4 Rubin1]	N 61.35855 E 48.09183	0,86	0,1	0,0654	1,25
Спектр-5 Рубин-1 [Spectrum-5 Rubin-1]	N 61.35900 E 48.09286	0,81	0,093	0,131	2,06

Таблица 7

Удельная активность в пробах почвы в ОЗ МЯВ «Рубин-1»

[Table 7]

Specific activity of radionuclides in soil samples collected in the protected zone of the PNE «Rubin-1»

Код пробы [Sample code]	Место отбора [Sampling location]	Мощность дозы, нЗв/ч [Dose rate, nSv/h]	Координаты, град [Coordinates, degrees]	Удельная активность, Бк/кг [Specific activity, Bq/kg]			
				¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
10	На восток от БС (спектр-3 Рубин-3) [To the east of the well (spectrum-3 Rubin-3)]	91	N 61.35975 E 48.09230	<3	<10	<12	237±65
11	У проволоки [At the wire]	93	N 61.35909 E 48.09313	<3	<10	<12	195±61
12	Боевая скважина (спектр-1 Рубин-1) [Well (spectrum-1 Rubin-1)]	95	N 61.35974 E 48.09226	<3	<10	<12	228±69
13	За дорогой (спектр-4 Рубин-1) [Behind the road (spectrum-4 Rubin-1)]	86	N 61.35855 E 48.09183	4±3	<10	<12	142±60
14	Дорога между Рубин-1 и Глобус-2 [The road between Rubin-1 and Globus-2]	96	N 61.36013 E 48.08586	<3	10±4	<12	232±70
15	10 метров за мостом через Большой Томбач (правый берег) [10 meters behind the bridge over the Great Tombaj (right bank)]	97	N 61.35882 E 48.09674	<3	10±5	<12	241±75
16	Луг [Meadow]	96	N 61.35900 E 48.09366	<3	<10	<12	261±74

Таблица 8

Удельная активность трития в пробах воды в ОЗ МЯВ «Рубин-1»

[Table 8]

Specific activity of tritium in water samples collected in the protected zone of the PNE «Rubin-1»

Код пробы [Sample code]	Координаты, град [Coordinates, degrees]		Удельная активность ³ H*, Бк/кг [Specific activity ³ H*, Bq/kg]	Примечание [Note]
	Северная широта [N]	Восточная долгота [E]		
TR 27	61.35690	48.09619	< 1,0	Болото [Swamp]

Код пробы [Sample code]	Координаты, град [Coordinates, degrees]		Удельная активность ${}^3\text{H}^*$, Бк/кг [Specific activity ${}^3\text{H}^*$, Bq/kg]	Примечание [Note]
	Северная широта [N]	Восточная долгота [E]		
TP 97	61.35788	48.09226	2,01±0,59	Болото [Swamp]
TP 40	61.35918	48.09632	2,03±0,59	Река Томбаш [River Tombash]
TP 23	61.36081	48.10085	2,16±0,60	Лес [forest]
TP 70	61.36131	48.09737	2,4±0,60	Лес [forest]
TP 135	61.36029	48.09293	1,97±0,59	Пруд [Swamp]
TP 108	61.36256	48.09290	1,24±0,58	–
TP 11	61.36179	48.09321	2,65±0,60	Река М. Томбаш [River M. Tombash]
TP 37	61.36383	48.09252	2.99±0,61	Река М. Томбаш [River M. Tombash]
TP 10	61.22115	47.58810	1.69±0,59	Ручей [Stream]
TP 79	66.00727	41.13495	2,57±0,60	Лес [Forest]
Уровень вмешательства ** [Intervention level **]			7600	

* Погрешность измерений указана с доверительной вероятностью 95%

[* Measurement error is 95% confidence probability]

** Значения приведены в соответствии с Приложением 2а НРБ 99/2009

[** According Annex 2a NRB 99/2009]

которых можно утверждать, что локальные загрязнения территории ${}^{137}\text{Cs}$ и водных объектов тритием отсутствуют.

Заключение

В 2020 г. были проведены исследования санитарного и радиационно-гигиенического состояния территорий охранных зон мирных ядерных взрывов «Глобус-2», «Агат» и «Рубин-1», осуществленных в Архангельской области для глубинного сейсмического зондирования земной коры.

В результате исследований установлено:

1. Значения мощности дозы на всех обследованных территориях ОЗ МЯВ находятся на уровне колебаний естественного регионального радиационного фона. В отдельных точках на территории ОЗ МЯВ «Глобус-2» зафиксированы небольшие повышенные значения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения.

2. Результаты исследований 2020 г. подтвердили результаты исследований, выполненных в 2011 г., о наличии на территории ОЗ МЯВ «Глобус-2» участков незначительного локального загрязнения почвы ${}^{137}\text{Cs}$.

3. Значения удельной активности трития в воде водных объектов, расположенных на территориях ОЗ МЯВ, находятся в пределах показателей, характерных для водных объектов территории Российской Федерации.

4. При оценке санитарного состояния территорий ОЗ МЯВ обнаружены заржавевшее технологическое оборудование, бочки, мусор. Устья БС МЯВ «Глобус-2» и «Рубин-1» подвержены пожарной опасности, поскольку окружены зарослями леса

5. Информационные знаки, установленные на полуразрушенных бетонных основаниях, расположенных на устьях БС обследованных МЯВ, имеют едва различимые надписи.

Благодарности

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»).

Авторы выражают свою благодарность Бузинову Роману Вячеславовичу – руководителю Управления Роспотребнадзора по Архангельской области, Уварову Александру Викторовичу – руководителю агентства государственной противопожарной службы и гражданской защиты Архангельской области, Мальцевой Ларисе Юрьевне – главе администрации Ручьевского сельского

поселения за оказание содействия и помощь в организации экспедиции.

Литература

1. Современная радиоэкологическая обстановка в местах проведения мирных ядерных взрывов на территории Российской Федерации / Колл. авторов; под рук. проф. В.А. Логачева. М.: ИздАТ, 2005. 256 с.
2. Ядерные испытания СССР. Том 4. Использование ядерных взрывов для решения народнохозяйственных задач и научных исследований / Колл. авторов под рук. В.Н. Михайлова. Саров: РФЯЦ ВНИИЭФ, 2000. 200 с.
3. 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.
4. Касаткин В.В., Ильичев В.А., Камнев Е.Н., и др. Георадиоэкологические проблемы объектов мирных ядерных взрывов – пунктов размещения особых радиоактивных отходов // Атомная энергия. 2012. Т. 113, № 5. С. 289-293.
5. Репин В.С., Рамзаев В.П., Храмцов Е.В. Роль охранных зон в обеспечении радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения мирных ядерных взрывов // Сборник тезисов международной науч.-практ. конф. Актуальные вопросы радиационной гигиены, Санкт-Петербург, 1-3 октября 2012. СПб, 2012. С. 109-112.
6. Киселёв Г.П. Баженов А.В., Киселева И.М., Дружинин С.В. Радиоактивность эпицентральных зон промышленных ядерных взрывов // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: естественные науки. 2014. № 4. С. 21-31.
7. Зеленцова С.А., Архангельская Г.В., Зыкова И.А., и др. Мирные ядерные взрывы в Архангельской области и отношение населения к их последствиям // Радиационная гигиена. 2012. Т. 5, № 2. С. 14-19.
8. Вилегодский государственный природный биологический заказник регионального значения. Сборник докладов. Архангельск: Ком. по экологии Арханг. области. 2007. 62 с.
9. Рамзаев В.П., Репин В.С., Храмцов Е.В. Мирные ядерные взрывы: проблемы и пути обеспечения радиационной безопасности // Радиационная гигиена. 2009. Т. 2, № 2. С. 27-33.
10. Рамзаев В.П., Медведев А.Ю., Репин В.С., и др. Радиационно-гигиенический мониторинг в местах применения ядерно-взрывных технологий в мирных целях и расчет доз облучения критических групп населения // Радиационная гигиена. 2010. Т. 3, № 1. С. 33-39.
11. Journal of the International Commission on Radiation Units and Measurements, Report 53, Volume os27, Issue 2, 1 December 1994.
12. Руководства по мониторингу при ядерных или радиационных авариях. МАГАТЭ, Вена. IAEA-TECDOC-1092/R. IAEA, 2002.
13. Радиационная обстановка на территории РФ и сопредельных государств в 2019 году. Ежегодник. Обнинск, 2020. 340 с.

Поступила: 23.11.2020 г.

Храмцов Евгений Витальевич – 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. **Адрес для переписки:** 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: zhenia.khramtzov2013@yandex.ru

Репин Виктор Степанович – доктор биологических наук, руководитель отдела здоровья 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

Библин Артём 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, Санкт-Петербург, Россия

Варфоломеева Ксения Владимировна – младший научный сотрудник лаборатории экологии Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба 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

Для цитирования: Храмцов Е.В., Репин В.С., Библин А.М., Варфоломеева К.В., Иванов С.А. Радиационно-гигиеническая характеристика охранных 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

Radiation-hygienic characteristic of the protected zones of peaceful nuclear explosions in the Arkhangelsk region

Evgeniy V. Khramtsov, Viktor S. Repin, Artem M. Biblin, Kseniya V. Varfolomeeva, Sergey A. Ivanov

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

The article presents data on the radiation situation on the territories of the protected zones of peaceful nuclear explosions «Globus-2», «Agat» and «Rubin-1» based on the results of field studies in 2020. Peaceful nuclear explosions were conducted in the Arkhangelsk region for seismic exploration. The results of the radiation-hygienic state of protected zones and radiation safety in the territories adjacent to peaceful nuclear explosions are analyzed by the main indicators: the values of the ambient dose equivalent of gamma radiation, the identification of gamma-emitting radionuclides in situ by field gamma spectrometry, the specific activity of technogenic radionuclides in the soil and tritium in the water of reservoirs and drinking water sources. An assessment of the sanitary condition of the studied territories of protected zones of peaceful nuclear explosions is given. It was found that the levels of the ambient dose equivalent rate of the gamma radiation at all sites are at the level of fluctuations in the natural regional radiation background in the range of 0.08–0.20 microSv/h. On the territory of the protected zone of the peaceful nuclear explosion «Globus-2» were repeatedly identified areas of minor local soil contamination with ^{137}Cs (the previous study was performed in 2011). Increased values of the ambient equivalent dose rate of gamma radiation (0.20–0.22 $\mu\text{Sv/h}$) and specific activity of ^{137}Cs in two soil samples (154 and 160 Bq/kg, respectively) were found in these areas. The tritium content in the water of water supply sources does not exceed 5 Bq/kg. These values are typical for global levels of this radionuclide in water bodies. Remains of technological equipment were found on the territories of the protected zones of the peaceful nuclear explosions (especially in the protected zone of the explosion «Agat»), as well as rusty metal pipes and barrels, the remains of wooden structures, etc. Information signs installed on dilapidated concrete foundations at the mouths of combat wells of all surveyed peaceful nuclear explosions have subtle inscriptions. The presence of forest thickets in the places where the investigated peaceful nuclear explosions are conducted and their ignition during forest fires is a potential threat to the release of technogenic radionuclides during depressurization of the mouths of combat wells.

Key words: peaceful nuclear explosion, protective zone, radionuclides, radioactive contamination, radiation safety, sanitary waste.

References

1. Modern radioecological situation in the field of peaceful nuclear explosions on the territory of the Russian Federation / PCs. authors; under hands. Prof. V.A. Logacheva. Moscow; 2005. 256 p. (in Russian).
2. Soviet nuclear tests. Volume 4. Using nuclear explosions to solve economic tasks and research / PCs. the authors hand. V.N. Mikhailov. Sarov: VNIIEF; 2000, 200 p. (in Russian).
3. Peaceful nuclear explosions: General and radiation safety when they hold/ PCs. authors; under hands. Prof. V.A. Logachev. Moscow; 2001. 519 p. (in Russian).
4. Kasatkin VV, Ilichev VA, Kamnev EN, Kasatkin AV, Samorodova TS. Geological and radioecological problems of the objects formed by peaceful nuclear explosions – special radwaste repositories. *Atomnaya energiya = Atomic Energy*. 2012;113(5): 289–293. (In Russian).
5. Repin VS, Ramzaev VP, Khramtsov EV. The role of protected zones in ensuring the radiation safety of the population living in the areas of peaceful nuclear explosions. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Actual Issues of Radiation Hygiene» 1-3 October 2012, Saint Petersburg, Russia. Saint Petersburg: NIIRG; 2012. P. 109–112. (In Russian).
6. Kiselev GP, Bazhenov AV, Kiseleva IM, Druzhinin SV. Radioactivity of epicentral zones of industrial nuclear explosions in Arkhangelsk region. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federalnogo universiteta. Seriya: estestvennye nauki = Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series «Nature Sciences»*. 2014;4: 21–31 (In Russian).
7. Zelentsova SA, Arkhangelskaya GV, Zykova IA, Khramtsov EV, Zelentsov IG. Public attitude to consequences of peaceful nuclear explosions in Arkhangelsk region. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2012;5(2): 14–19. (In Russian).
8. Vilegodsky state natural biological reserve of regional significance: Proceedings / Com. on the ecology of Arhang. Region; ed: E.V. Shavrina. Arkhangelsk; 2007. 62 p. (In Russian).
9. Ramzaev VP, Repin VS, Khramtsov EV. Peaceful underground nuclear explosions: current issues on radiation safety for general public. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2009;2(2): 27–33. (In Russian).
10. Ramzaev VP, Medvedev AYU, Repin VS, Timofeeva MA, Khramtsov EV. Radiation monitoring the industrial nuclear explosion sites and evaluation of the doses to the critical groups of population. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2010;3(1): 33–39. (In Russian).

Evgeniy V. Khramtsov

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

Address for correspondence: Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: zhenia.khramtzov2013@yandex.ru

11. Journal of the International Commission on Radiation Units and Measurements, Report 53, Volume 27, Issue 2, 1 December 1994.
12. International Commission on Radiation Units and Measurements: Report 53. Gamma-ray spectrometry in the environment / ICRU, 1994. Guidelines for monitoring nuclear or radiation accidents. IAEA, Vienna. IAEA-TECDOC-1092/R. ISSN 1011-4289. IAEA, 2002.
13. Radiation situation in the territory of Russia and neighboring states in 2019. Annual. Obninsk; 2020. 340 p. (In Russian).

Received: November 23, 2020

For correspondence: Evgeniy V. Khramtsov – Researcher, Laboratory of Ecology, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights and Human Well-Being (Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: zhenia.khramtzov2013@yandex.ru)

Viktor S. Repin – doctor of biological sciences, head of the department of health, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Artem M. Biblin – head of the information-analytical center, senior research scientist, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Kseniya V. Varfolomeeva – junior research scientist, 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 Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Sergey A. Ivanov – junior research scientist, radiochemical laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

For citation: Khramtsov E.V., Repin V.S., Biblin A.M., Varfolomeeva K.V., Ivanov S.A. Radiation-Hygienic characteristic of the protective zones of peaceful nuclear explosions in the Arkhangelsk region. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021. Vol. 14, No. 1. P. 111-123. (In Russian).

DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-1-111-123