

Современная оценка радиационного состояния окружающей среды на участках проведения подземных ядерных взрывов в Красноярском крае

А.А. Кудагелдинов, Л.П. Рихванов, Ю.Л. Замятина, А.Ю. Иванов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

The current estimate of the radiation environment at the sites of underground nuclear explosions in the Krasnoyarsk Territory

A.A. Kudageldinov, L.P. Rikhvanov, Yu.L. Zamyatina, A. Yu. Ivanov

Federal State budget institution of higher education "National Research Tomsk Polytechnic University

Среди радиационно-гигиенических проблем, доставшихся в наследство от хозяйственной деятельности в Советском Союзе, определенное беспокойство вызывает вопрос обеспечения радиационной безопасности населения, проживающего на территориях, прилегающих к местам проведения подземных ядерных взрывов (ПЯВ) в мирных целях. Эти объекты образовались в процессе реализации государственной программы «Ядерные взрывы для народного хозяйства». На территории Российской Федерации (РФ) с 1965 по 1988 г. было осуществлено 81 ПЯВ [1]. Ядерно-взрывные технологии применялись для глубинного сейсмозондирования земной коры, для создания подземных опытно-промышленных емкостей, для интенсификации добычи нефти и газа, тушения газовых факелов, дробления рудных тел, перемещения больших масс грунта и других целей.

Мирные ядерные взрывы, проведенные на территории Красноярского края, входят в состав довольно многочисленной группы ПЯВ, основной целью которых было глубинное сейсмическое зондирование (ГСЗ) земной коры. Радиационная безопасность обеспечивалась правильным выбором геолого-гидрогеологических условий проведения взрыва, глубиной и энергией взрыва, оптимальной конструкцией скважины и тщательным проведением изоляционных работ в процессе ее бурения.

В целом, на территории Красноярского края в период с 1975 по 1982 годы было выполнено девять ПЯВ. Краткая их характеристика приводится в таблице 1 [по данным 1-4].

При выполнении работы из девяти площадок ПЯВ нами, по состоянию на 2011 год, было обследовано пять площадок: Горизонт-3, Метеорит-2, Рифт-1 Таймырского муниципального района, Кратон-2 – г. Игарка, Плутон-1 –Эвенкийского муниципального района).

Для радиационной оценки современного состояния окружающей среды на участках проведения ПЯВ были использованы ядерно-физических методы анализа:

а) определение географических координат элементов ландшафта, сооружений, точек пробоотбора и т.д. с использованием спутниковых навигаторов; б) измерение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в воздухе с помощью гамма-дозиметров; в) измерение плотности потока бета-излучения; в) идентификацию гамма-излучающих радионуклидов *in situ* методом полевой гамма-спектрометрии [3]; г) отбор проб почвы, воды; д) фото- и видеосъемку. Лабораторные исследования отобранных проб включали в себя определение активности гамма-излучающих радионуклидов, ^{90}Sr , изотопов плутония, урана и ^3H .

Таблица 1

Краткая характеристика подземных ядерных взрывов, проведенных на территории Красноярского края

Название ПЯВ	Место проведения	Дата проведения	Глубина, м	Мощность, кт
"Горизонт" Скважина Г-3	80 км от Норильска озеро Лама	29.09.1975	834	7,6
"Метеорит" Скважина М2	80 км от Норильска озеро Лама	26.07.1977	850	15
"Метеорит" Скважина М3	35 км к юго-западу от п. Тура	21.08.1977	600	8,5
"Кратон" Скважина КР-2	100 км южнее г. Игарка п. Ермаково, Туруханский район	21.09.1978	886	5
"Кимберлит" Скважина КМ-3	35 км к юго-западу от п. Тура	06.09.1979	599	8,5
"Батолит" Скважина БТ-1	120 км к юго-востоку от п. Байкит, "Плутон-1", д. Усть-Камо, руч. Юктэ	01.11.1980	720	8
"Шпат" Скважина ШП-2	п. Виви 140 км юго-западнее от п. Тура	22.10.1981	581	8,5
"Рифт" Скважина РФ-1	190 км к западу от г. Дудинка, долина р. Мессояха	04.09.1982	860	16
"Рифт" Скважина РФ-4	30 км юго-восточнее п. Ногинск	25.09.1982	544	8,5

Для достоверного выявления дополнительного загрязнения обследуемой территории техногенными радионуклидами необходимо сравнить уровни загрязнения проб почвы, отобранных рядом с объектом, с контрольными (фоновыми) пробами из тех мест, где заведомо известно, что радиоактивное загрязнение местности в результате взрыва отсутствует. Такие места выбираются на расстоянии от нескольких сотен метров до нескольких километров от объекта. При наличии реки, места отбора контрольных проб воды необходимо выбрать выше по течению от объекта.

На рисунке 1 представлены графики усредненных полевых значений. Средние, а также максимальные и минимальные значения по данным полевых исследований на 2010 год приведены в таблице 2. По представленным показателям, характеризующим радиационную обстановку (МЭД, объемная активность радона и др.) превышений средних региональных фоновых уровней не установлено ни для одного участка.

Рисунок 1

Графики усредненных полевых значений на территориях 5 участков ПЯВ

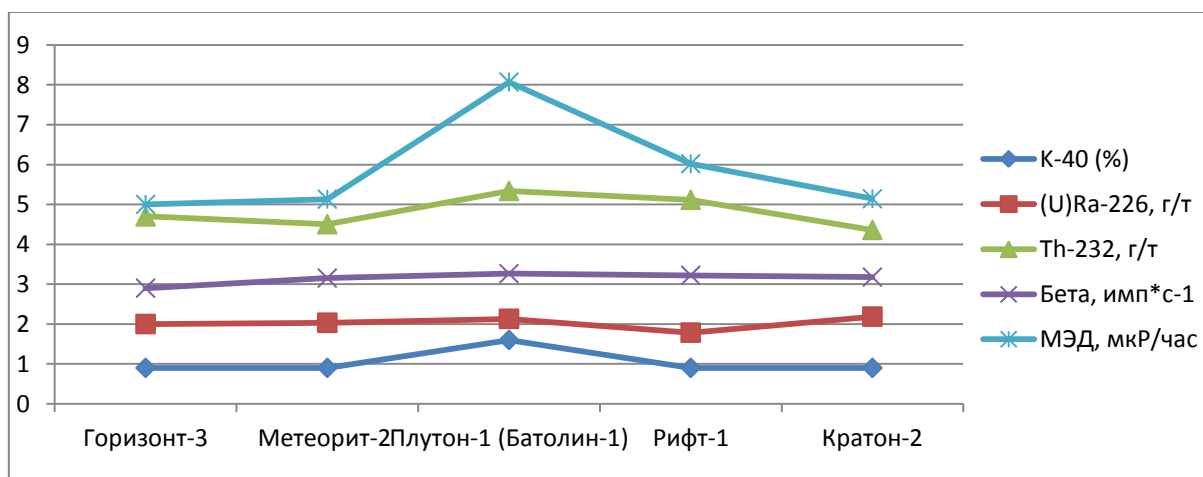


Таблица 2

Средние значения мощности экспозиционной дозы, потока бета-излучения, активности радона, содержания калия, урана (по радию) и тория (по данным полевых исследований 2010 года)

Название участка ПЯВ	Параметры	Количество точек измерений	Среднее	Min.	Max	Фоновые значения в 2 км от устья скважины
«Горизонт-3»	МЭД, мкР/ час	281	5	4	8	3
	ОА Рп, Бк/м ³	10		<20	32	нд
	U, г/т	281	2	1	4	1,0
	Th, г/т	281	4,7	2	12	2,0
	K, %	281	0,9	0,4	1,8	0,5
	пп β-част., мин/см ²	281	2,9	1,2	5,5	1,8
«Метеорит-2»	МЭД, мкР/ час	281	5,1	3	12	3
	ОА Рп, Бк/м ³	10		<20	59	нд
	U, г/т	281	2	1	5	1,0
	Th, г/т	281	4,5	2	11	2,0
	K, %	281	0,9	0,5	2,2	0,5
	пп β-част., мин/см ²	281	3,1	1,2	5,4	1,8
«Кратон-2»	МЭД, мкР/ час	281	5	2,5	7	5
	ОА Рп, Бк/м ³	10		<20	48	Нд
	U, г/т	281	2	1	4	2
	Th, г/т	281	4,5	2	8	6
	K, %	281	0,9	0,3	1,6	0,8
	пп β-част., мин/см ²	281	3,2	1,2	5,5	2,8
«Рифт-1»	МЭД, мкР/ час	281	6	2,5	10	6
	ОА Рп, Бк/м ³	10		<20	26	нд
	U, г/т	281	1,8	1	3	2
	Th, г/т	281	5	1	10	4
	K, %	281	0,9	0,2	1,8	0,6
	пп β-част., мин/см ²	281	3,2	1,3	5,2	3,2
«Плутон-1» «Батолит-1»	МЭД, мкР/ час	281	8	4,5	14,5	6
	ОА Рп, Бк/м ³	10		<20	65	нд
	U, г/т	281	2,2	1	4	2
	Th, г/т	281	5,3	2	10	5
	K, %	281	1,6	0,4	5	1,1
	пп β-част., мин/см ²	281	3,3	1,5	6,5	2,6

- нд = «нет данных»

В таблицах 3-4 по данным лабораторных анализов приведены средние значения удельной активности техногенных радионуклидов в почве и растительности на территории 5 участков ПЯВ. Полученные значения не превышают глобальный уровень загрязнения этих сред данными элементами, характерный как для территории России в целом, так и для территории Красноярского края.

Таблица 3

Средние значения удельной активности радионуклидов в почве по данным альфа- и гамма-спектрометрии

Название участка ПЯВ	Средняя удельная активность почв, Бк/ кг										
	Cs ¹³⁷	K ⁴⁰	Th ²³²	Ra ²²⁶	Be ⁷	Tc ⁹⁸	Pu ^{239+240**}	Pu ^{238**}	U ^{238**}	U ^{235**}	U ^{234**}
«Горизонт-3» выборка из 20 проб	6	149	10	7	нпо	2*	0,47±0,2 7	< 0,10	7,9±1 ,9	0,4±0,3	10,3± 2,1
«Метеорит-2» выборка из 20 проб	6	143	7	5	2*	нпо	0,17±0,1 5	< 0,10	7,05± 2,0	0,4±0,3	6,9±2 ,0
«Рнфт-1» выборка из 20 проб	3*	266	12	9	нпо *	нпо *	0,17±0,1 8	<0,10	18,0± 3,3	0,6±0,4	20,7± 3,5
«Кратон-2» выборка из 20 проб	2*	266	12	9	нпо *	нпо *	0,27±0,2 2	<0,10	18,5± 4,4	0,8±0,4	21,4± 4,5
«Плутон-1» выборка из 21 проб	6	630	13	12	нпо *	нпо *	0,17±0,1 9	<0,10	16,3± 3,3	0,5±0,3	21,5± 3,9
«Метеорит-3» выборка из 20 проб	7	200	8	10	нпо *	нпо *	нд	нд	нд	нд	нд
«Кимберлит-3» выборка из 20 проб	6	269	6	9	нпо *	нпо *	нд	нд	нд	нд	нд

1- нпо - «ниже предела обнаружения» ■

2- нд - "нет данных"

3- *- оценочное значение, т.к. более 50% данных выборки, по которой определялось «среднее» ниже предела обнаружения

4- ** - данные по 2-м пробам (в соответствии с ТЗ)

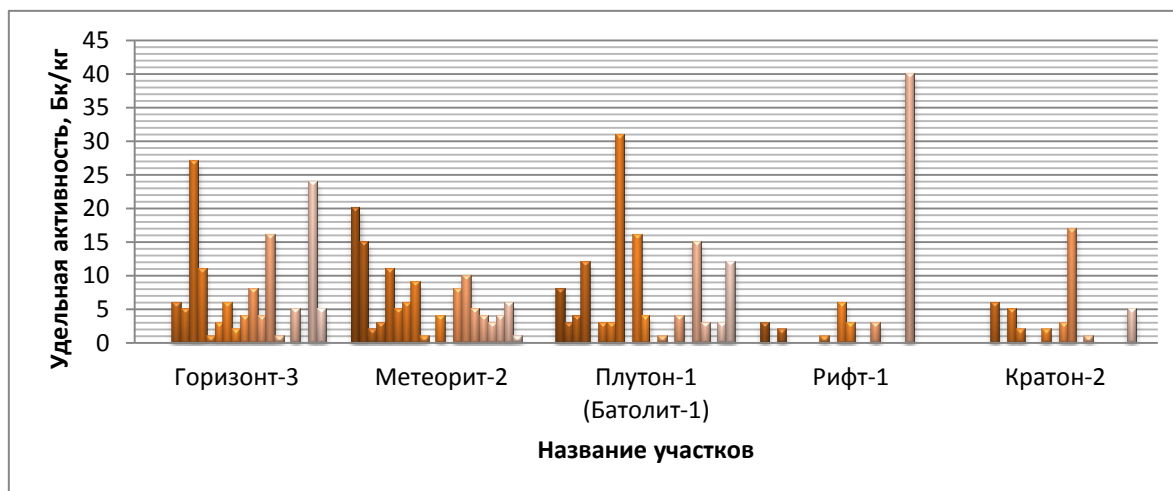
Таблица 4

Средние значения удельной активности радионуклидов в растительности по данным альфа- и гамма-спектрометрии

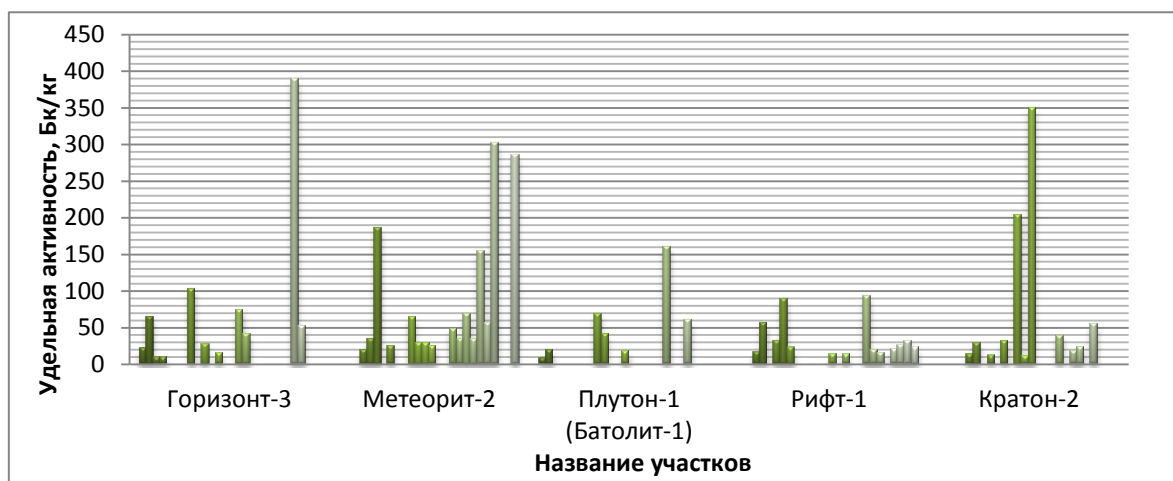
Название участка ПЯВ	Средняя удельная активность почв, Бк/ кг										
	Cs ¹³⁷	K ⁴⁰	Th ²³²	Ra ²²⁶	Be ⁷	Tc ⁹⁸	Pu ^{239+240**}	Pu ^{238**}	U ^{238**}	U ^{235**}	U ^{234**}
«Горизонт-3» выборка из 26 проб	31	637	7	37	20*	2*	3,07±1,0	0,43±0, 2	<0,5	<0,10	<0,5
«Метеорит-2» выборка из 26 проб	126	245	20	14	8*	2*	0,96±0,4 3	<0,10	3,5±1 ,6	<0,10	2,0±1 ,5
«Рнфт-1» выборка из 26 проб	17,8	217, 7	30,4	53,4	29,0 *	0,7*	<0,1	<0,10	2,5±1 ,8	<0,10	4,1±2 ,6
«Кратон-2» выборка из 26 проб	30*	378	3	30	28*	2*	0,18±1,0	<0,10	<0,5	<0,10	0,9±1 ,0
«Плутон-1» выборка из 26 проб	30*	378	3	30	нпо *	2*	0,56±0,2 6	<0,10	1,3±1 ,1	<0,10	1,3±1 ,1

На рисунках 2 и 3 представлены гистограммы распределения цезия-137 в пробах почвы и растительности, отобранных на 5 участках ПЯВ.

Распределение цезия-137 в пробах почвы отобранных на 5 участках ПЯВ



Распределение цезия-137 в пробах растительности отобранных на 5 участках ПЯВ



Результаты полевых гамма-спектрометрических измерений (мощность дозы гамма-излучения, калий, уран (по радио), торий), измерений плотности потока бета-излучения на поверхности ПЯВ не выявили значительных расхождений относительно фона. Детальные полевые исследования МЭД в непосредственной близости от устья боевых скважин не выявили даже незначительных аномалий по отношению к фоновым значениям.

Измерений удельной активности изотопов плутония ($^{239+240}\text{Pu}$ и ^{238}Pu) и урана (^{234}U , ^{235}U и ^{238}U) в пробах почвы и растительности основе альфа-спектрометрическим метода с радиохимическим выделением не выявил аномалий, превышающих глобальный уровень выпадения. Нейтронно-активационный анализ на радиоактивные и редкоземельные элементы в пробах почвы и в растительности также не выявил значительных отклонений от фона.

Совокупный анализ всех полученных данных по оценке радиэкологических показателей объектов окружающей среды (воздух, почва, растительность, вода) на территории 5 участков ПЯВ (Горизонт-3, Метеорит-2, Рифт-1 (Таймырский муниципальный район), Кратон-2 (территория, подчиненная горсовету г. Игарка), Плутон-1 (Эвенкийский муниципальный район), расположенных в Красноярском крае позволяет сделать вывод, что по всем контролируемым показателям НРБ-99/2009 [5] в ходе

исследований не установлено превышений гигиенических нормативов, все значения существенно ниже установленных уровней вмешательства.

В связи с тем, что все зафиксированные значения радиационных показателей находятся на уровне фоновых, предложения по улучшению радиационной обстановки на обследуемых участках отсутствуют. В качестве рекомендаций предлагается проводить повторные мониторинговые радиоэкологические исследования на участках проведения ПЯВ через пять лет, поскольку эти объекты являются потенциальными источниками радиационного воздействия на окружающую среду в результате существования потенциальной возможности миграции радионуклидов из полости ПЯВ, в том числе особо опасных долгоживущих альфа-излучающих нуклидов, в подземные воды и окружающую среду.

В данной статье изложены представления авторов об организации радиоэкологического мониторинга и оценке окружающей среды на объектах, образовавшихся в результате применения ядерно-взрывных технологий в мирных целях. Выполнен комплекс полевых инструментальных измерений, отобраны пробы объектов окружающей среды (воды, почвы и растительности), проведены лабораторные работы по детальному изучению всех отобранных проб, выполнена комплексная камеральная обработка всех полученных данных и, в результате, дана оценка современной радиоэкологической ситуации в местах проведения ПЯВ. Материалы статьи в первую очередь предназначены для Министерства природных ресурсов и лесного комплекса Красноярского края.

Работа выполнена в рамках государственного контракта 45/2010 от 24.06.2010 г. по мероприятию «Проведение радиационного мониторинга девяти объектов подземных ядерных взрывов в мирных целях, расположенных на территории Красноярского края» между Министерством природных ресурсов и лесного комплекса Красноярского края и Национальным исследовательским Томским политехническим университетом

Литература

1. Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении / Коля, авторов под. рук. проф. В.А. Логачева. М.: Изд. АТ, 2001. 519 с.
2. Ядерные взрывы в СССР. Мирное использование подземных ядерных взрывов / Под ред. В.Н. Михайлова. М.:Минатом России, 1994. Выпуск 4. 162 с.
3. Measurements: Report 53. Gamma-ray spectrometry in the environment / ICRU, 1994
4. Справка о подземных ядерных взрывах, проведенных в промышленных (мирных) целях на территории Красноярского края в 1975-1982 гг.: Фондовые материалы ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае». – Красноярск, 1994 г.
5. Санитарные правила. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). СП 2.6.1. 758-99: утв. 02.07.1999.Взамен НРБ-96. М.: Минздрав России, 1999. 116 с.