

УДК 504.5(470.11)

КИСЕЛЁВ Георгий Петрович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией экологической радиологии Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск). Автор более 200 научных публикаций, в т. ч. 5 монографий

БАЖЕНОВ Александр Викторович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологической радиологии Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск). Автор 60 научных публикаций

КИСЕЛЁВА Ирина Михайловна, старший научный сотрудник лаборатории экологической радиологии Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск). Автор более 50 научных публикаций

ДРУЖИНИН Сергей Валериевич, младший научный сотрудник лаборатории экологической радиологии Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск). Автор более 20 научных публикаций

РАДИОАКТИВНОСТЬ ЭПИЦЕНТРАЛЬНЫХ ЗОН ПРОМЫШЛЕННЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Во второй половине XX века в Архангельской области было произведено три единичных подземных ядерных взрыва для сейсмозондирования земной коры и мантии под кодовыми названиями «Агат», «Глобус-2», «Рубин-1». Для выявления воздействия радиоактивности на окружающую среду в зонах эпицентров этих взрывов отбирались пробы почв, донных отложений озер, ручья, реки, пробы растительности, которые исследовались в лаборатории экологической радиологии Института экологических проблем Севера РАН на гамма-спектрометре «Прогресс». Определялась активность искусственного изотопа ^{137}Cs и естественных изотопов ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th . Повышенная активность ^{137}Cs (137 Бк/кг) в торфяном горизонте обусловлена свойством торфяников аккумулировать мигрирующий изотоп ^{137}Cs , выпавший ранее с атмосферными осадками, и не связана с последствиями ядерного взрыва. В донных отложениях содержание изотопа ^{137}Cs составляет до 20,7 Бк/кг в интервале 0,00–0,05 см. Это связано с тем, что верхний слой, представленный илом и органикой, является его аккумулятором. Исследование проб сфагнома не показывает радиоактивного загрязнения растительности в эпицентральных зонах. Активность естественных изотопов ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th в почвах, в разрезах донных отложений, сфагнуме соответствует их региональному уровню. Объемная активность радона до 1688 Бк/л в почвенных газах в непосредственной близости от устья скважины «Агат» может быть связана либо с прослеживающейся в северо-западном направлении зоной трещиноватости в коренных породах, либо со скоплением на этом участке валунов коренных пород в от-

ложениях морены. Поступление ^{222}Ra до 10 Бк/л в озеро, возле которого находится устье скважины «Агат», происходит из аномальной зоны. Также можно допустить поступление ^{222}Ra в воду озера с его дна, из образовавшихся после взрыва трещин. Дозиметрическая съемка показала, что мощность AMBIENTНОГО эквивалента дозы в районе эпицентров взрывов безопасна.

Ключевые слова: промышленный ядерный взрыв, эпицентр ядерного взрыва, объемная активность ^{222}Rn , дозиметрическая съемка, мощность AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения, почвенные горизонты, донные отложения, активность изотопов.

Подземные ядерные взрывы (ПЯВ) в мирных целях проводились в СССР в период с 1965-го по 1988 год. В интересах народного хозяйства было проведено 124 взрыва (в т. ч. 117 – вне границ ядерных полигонов) [1]. Применялись они при глубинном сейсмическом зондировании земной коры в целях поиска структур, перспективных для разведки полезных ископа-

емых, для захоронения вредных промышленных стоков, интенсификации притока нефти и газа, ликвидации аварийных газовых фонтанов, создания подземных хранилищ, проведения экскавационных работ и т. п.

В Архангельской области было произведено три единичных ПЯВ для сейсмозондирования земной коры и мантии (рис. 1):

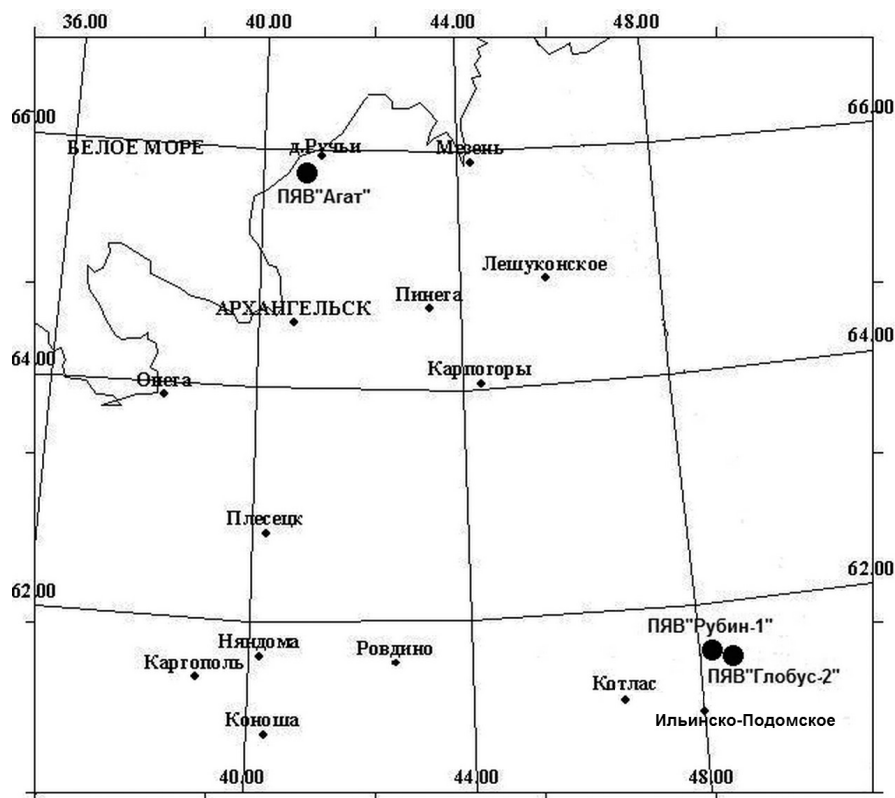


Рис. 1. Подземные ядерные взрывы в мирных целях на территории Архангельской области

1) в 1984 году в 10 км от д. Ручьи, условное название «Агат», заряд мощностью 8,2 Кт заложен на глубине 772 м;

2) в 1971 году у с. Ильинско-Подомское, условное название «Глобус-2», заряд мощностью 2,3 Кт заложен на глубине 595 м;

3) в 1988 году юго-восточнее г. Котласа, условное название «Рубин-1», заряд мощностью 8,5 Кт заложен на глубине 820 м; последний промышленный взрыв, произведенный в СССР.

Гипоцентр ПЯВ «Агат» находится на Ручьевском выступе в области начала погружения Балтийского кристаллического щита под осадочный чехол Мезенской синеклизы, гипоцентр ПЯВ «Рубин-1» и «Глобус-2» – в Котлас-Яренской впадине Мезенской синеклизы.

Заряд взрыва «Агат» заложен в породах кристаллического фундамента на глубине 160 м от его поверхности в интенсивно дислоцированных глубокометаморфизованных биотитовых и эпидот-биотитовых гнейсах беломорской серии нижнего архея, на которых залегают глинистые отложения усть-пинезской свиты мощностью 370 м, алевролиты и аргиллиты мезенской свиты венда мощностью 167 м.

Четвертичные отложения представлены глинами и алевритами с песками микулинского горизонта, моренными валунными суглинками валдайского ледниковья и песчано-глинистыми морскими и болотными (торф) современными отложениями мощностью 75 м [9].

Взрыв произведен на пологоволнистой морской равнине с уступами абразионных террас (мохово-лишайниковая и кустарничковая тундра) в сочетании с таежными верховыми болотами на торфяно-подзолисто-глеевых почвах.

Заряды взрывов «Рубин-1» и «Глобус-2» заложены в верхнепермских отложениях казанского и татарского яруса соответственно. На размытой поверхности пород татарского яруса залегают отложения ветлужской и яренской серий нижнего триаса, перекрытые ледниковыми и водно-ледниковыми четвертичными

образованиями [9]. Казанский ярус представлен чередованием алевролитов и известняков мощностью 90 м нижнего подъяруса и глинистыми известняками, доломитами мощностью 75 м верхнего. В составе татарского яруса выделены уржумский, северодвинский и вятский горизонты. Отложения уржумского горизонта мощностью 275 м неоднородны; в основании и кровле – пестроцветные пачки алевролитов, в средней части, наибольшей по мощности, – чередование мергелей с подчиненными прослоями алевролитов, глин и известняков. Разрез северодвинского горизонта характеризуется серыми мергелями, глинами, алевритами, песчаниками, доломитами, известняками в нижней части, красноцветными мергелями и алевролитами с прослоями песков, доломитов, известняков, глин в верхней части. Мощность горизонта 121 м. Вятский горизонт мощностью 41 м сложен пестроцветными мергелями, алевролитами и глинами.

Ветлужская серия мощностью 165 м образована пестроцветными отложениями из нескольких ритмично построенных пачек: песков с прослоями песчаников и конгломератов, глин с прослоями алевролитов и алевритов, глин. Яренская серия мощностью 35 м сложена песчаниками.

Коренные породы перекрыты валунными суглинками ледниковых и разнотерристыми песками, глинами, супесями и суглинками озерно-ледниковых отложений бабушкинского горизонта мощностью 40 м.

Местность проведения взрывов представляет собой озерно-ледниковую равнину со среднетаежными сосновыми лесами в сочетании с ельниками и болотами, с пятнистым напочвенным покровом.

Как известно, воздействие на природную среду, вызванное ядерными взрывами, сопровождалось сложными явлениями: необратимыми изменениями вещества и физических свойств сплошной среды, тепловым, световым и радиоактивным изменением, а также форми-

рованием в окружающих геосферах ударных, сейсмических и электромагнитных волн.

Мы рассмотрим влияние радиологических последствий ПЯВ на экологическое состояние окружающей среды в эпицентральных зонах взрывов «Агат», «Рубин-1» и «Глобус-2». На гамма-спектрометрический анализ отобрано: 139 проб из генетических горизонтов почв, 10 проб донных отложений, 7 проб мха. В 81 точке измерена объемная активность радона (ОАР) в почвенном воздухе. По 80 точкам проведена дозиметрическая съемка.

Измерение проб проводилось на гамма-спектрометре «Прогресс-гамма» с программ-

ным обеспечением «Прогресс-2000» в аккредитованной лаборатории экологической радиологии Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН.

Активность изотопов ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th в почвах районов исследований характерна для данной местности (табл. 1). Активность $^{40}\text{K} = 502$ Бк/кг в почвообразующей породе и иллювиальном почвенном горизонте в районе взрыва «Агат» объясняется близостью области сноса с Балтийского кристаллического щита.

Повышенная активность $^{137}\text{Cs} = 137,08$ Бк/кг в торфяном горизонте в районе взрыва «Агат» связана, по-видимому, с неравномерными вы-

Таблица 1

АКТИВНОСТЬ ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th В ПОЧВЕННЫХ ГОРИЗОНТАХ В ЗОНАХ ЭПИЦЕНТРОВ ВЗРЫВОВ «АГАТ», «РУБИН-1» И «ГЛОБУС-2»

Почвенный горизонт	Активность радионуклидов, Бк/кг				Количество проб
	^{137}Cs	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	
«Агат»					
Мох	<u>2,32–168,0</u> 71,72	<u>68,4–272,2</u> 174,6	<u>2,3–11,7</u> 8,0	<u>4,8–27,0</u> 13,0	14
Торф	<u>66,9–203,8</u> 137,08	<u>36,5–285,1</u> 158,6	<u>10,2–16,5</u> 12,8	<u>4,8–12,3</u> 9,8	11
Глеевый	<u>2,3–16,6</u> 7,12	<u>336,5–512,0</u> 441,3	<u>3,1–15,08</u> 10,7	<u>3,2–14,1</u> 9,5	8
Иллювиальный оглеенный	<3	<u>357,6–662,0</u> 502,3	<u>7,6–16,6</u> 11,9	<u>6,6–24,4</u> 13,5	14
Почвообразующая порода	<3	<u>416,7–611,0</u> 501,2	<u>10,7–15,6</u> 14,1	<u>12,3–24,3</u> 16,2	12
«Рубин-1» и «Глобус-2»					
Мохово-лишайниковая подстилка	<u>1,21–86,8</u> 34,4	<u>21,5–208,1</u> 108,9	<u>2,08–35,5</u> 11,8	<7	18
Гумусовый	<u>5,73–127,9</u> 44,3	<u>58,5–301,5</u> 157,7	<u>4,1–25,6</u> 10,7	<u>3,9–18,4</u> 7,5	17
Подзолистый	<u>1,24–6,88</u> 3,9	<u>122,5–239,0</u> 187,4	<u>2,08–10,81</u> 6	<u>2,4–6,3</u> 4,5	12
Иллювиальный	<3	<u>169,3–326,3</u> 225,0	<u>4,1–23,02</u> 8,2	<u>2,9–6,5</u> 5,2	21
Почвообразующая порода	<3	<u>143,3–338,2</u> 230,8	<u>2,8–9,13</u> 6,09	<u>2,3–8,3</u> 4,5	12

Примечание. В числителе – интервал значений активности, в знаменателе – среднее значение активности.

падениями атмосферных осадков на территории Архангельской области, содержащими радиоактивный изотоп ^{137}Cs , а также с аккумуляцией торфяниками мигрирующего ^{137}Cs в нижней хорошо минерализованной части торфяной толщи [3, 10].

В зонах эпицентров взрывов «Глобус-2» и «Рубин-1» активность ^{137}Cs в мохово-лишайниковой подстилке и гумусовом горизонте практически одинакова – 34,4 и 44,3 Бк/кг соответственно. Во всех нижележащих почвенных горизонтах активность ^{137}Cs снижается до 3 Бк/кг (минимально фиксируемых гамма-спектрометром величин).

В донных осадках активность изотопов ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th исследовалась в озерах, удаленных на разные расстояния от эпицентра взрыва «Агат»; в ручье, протекающем севернее эпицентра взрыва «Рубин-1»; в русле р. Малый Томбаш в зоне эпицентра взрыва «Глобус-2» (табл. 2).

Повышенная активность ^{137}Cs в донных отложениях в районе эпицентральных зон ядерных взрывов обусловлена тем, что верхний пятисантиметровый слой начал формироваться в период его активных выпадений из атмосферы, а ил и органика являются аккумуляторами ^{137}Cs [3].

Таблица 2

АКТИВНОСТЬ ИЗОТОПОВ ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th В ДОННЫХ ОСАДКАХ В ЗОНАХ ЭПИЦЕНТРОВ ВЗРЫВОВ «АГАТ», «РУБИН-1» И «ГЛОБУС-2»

Место отбора пробы	Номер пробы	Название, гранулометрический состав пробы	Интервал опробования	Активность радионуклидов, Бк/кг			
				^{137}Cs	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th
«Агат»							
Озеро в 800 м от скважины на запад	Руд-1	Песок среднезернистый	0,00–0,05	6,4	282,9	<8	20,3
Озеро в 2,5 км от скважины на восток	Руд-2	Песок мелкозернистый, илистый с торфом	0,00–0,05	9,6	<52	<8	<7
	Руд-3	Песок среднезернистый заиленный	0,05–0,10	<3	270,2	<8	10,1
Озеро возле скважины	Руд-4	Песок среднезернистый с галькой	0,00–0,05	10,5	400,0	8,32	11,0
«Рубин-1» и «Глобус-2»							
Ручей	ВлД-3	Песок илистый мелкозернистый с остатками растительности	0,00–0,05	15,7	196,1	<8	<7
Р. Малый Томбаш возле моста	ВлД-1	Ил с остатками растительности	0,00–0,05	10,5	231,7	<8	15,2
		Песок илистый мелкозернистый с остатками растительности	0,05–0,10	<3	178,6	<8	<7
Р. Малый Томбаш 200 м от моста ниже по течению	ВлД-2	Песок илистый мелкозернистый с остатками растительности	0,00–0,05	20,0	161,3	<8	<7
			0,05–0,10	<3	207,0	8,8	<7
	ВлД-3	Песок мелкозернистый	0,00–0,05	<3	107,4	<8	<7

Результаты спектрометрических исследований естественных изотопов показывают, что активность ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th в разрезах донных отложений соответствует их региональному уровню. Повышенная активность ^{40}K – 400 Бк/кг – в осадках озера, расположенного недалеко от скважины взрыва, вызвана присутствием гальки гранита в среднезернистом песке.

Активность изотопов ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th в пробах сфагнома не показывает радиоактивного загрязнения растительности в районе эпицентров взрывов (табл. 3) [5].

В результате четырех измерений, произведенных в разные дни, получены значения 1545, 1629, 1688, 1534 Бк/м³ (на рис. 2 показано среднее значение ОАР = 1599 Бк/м³). В непосредственной близости от устья скважины ОАР составляет от 550 до 740 Бк/м³, в устье – 365 Бк/кг. Такое распределение объемной активности ^{222}Rn в почвенных газах может быть связано либо с прослеживающейся в северо-западном направлении зоной трещиноватости в коренных породах, служащей проводником ^{222}Rn , либо со скоплением на этом участке валунов коренных пород в отло-

Таблица 3

АКТИВНОСТЬ ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th В ПРОБАХ СФАГНОМА В ЗОНАХ ЭПИЦЕНТРОВ ВЗРЫВОВ «АГАТ», «РУБИН-1» И «ГЛОБУС-2»

Название и номер пробы	Активность изотопов, Бк/кг			
	^{137}Cs	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th
«Агат»				
Сфагнум (РуМ-1)	86,8	<3	19,23	<7
Сфагнум, верх (РуМ-2)	185,1	<6	51,4	14,6
Сфагнум, низ (РуМ-3)	74,6	<20	41,7	<7
Сфагнум, верх (РуМ-4)	125,1	73,4	27,33	<7
«Рубин-1» и «Глобус-2»				
Сфагнум (ВлМ-1)	32,2	<19	26,08	8,2
Сфагнум (ВлМ-3)	33,4	<18	<8	<7
Сфагнум (ВлМ-4)	58,3	<35	8,43	<7

ОАР в атмосферном воздухе и почвенном газе, температура почвенного газа, атмосферное давление и влажность воздуха местности измерялись в эпицентральной зоне радиометром РРА-01М-03 [6–8]. Минимальная регистрируемая величина ОАР в атмосферном воздухе – 20,0 Бк/м³, значение ОАР < 20 – предел допускаемой основной относительной погрешности во всем диапазоне измерений.

Высокие значения ОАР в почвенном воздухе в зоне эпицентра взрыва «Агат» замерены в точке, расположенной к северо-западу от устья скважины (рис. 2).

жениях морены, на которой сформировались исследуемые почвы.

В воде озера, рядом с которым расположено устье скважины взрыва, наблюдается повышенная концентрация ^{222}Rn – до 10 Бк/л, в воде других озер, в поверхностных водах и в морской воде ^{222}Rn не был обнаружен. Согласно мировым данным для воды озер и рек характерная концентрация ^{222}Rn составляет 0,37 Бк/л [1]. Это мелководное озеро ледникового происхождения ничем не отличается от других озер района. Поступление ^{222}Rn в него, по-видимому, происходит из аномальной зоны.

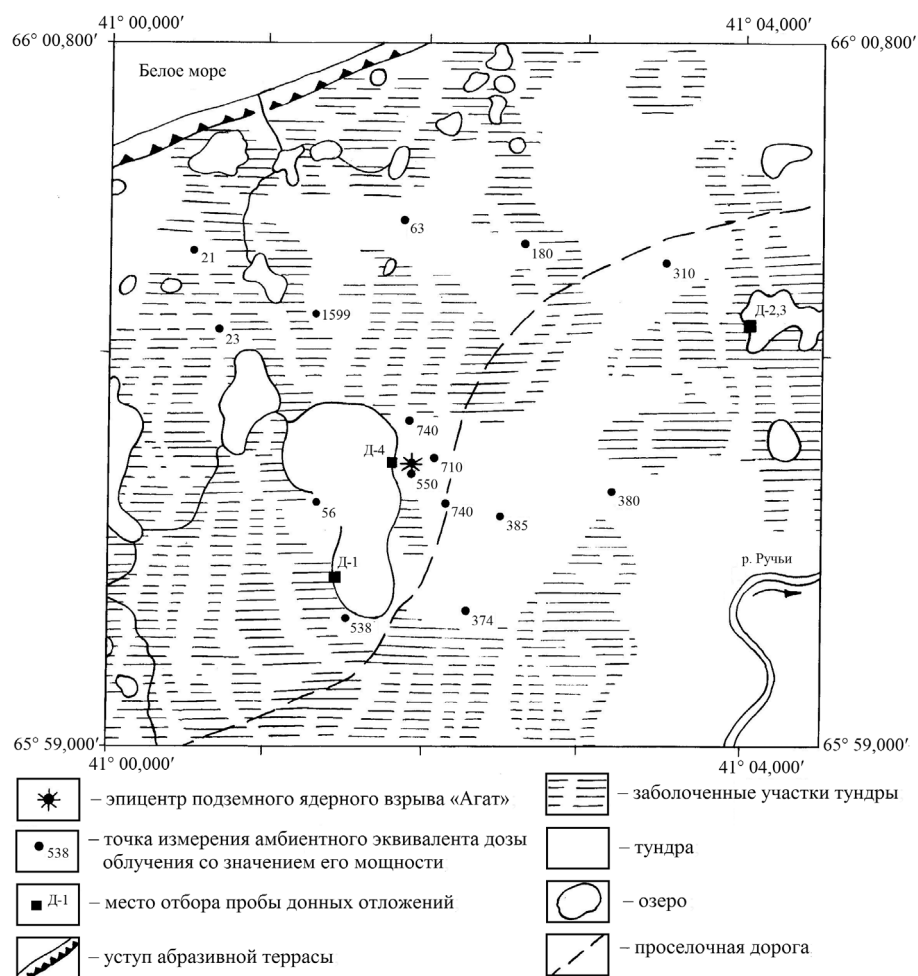


Рис. 2. Распределение объемной активности ^{222}Rn в почвенных газах зоны эпицентра взрыва «Агат»

В почвенном воздухе на берегу озера рядом с местом отбора пробы воды концентрация ^{222}Rn достигает 560 Бк/м^3 . Также можно допустить поступление ^{222}Rn в воду озера с его дна, из образовавшихся в нем трещин после взрыва.

Следует отметить, что отложения венда содержат повышенные концентрации урана и способны генерировать радон. В рифее-венде огромное количество урана поставлялось в осадочный бассейн Мезенской синеклизы при площадном поверхностном сносе терригенно-

го материала коры выветривания пород Балтийского щита [4].

Вблизи эпицентра подземного ядерного взрыва «Рубин-1» ОАР в почвенном воздухе изменяется от 26 до 68 Бк/м^3 , эпицентра взрыва «Глобус-2» – от 21 до 121 Бк/м^3 (рис. 3, 4). Концентрация $^{222}\text{Rn} = 238 \text{ Бк/м}^3$ была замерена на удалении 200 м к северо-западу от устья скважины взрыва «Глобус-2». Никакой закономерности в распределении ОАР не прослеживается.

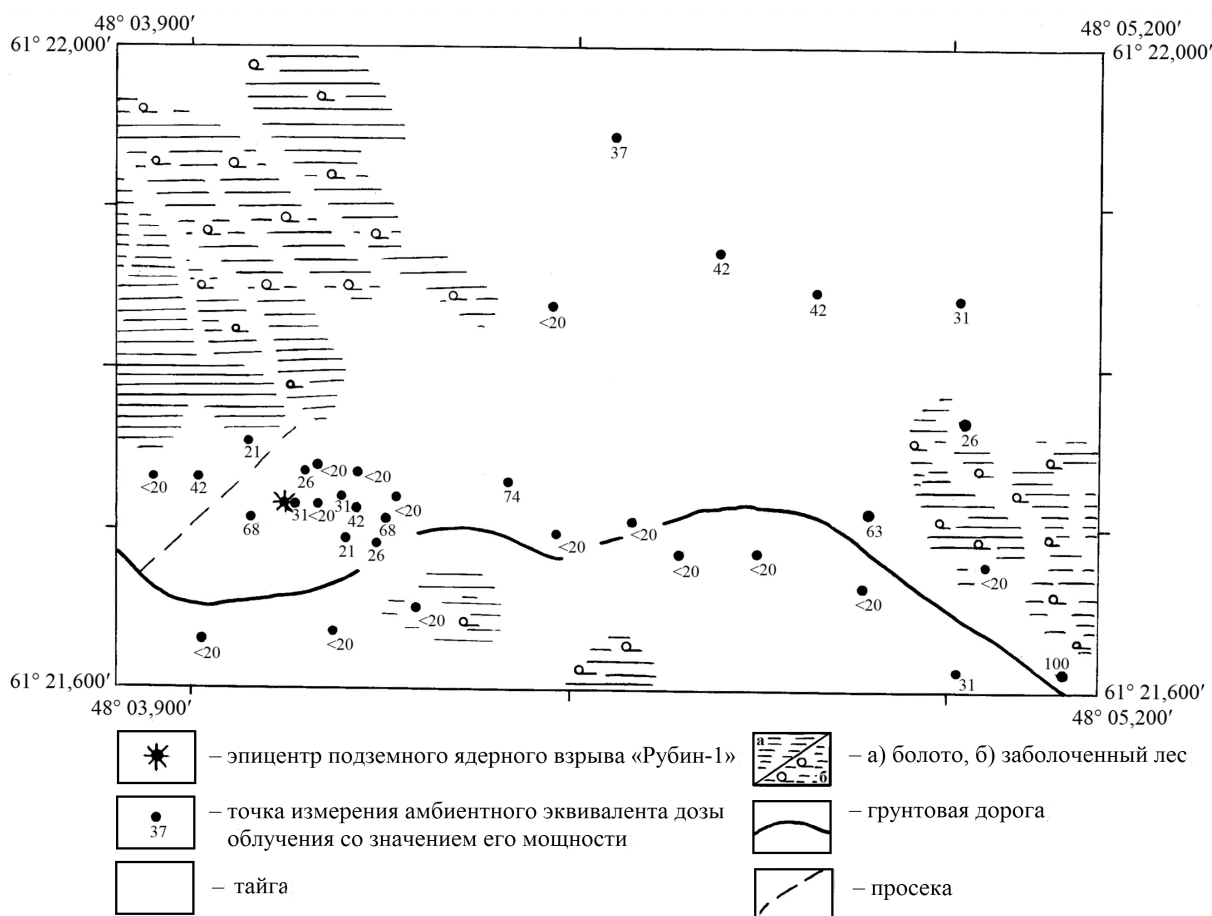


Рис. 3. Распределение объемной активности ^{222}Rn в почвенных газах зоны эпицентра взрыва «Рубин-1»

Дозиметрическая съемка проводилась дозиметром ДКГ-PM1203М в двух режимах: мощность амбиентного эквивалента дозы и накопление во времени эквивалента дозы. Погрешность измерений дозиметра в зависимости от экспозиции измерения – $\pm 0,01$ мкЗв/ч. Мощность амбиентного эквивалента дозы в районе эпицентра взрыва «Агат» – от 0,09 до 0,12 мкЗв/ч, в районе взрывов «Рубин-1» и «Глобус-2» изменяется от 0,07 до 0,13 мкЗв/ч. Безопасным считается уровень радиации до величины приблизительно 0,5 мкЗв/ч (до 50 мкр/ч).

Содержание ^{226}Ra , генерирующего ^{222}Rn в четвертичных отложениях, ниже кларковых значений, поэтому он не может быть источником радона в замеренном количестве.

В результате проведенных исследований изотоп ^{137}Cs взрывного происхождения не обнаружен. Его содержание в верхних почвенных горизонтах соответствует глобальным выпадениям по Архангельской области. В то же время в почвенных газах внутри эпицентров ядерных взрывов определены повышенные концентрации ^{222}Rn , источником которого не могут являться четвертичные

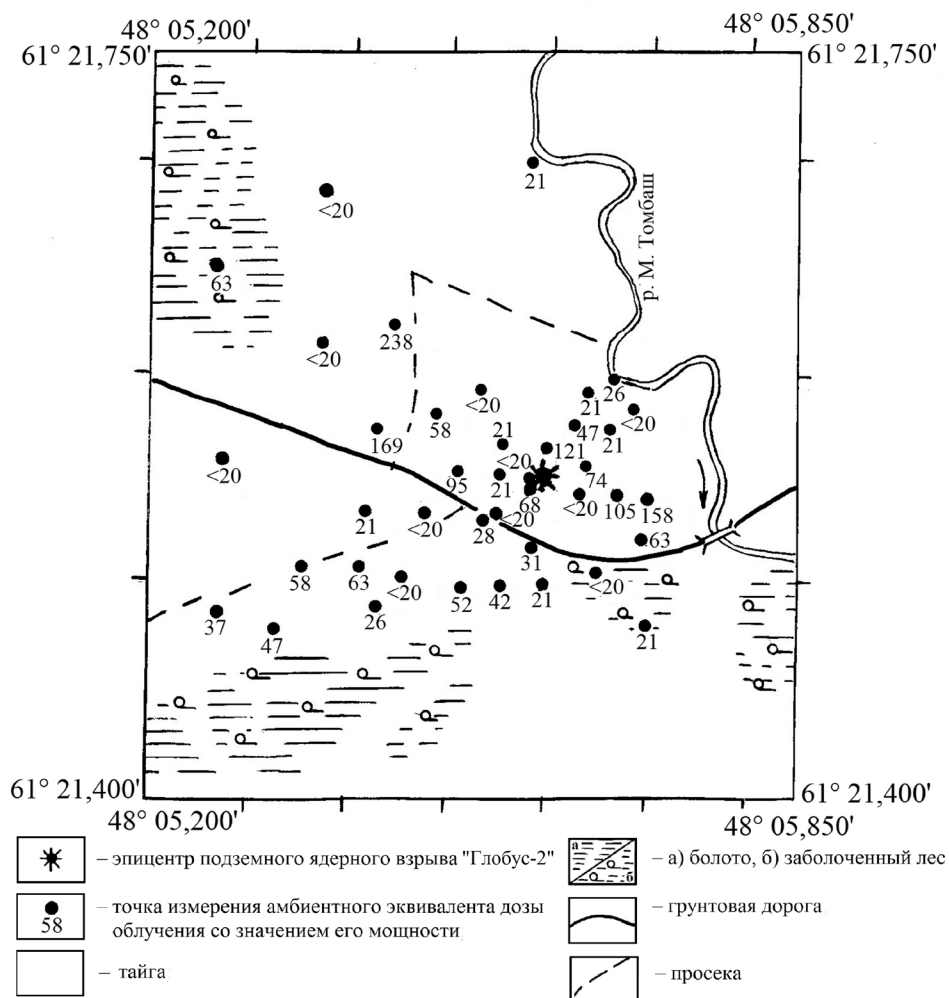


Рис. 4. Распределение объемной активности ^{222}Rn в почвенных газах зоны эпицентра взрыва «Глобус-2»

отложения (почвообразующая порода) из-за малых в них концентраций ^{226}Ra . Это дает основание предположить, что в результате ударного действия взрывов произошло нару-

шение целостности горных пород, образовались микротрещины, способные выполнять функцию каналов поступления ^{226}Ra из более глубоких горизонтов [11].

Список литературы

1. Емельяненко А.Ф., Попов В.М. Атом без грифа «секретно»: точки зрения. М.; Берлин, 1992. 144 с.
2. Комплект карт геологического содержания масштаба 1:500000 Архангельской области и смежных территорий с пояснительной запиской / отв. исп. А.А. Черепанов. Архангельск, 1994.

3. Киселёв Г.П., Кряучюнас В.В., Киселёва И.М., Зыков С.Б., Баженов А.В. Природная радиоактивность территории Европейского Севера и ее антропогенные изменения // Геоэкология. Инженер. Геология. Гидрогеология. Геокриология. 2005. № 3. С. 205–218.
4. Русанова Г.В. Прогноз долговременного поведения радионуклидов в почвах таежной зоны // Урал атомный. Урал промышленный: тез. докл. VI Междунар. симп. 22–24 сент. 1998 г. Екатеринбург, 1998. С. 52–54.
5. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Щина Е., Риссанен К. Радионуклиды в экосистеме региона Баренцева и Карского морей. Апатиты, 1994. 237 с.
6. Методика экспрессного измерения объемной активности ^{222}Rn в воздухе с помощью радиометра радона типа РРА: рекомендации. М., 2006. 7 с.
7. Методика экспрессного измерения плотности потока ^{222}Rn с поверхности земли с помощью радиометра радона типа РРА: рекомендации. М., 2006. 8 с.
8. Методика экспрессного измерения объемной активности ^{222}Rn в воде с помощью радиометра радона типа РРА: рекомендации. М., 2006. 7 с.
9. Баженов В.А., Булдаков Л.А., Василенко И.Я., Филов В.А. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества: справ. изд. / под ред. В.А. Филова. Л., 1990. 464 с.
10. Малов А.И. Подземные воды Юго-Восточного Беломорья: формирование, роль в геологических процессах. Екатеринбург, 2003. 234 с.
11. Уткин В.И., Юрков А.К. Радон как индикатор геодинамических процессов // АНРИ. 2008. № 2(53). С. 10–17.

References

1. Emelyanenko A.F., Popov V.M. *Atom bez grifa «sekretno»: točki zrenija* [Unclassified Atom: the Points of View]. Moscow; Berlin, 1992. 144 p.
2. *Pojasnitel'naja zapiska k komplektu kart geologicheskogo sodержaniya masshtaba 1:50000 Arhangel'skoj oblasti i smezhnyh territorij* [Explanatory Note to the Set of Geological Maps of Scale 1:50000 of Arkhangelsk Region and Adjacent Territories]. Ed. by Cherepanov A.A. Arkhangelsk, 1994. 20 p.
3. Kiselev G.P., Kryauchunas V.V., Kiseleva I.M., Zykov S.B., Bazhenov A.V. *Prirodnaja radioaktivnost' territorii Evropejskogo Severa i ee antropogennye izmeneniya* [Natural Radioactivity of the European North and Anthropogenic Changes]. *Geoekologiya, inzhener. geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*, 2005, no. 3, pp. 205–218.
4. Rusanova G.V. *Prognoz dolgovremennogo povedeniya radionuklidov v pochvah taezhnoj zony* [Forecast of Long-Term Radionuclides Behavior in the Soils of the Taiga Zone]. *Ural atomnyj. Ural promyshlennyj: tez. dokl. VI Mezhdunar. simp. 22–24 sent. 1998 g.* [Atomic Ural. Industrial Ural: Outline Reports of the VIth Intern. Symp. 22–24 September, 1998]. Yekaterinburg, 1998, pp. 52–54.
5. Matishov G.G., Matishov D.G., Shchiba E., Rissanen K. *Radionuklidy v jekosisteme regiona Barenceva i Karskogo morej* [Radionuclides in the Ecosystem of the Barents and Kara Seas]. Apatity, 1994. 237 p.
6. *Metodika jekspressnogo izmereniya ob'emnoj aktivnosti ^{222}Rn v vozduhe s pomoshh'ju radiometra radona tipa RRA: rekomendacii* [Technique of Rapid Measurement of Volumetric Activity of ^{222}Rn in the Air with the Radon Radiometer Type PPA: Recommendations]. Moscow, 2006. 7 p.
7. *Metodika jekspressnogo izmereniya plotnosti potoka ^{222}Rn s poverhnosti zemli s pomoshh'ju radiometra radona tipa RRA: rekomendacii* [Rapid Measurement Technique of ^{222}Rn Flux Density from the Ground with the Help of Radon Radiometer Type PPA: Recommendations]. Moscow, 2006. 8 p.
8. *Metodika jekspressnogo izmereniya ob'emnoj aktivnosti ^{222}Rn v vode s pomoshh'ju radiometra radona tipa RRA: rekomendacii* [Technique of Rapid Measurement of Volumetric Activity of ^{222}Rn in Water by Means of Radon Radiometer Type PPA: Recommendations]. Moscow, 2006. 7 p.
9. Bazhenov V.A., Buldakov L.A., Vasilenko I.Y., Filov V.A. *Vrednye himicheskie veshhestva. Radioaktivnye veshhestva* [Harmful Chemicals. Radioactive Substances]. Leningrad, 1990. 464 p.
10. Malov A.I. *Podzemnye vody Jugo-Vostochnogo Belomor'ja: formirovanie, rol' v geologicheskikh processah* [Groundwater in the South-East of the White Sea: Formation, Role in Geological Processes]. Yekaterinburg, 2003. 234 p.
11. Utkin V.I., Yurkov A.K. *Radon kak indikator geodinamicheskikh processov* [Radon as an Indicator of Geodynamic Processes]. *ANRI*, 2008, no. 2(53), pp. 10–17.

Kiselev Georgy Petrovich

Institute of Ecological Problems of the North,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia)

Bazhenov Aleksandr Viktorovich

Institute of Ecological Problems of the North,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia)

Kiseleva Irina Mikhailovna

Institute of Ecological Problems of the North,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia)

Druzhinin Sergey Valerievich

Institute of Ecological Problems of the North,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia)

RADIOACTIVITY OF EPICENTRAL ZONES OF INDUSTRIAL NUCLEAR EXPLOSIONS IN ARKHANGELSK REGION

In the second half of the XXth century in the Arkhangelsk region three unit underground nuclear explosions for seismic sounding of the Earth's crust and mantle under the code names «Agate», «Globe-2», «Rubin-1» were set off. To determine the impact of radioactivity on the environment in the areas of the epicenters of these explosions the sampled soils, sediments of lakes, streams, rivers, vegetation samples were studied in the laboratory of environment Radiology of the Institute of Ecological Problems of the North, RAS at the gamma spectrometer «Progress». The activity of artificial isotope ¹³⁷Cs and natural isotopes ⁴⁰K, ²²⁶Ra, ²³²Th was determined. The increased activity of ¹³⁷Cs (137 Bq/kg) in a peat horizon is conditioned by the property of peatlands to accumulate migratory isotope ¹³⁷Cs dropped out earlier with precipitation, and is not associated with the effects of a nuclear explosion. In sediments the content of isotope ¹³⁷Cs can be up to 20.7 Bq / kg in the range 0.00-0.05 cm due to the fact that the upper layer is represented by sludge and organics. The study of the sphagnum samples does not show radioactive contamination of vegetation in the epicentral areas. Activity of natural isotopes ⁴⁰K, ²²⁶Ra, ²³²Th in soils, in the sections of sediments, sphagnum matches their regional levels. Volume activity of radon (OAR) up to 1688 Bq / l in soil gas in the vicinity of the wellhead «Agate» can be linked with a traced zone of fractures in the bedrock in the north-west, or by the accumulation of boulders at the site of the bedrock in moraine deposits. Receipt of ²²²Ra to 10 Bq / l to the lake located near the wellhead «Agate» comes from the abnormal area. The flow of ²²²Ra to the water of the lake from its bottom, formed after the explosion of the fracture is also expected. Dosimetric survey showed the ambient dose equivalent rate in the area of Ground Zero is safe.

Keywords: *industrial nuclear explosion, epicenter of a nuclear explosion, volume activity of ²²²Rn, dosimetric survey, ambient dose equivalent rate of gamma radiation, soil horizons, bottom sediments, active isotopes.*

Контактная информация:

Киселёв Георгий Петрович

адрес: 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23;

e-mail: kiselevgp@yandex.ru

Баженов Александр Викторович

адрес: 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23;

e-mail: abv-2009@yandex.ru

Киселёва Ирина Михайловна

адрес: 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23;

e-mail: kiselevaim@yandex.ru

Дружинин Сергей Валериевич

адрес: 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23;

e-mail: druzhininserg@yandex.ru

Рецензент – *Кутинов Ю.Г.*, доктор геолого-минералогических наук, директор Центра космического мониторинга Арктики Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова