

А.В. Титов¹, Н.К. Шандала¹, Д.В. Исаев¹, Ю.С. Бельских¹, М.П. Семенова¹, Т.А. Дороньева¹,
В.Г. Старинский¹, Р.А. Старинская¹, В.А. Серегин¹, Т.В. Остапчук², А.С. Чернобаев²

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ ПРОВЕДЕНИЯ МИРНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА «ТАХТА-КУГУЛЬТА»

¹ Федеральное медицинское биофизическое центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

² Центр гигиены и эпидемиологии № 101 ФМБА России, Ставропольский край, Лермонтов

Контактное лицо: Алексей Викторович Титов: titov_fmbc@mail.ru

РЕФЕРАТ

Цель: Анализ радиационной обстановки в районе проведения мирного ядерного взрыва «Тахта-Кугульта» в Ставропольском крае.

Материал и методы: Исследование радиационной обстановки проводилось на территории охранной зоны и на территории 30-км зоны от места взрыва. При обследовании использовались методы пешеходной гамма-съемки с помощью портативного спектрометрического комплекса МКС-01А Мультирад-М, гамма-спектрометрических и радиометрических измерений активности радионуклидов в пробах, радиохимического выделения ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs. Измерение объемной активности ³H в воде проводилось на низкофоновом жидкостном альфа-бета радиометре Quantulus-1220.

Результаты: Максимальное среднее значение мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (0,11 мкЗв/ч) получено на территории площадки мирного ядерного взрыва. Между площадкой и с. Кевсала значение мощности амбиентного эквивалента дозы (0,097 мкЗв/ч) несколько ниже, чем на площадке, но выше, чем на территории с. Кевсала (0,09 мкЗв/ч) и других населенных пунктов (0,085–0,089 мкЗв/ч). Среднее значение поверхностного загрязнения почвы радионуклидами в населенных пунктах, расположенных в районе проведения взрыва, варьируются в пределах от 0,16 до 0,37 кБк/м² по ¹³⁷Cs и от 0,035 до 0,066 кБк/м² по ⁹⁰Sr. Значения поверхностной активности ²⁴¹Am оказались ниже минимально-детектируемой активности (0,01–0,04 кБк/м² при времени измерения проб почвы 10–30 ч). Содержание радионуклидов ³H, ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в питьевой воде и воде поверхностных водоёмов существенно ниже уровней вмешательства, установленных в НРБ 99/2009.

Заключение: Радиационная обстановка на территории расположения технологической скважины 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 не представляет угрозы здоровью населения при нахождении на ней. Необходимо провести обустройство территории охранной зоны и технологической (зарядной) скважины в соответствии с требованиями СанПиН 2.6.1.2819-10. В рамках долгосрочного радиационного контроля следует предусмотреть контроль содержания трития в добываемом газе и в подземных водах Красногвардейского месторождения (расположенного по направлению распространения подземных вод от места проведения мирного ядерного взрыва).

Ключевые слова: добыча газа, мирный ядерный взрыв, радиационное обследование, Ставропольский край, тритий, эффективная доза

Для цитирования: Титов А.В., Шандала Н.К., Исаев Д.В., Бельских Ю.С., Семенова М.П., Дороньева Т.А., Старинский В.Г., Старинская Р.А., Серегин В.А., Остапчук Т.В., Чернобаев А.С. 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

Введение

С 1965 по 1988 гг. в Советском Союзе была осуществлена масштабная программа проведения ядерных взрывов в мирных целях (МЯВ). На территории Российской Федерации в 19 субъектах был проведен 81 подземный МЯВ [1–3].

Единственный взрыв с целью интенсификации добычи газа осуществлён 25 августа 1969 г. в густонаселённом Ипатовском муниципальном районе Ставропольского края на газовом месторождении «Тахта-Кугульта». Был подорван один ядерный заряд мощностью 20 кт в терригенных газонасыщенных отложениях хадумского горизонта на глубине 712 м [1–6].

В США за 1967–1973 гг. с аналогичной целью проведены три эксперимента на газовых участках с очень низким уровнем добычи. Выбор этих газовых месторождений был обоснован крайне низкими фильтрационными свойствами терригенных и карбонатных пород, разработка которых существующими методами была малоэффективна. Проведенные взрывы привели к значительному увеличению производства газа [5].

На опытном участке газового месторождения «Тахта-Кугульта» было пробурено 5 скважин, расположенных на различных расстояниях от технологической скважины, в

которой осуществлялся подрыв ядерного заряда. После проведения подрыва 4 скважины оказались в аварийном состоянии и стали непригодны для проведения промышленных исследований, а в одной скважине среднесуточный дебит газа из этой скважины увеличился всего с 11,4 до 12,6 тыс. м³. В 1978 г. в 500 м от технологической скважины была пробурена и пущена в эксплуатацию новая скважина. Её дебит составил 16 тыс. м³/сут, то есть оказался соизмерим с величинами средних дебитов газа, полученных ранее в процессе пробной эксплуатации месторождения. Таким образом, ожидания, связанные с использованием МЯВ для интенсификации добычи газа из низкопроницаемых коллекторов, не оправдались [4–5].

Подрыв ядерного заряда на Тахта-Кугультинском месторождении, так же как и на американских газовых месторождениях, привел к изменению химического состава газа. В составе газа, отобранного из скважин после ядерного взрыва, значительно снизилось содержание метана, появились углекислый газ, тритий, оксид углерода и гелий. Наличие этих компонентов свидетельствует о связи скважин с полостью ядерного взрыва, где сосредоточено основное количество радиоактивных отходов. В этой связи программы интенсификации газовой добычи в США и СССР были завершены [4, 5].

В США во всех случаях взрывы прошли без инцидентов. По поводу МЯВ «Тахта-Кугульта» сведения противоречивы. В ряде работ [5–8] говорится об отсутствии радиационного инцидента при проведении МЯВ. По данным же работ [4, 10] при подрыве ядерного заряда создавалась нештатная аварийная ситуация. Через 7 мин после ядерного взрыва был зафиксирован выход радиоактивных газов на дневную поверхность из технологической и рядом находящейся скважин. Основными загрязнителями углеводородного газа являлись ^{85}Kr , ^{137}Xe и ^3H . В работе [11] также говорится об истечении радиоактивных газов, но только через разгерметизированный ствол технологической скважины.

В соответствии с Федеральным законом от 11.07.2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» радиоактивные отходы от использования ядерных зарядов в мирных целях отнесены к особым радиоактивным отходам (РАО). Соответственно места их размещения в недрах являются в настоящее время «пунктами размещения особых РАО» [12], на которых должен периодически проводиться радиационный контроль.

Радиационные исследования 2018 г. выполнены в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года».

Общими задачами исследования на территориях, прилегающих к месту МЯВ «Тахта-Кугульта», были:

- изучение радиационной обстановки на территории площадки и в ближайших населённых пунктах;
- оценка состояния источников питьевого водоснабжения в ближайших населённых пунктах;
- обоснование требований по дальнейшему обустройству охранной зоны для долговременного обеспечения радиационной безопасности населения.

Материал и методы

МЯВ «Тахта-Кугульта» был проведен в Ипатовском районе Ставропольского края в 90 км севернее Ставрополя между селами Кевсала и Бурукшун на опытной площадке Тахта-Кугультинского газового месторождения (рис. 1).

Радиационные исследования проводились:

- на территории опытной площадки МЯВ;
- на территории четырёх ближайших населённых пунктов (НП): село Кевсала (расстояние от площадки МЯВ 5,4–10,6 км), хутор Средний Кундуль (12–13 км), посёлок Красочный (5,4–7,2 км) и посёлок Бурукшун (6,2–9,1 км.), а также в фоновом НП - селе Двуречный (в юго-восточном направлении от площадки на расстоянии 46–47 км).

Исследовались также поверхностные водоемы, расположенные радиусе 30 км от места проведения МЯВ, и фоновый водоем:

- р. Большая Джалга (в с. Большая Джалга);
- р. Кевсала (в с. Кевсала);
- левая ветвь Право-Егорлыкского канала (у с. Горлинка);
- р. Большая Кугульта (у с. Софийский городок);
- водоем (у х. Средний Кундуль);
- р. Магодынка (у с. Верхнетахтинский);
- р. Калаус (в г. Ипатово);
- р. Айгурка – фоновый водоем (в с. Двуречный).

Все обследованные населенные пункты имеют централизованное водоснабжение (Тахтинский групповой водопровод). Источником водоснабжения Тахтинского группового водопровода является Левая ветвь Право-Егорлыкского канала [14].

В процессе исследований выполнялись измерения:

- мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭД ГИ) на высоте 1 м от поверхности почвы;

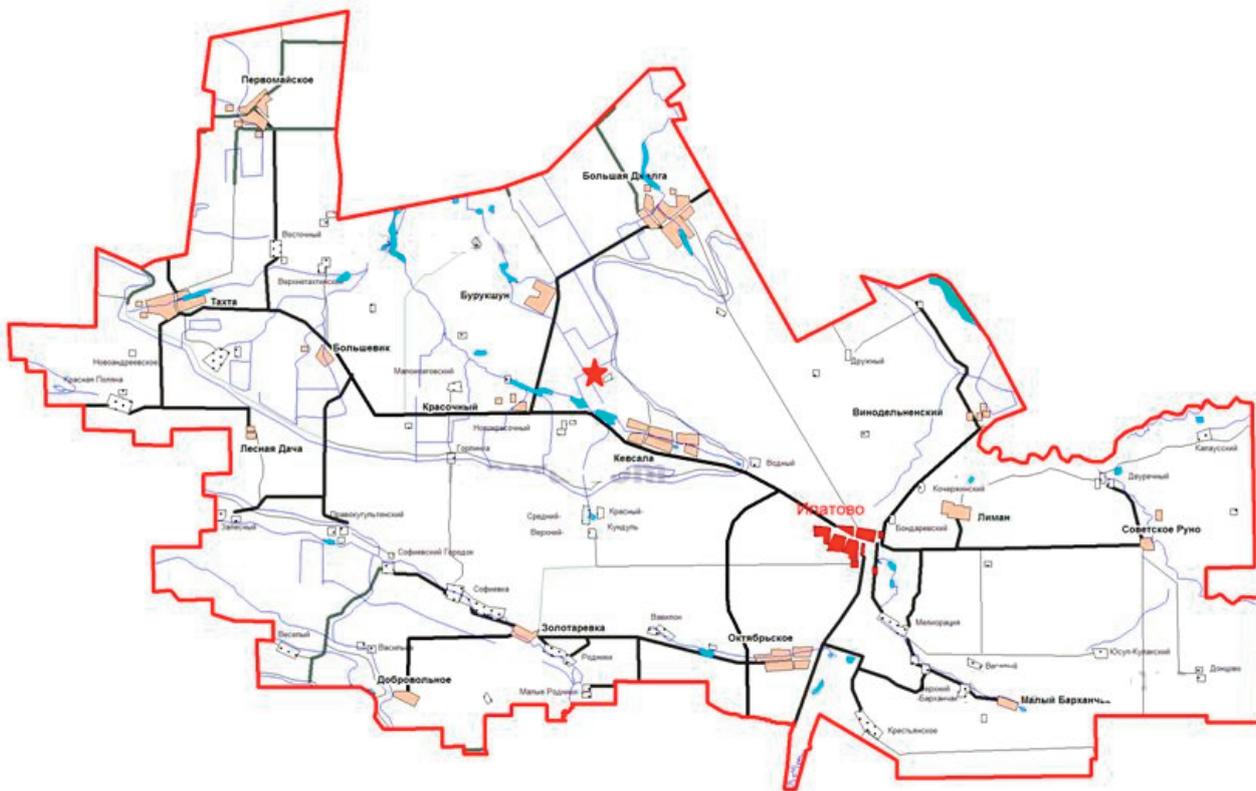


Рис. 1 – Карта Ипатовского района [13]

Fig. 1 — Ipatovsky Region Map [13]

- удельной активности (УА) радионуклидов в почве и донных отложениях поверхностных водоемов;
- объёмной активности (ОА) радионуклидов в питьевой воде и воде открытых водоемов.

МАЭД ГИ и УА ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в почве исследовались методом непрерывной пешеходной гамма-съемки с помощью портативного спектрометрического комплекса МКС-01А Мультирад-М. Данный спектрометрический комплекс позволяет проводить гамма-сканирование открытых площадей с привязкой к географическим координатам с использованием глобальной навигационной системы GPS и оценивать УА естественных радионуклидов в почве. Диапазон измерений МАЭД ГИ составляет от 0,03 до 60 мкЗв/ч. Предел допустимой основной относительной погрешности измерений в диапазоне МАЭД ГИ от 0,03 до 0,5 мкЗв/ч – 25 %, а в диапазоне от 0,5 до 60 мкЗв/ч – (25% – $0,167 \times \text{МАЭД ГИ}$).

Отбор и радиометрия проб окружающей среды проводились в соответствии с методическими рекомендациями [15] с учетом рекомендаций МР 2.6.1.27-2003 [16] и МР 2.6.1.0010-10 [17].

Отобранные пробы исследовались с использованием гамма-спектрометрического, радиохимического и радиометрического методов.

Для измерения содержания гамма-излучающих радионуклидов в пробах почвы и донных отложений использовался гамма-спектрометр с полупроводниковым детектором фирмы Canberra b10188 с блоком детектирования ВЕ5030. Время измерения счетного образца выбиралось таким, чтобы погрешность измерения активности радионуклидов в образце, равная 1 среднеквадратичному отклонению, не превышала 10–20 %.

Для определения активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в пробах питьевой воды и воды из поверхностных водоемов проводилось радиохимическое выделение радионуклидов

в соответствии с МР 2.6.1.0094-14 [18] с последующим измерением активности на радиометрической установке УМФ 2000.

Измерение активности ^3H в пробах воды проводилось в соответствии с требованиями МУК 4.3.044-2012 [19] с использованием ультра-низкофонового жидкосцинтилляционного спектрометра Quantulus 1220, чувствительность которого к бета-излучению радионуклида ^3H составляет не менее 0,20 (имп./с)/Бк.

Современная территория опытной площадки, на которой находится технологическая (зарядная) скважина, имеет размер $250 \times 290 \text{ м}^2$ и в настоящее время является охранной зоной (ОЗ) газовых скважин, принадлежащих Светлоградскому газопромисловому управлению (филиал ООО «Газпромдобыча Краснодар»). Технологическая (зарядная) скважина не огорожена, не имеет бетонной тумбы и каких-либо обозначений о проведенном в ней МЯВ. На площадке нет знаков, указывающих, что она является ОЗ газовых скважин или ОЗ МЯВ.

Территория площадки относительно ровная, заросшая травой. Имеются ямы, на дне некоторых из них присутствует вода (по-видимому, это технологическая вода – продукт обработки газовых скважин), которая пенится при фильтрации, и один неглубокий колодец с обрывками кабелей.

Вокруг площадки располагаются сельскохозяйственные угодья. В основном поля засеяны пшеницей.

В настоящее время на территории площадки расположено 8 скважин с обозначениями, отличными от номеров, указанных в работе [4] (рис. 2):

- 6 скважин с номерами от Т-1 до Т-6 (бетонные тумбы отсутствуют);
- 2 скважины, на устье которых установлены бетонные тумбы, с обозначениями «Скв. Э-5тк 1975г СГПУ» и «№ Э ТК ЦКПРС СГПУ 1975 год».

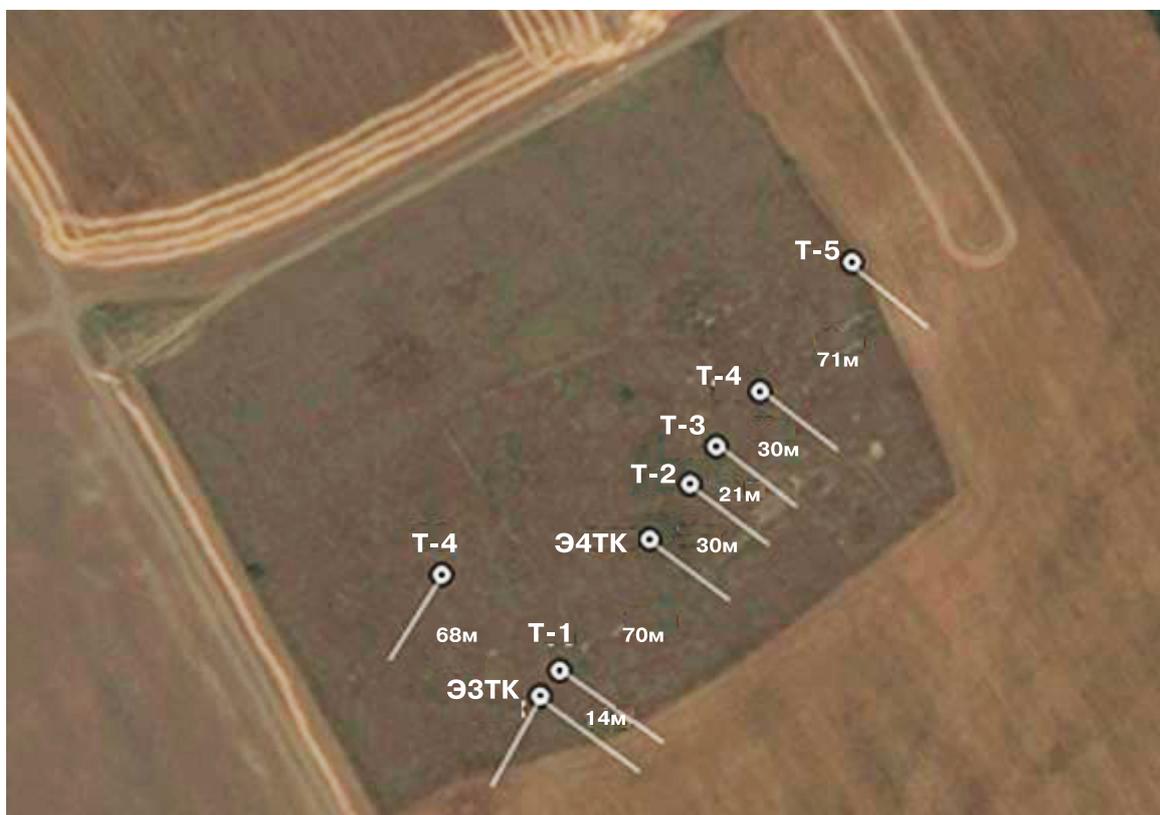


Рис. 2 – Расположение скважин на опытной площадке
Fig. 2.– Location of wells at the test site

Таблица 1

Мощность AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения на обследованных территориях
Gamma ambient dose equivalent rate at the surveyed areas

Место измерения	Число измерений	МАЭД ГИ, мкЗв/ч			Стандартное отклонение, мкЗв/ч
		Средняя	Минимальная	Максимальная	
Площадка	834	0,11	0,085	0,12	0,005
Дорога от площадки к с. Кевсала	136	0,097	0,092	0,10	0,002
п. Бурукшун	538	0,085	0,072	0,10	0,004
с. Кевсала	995	0,087	0,074	0,10	0,006
п. Красочный	215	0,085	0,076	0,096	0,004
х. Кундуль	164	0,089	0,075	0,10	0,006
с. Двуречный	596	0,095	0,074	0,11	0,007

Все скважины, за исключением скважины Т-6, расположены вдоль юго-восточной границы площадки практически на одной линии.

ОЗ для МЯВ «Тахта-Кугульта» не установлена. Поэтому первоочередными задачами являются:

- установление границ ОЗ и определение, в чьём ведении находится технологическая (зарядная) скважина;
- обустройство территории ОЗ и технологической (зарядной) скважины в соответствии с СанПиН 2.6.1.2819-10 «Обеспечение радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения (1965 – 1988 гг.) ядерных взрывов в мирных целях» [20];
- на границах ОЗ установить информационные знаки, извещающие, что данная территория является ОЗ, о запрете ведения хозяйственной деятельности, буровых и иных работ, приводящих к нарушению верхнего слоя почвы, возведения хозяйственных и иных построек и использования территории в рекреационных целях без согласования с органами, осуществляющими государственный санитарно-эпидемиологический надзор, и администрацией субъекта РФ;
- на устье технологической (зарядной) скважины установить бетонную тумбу;
- вокруг тумбы установить металлическую ограду, ограничивающую подход к зарядной скважине;
- к тумбе или металлической ограде прикрепить информационный щит-указатель, на котором приводится информация о названии МЯВ, дате проведения, глубине, размерах ОЗ, и знак радиационной опасности, извещающий о наличии в недрах РАО, а также адреса и телефоны для связи с администрацией субъекта РФ, на территории которого находится ОЗ, с контролирующей организацией и организацией, в ведении которой находится данная территория;
- благоустроить территорию: засыпать ямы и колодцы, убрать бытовой мусор, запретить на территории

слив технологической жидкости, используемой при проведении профилактических работ на газовых скважинах.

Результаты и обсуждение

Результаты наземных исследований

Средние значения МАЭД ГИ, измеренные непосредственно у скважин, достоверно не отличаются и составляют $0,10 \pm 0,005$ мкЗв/ч.

Результаты измерения МАЭД ГИ на территории площадки и в НП представлены в табл. 1.

Максимальное среднее значение МАЭД ГИ получено на территории площадки МЯВ (0,11 мкЗв/ч). Между площадкой и с. Кевсала значение МАЭД ГИ (0,097 мкЗв/ч) несколько ниже, чем на площадке, но выше, чем на территории с. Кевсала и других НП (0,085–0,095 мкЗв/ч).

Гамма-спектрометрические и бета-радиометрические измерения проб почвы показали наличие техногенных радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs и естественных радионуклидов. Значения поверхностной активности ^{241}Am оказались ниже минимально-детектируемой активности (0,01–0,04 кБк/м² при времени измерения пробы почвы 10–30 ч).

В табл. 2 приведены результаты измерения поверхностной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs в 5-см слое почвы, а в табл. 3 – УА естественных радионуклидов (ЕРН). Распределение поверхностной активности ^{137}Cs по территории площадки показано на рис. 3.

Средние значения поверхностной активности ^{137}Cs в почве НП, расположенных в районе проведения МЯВ, варьируют в пределах от 0,16 до 0,37 кБк/м² и не отличаются от поверхностного загрязнения почвы в фоновом НП (0,18–0,36 кБк/м²) и от средних значений по Ставропольскому краю (0,20 кБк/м², максимальные 0,27–1,1 кБк/м²) [21, 22].

Таблица 2

Поверхностная активность радионуклидов в слое 5-см почвы
Surface activity of radionuclides in the soil layer 5 cm

Территория	Поверхностная активность, кБк/м ² (Диапазон варьирования)	
	^{90}Sr	^{137}Cs
Площадка	0,055±0,040 (0,020–0,17)	0,43±0,13(0,055–0,73)
Бурукшун	0,039±0,014 (0,020–0,052)	0,37±0,10 (0,15–0,78)
Кевсала	0,035±0,016 (0,030–0,058)	0,16±0,05 (0,095–0,21)
Красочный	0,050±0,039 (0,020–0,11)	0,23±0,32 (0,040–0,71)
Кундуль	0,066±0,011 (0,020–0,078)	0,19±0,08 (0,16–0,25)
Двуречный	0,043±0,028 (0,020–0,079)	0,23±0,034 (0,18–0,36)

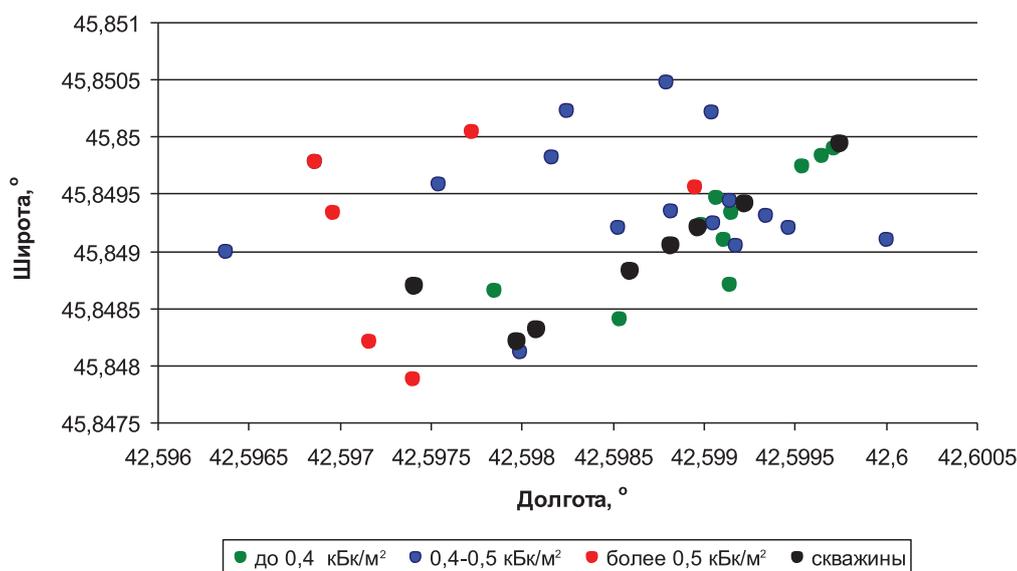


Рис. 3. Распределение поверхностной активности ¹³⁷Cs по площадке
Fig. 3. Distribution of ¹³⁷Cs surface activity over the site

Таблица 3

Удельная активность естественных радионуклидов в почве
Specific activity of natural radionuclides in soil

Территория	УА ЕРН, Бк/кг (диапазон варьирования)			
	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th	²²⁸ Th
Площадка	500±60 (350-630)	19±2 (14–23)	23±4 (15–30)	12±4 (4,6–18)
Бурукшун	550±40 (500-580)	19±2 (17–22)	24±3 (21–27)	9±4 (3,4–13)
Кевсала	590±70 (520-670)	20±1 (18–21)	25±3 (22–30)	12±2 (9,7–14)
Красочный	510±40 (480-550)	18±2 (16–21)	22±1 (21–24)	13±5 (7,6-19)
Кундуль	510±70 (400-590)	18±3 (15–22)	22±2 (18–25)	9,0±3 (6,6–11)
Двуречный	560±60 (500-640)	18±3 (13–21)	22±3 (17–25)	8,5±3 (5,2–13)

Наибольшие средние значения поверхностной активности ¹³⁷Cs получены в НП Бурукшун (0,37±0,10 кБк/м²) и Красочный (0,37±0,32 кБк/м²). В каждом из этих НП в одной из пяти отобранных проб почвы получены высокие значения поверхностной активности ¹³⁷Cs: 0,78 кБк/м² в с. Бурукшун и 0,71 кБк/м² в с. Красочный. Точки отбора этих проб находятся на границах НП, приближенных к площадке МЯВ. На остальной территории этих НП значения поверхностной активности ¹³⁷Cs варьируют в пределах (0,15–0,37) кБк/м². Для подтверждения возможного влияния МЯВ на загрязнение части территории этих НП требуется проведение более детальных измерений почвы по территории НП.

На площадке среднее значение поверхностной активности ¹³⁷Cs в почве (0,43±0,13 кБк/м²) выше, чем на территории обследованных НП. Наиболее загрязненной является западная часть площадки (см. рис 3).

Полученные результаты подтверждают, что при проведении МЯВ произошёл выброс радиоактивных газов, содержащий ¹³⁷Xe, который привел к загрязнению площадки ¹³⁷Cs, являющимся дочерним радионуклидом ¹³⁷Xe.

Так как содержания естественных радионуклидов на площадке и на территории НП значимо не отличаются (см. табл. 3), можно считать, что и повышенные значения МАЭД ГИ на площадке связаны с загрязнением территории площадки ¹³⁷Cs при проведении МЯВ.

В 10 точках на площадке, расположенных на различных расстояниях от скважин, проведено исследование содержания ¹³⁷Cs по профилю почвы, результаты которого приведены на рис. 5 (за 1 принята активность в слое 0–5 см) и в табл. 4. Из диаграммы на рис. 4 и данных в табл. 4 видно, что ¹³⁷Cs (глобального происхождения, выпавший на территорию площадки в результате аварии на ЧАЭС и инцидента при проведении МЯВ) существенно мигрировал по профилю почвы.

Значения поверхностной активности ⁹⁰Sr в почве на площадке варьируют в пределах от 0,020 до 0,17 кБк/м² и не отличаются от его поверхностной активности на территории НП (0,020–0,089 кБк/м²), расположенных в районе проведения МЯВ, в фоновом НП

Таблица 4

Активность радионуклидов в слоях почвы
Activity of radionuclides in soil layers

Слой почвы, см	Активность ¹³⁷ Cs, % от активности в слое 0–20 см
	¹³⁷ Cs
0–5	46±11
0–10	69±6
0–15	83±8

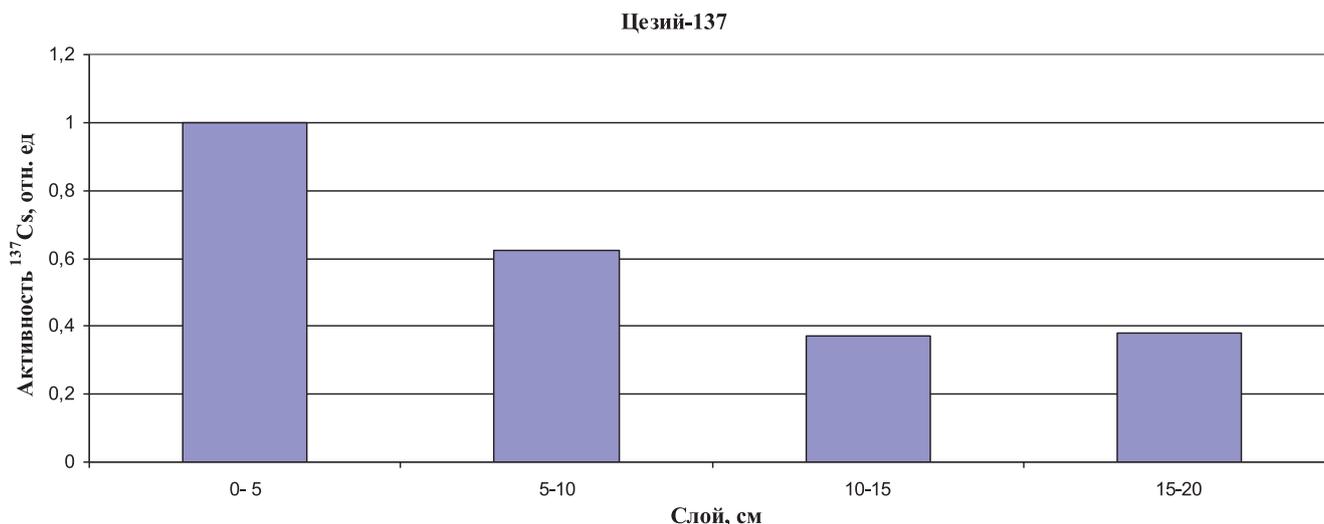


Рис. 4. Распределение активности ¹³⁷Cs по профилю почвы на площадке
 Fig. 4. Distribution of ¹³⁷Cs activity along the soil profile at the site

(0,020–0,18 кБк/м²) и от значений по Ставропольскому краю (среднее менее 0,1–0,3 кБк/м², максимальное менее 0,1–0,7 кБк/м²) [21, 22].

Результаты исследований водных объектов

Средние значения МАЭД ГИ на прибрежной территории поверхностных водоёмов варьировали от 0,062 до 0,093 мкЗв/ч.

Результаты измерений ОА радионуклидов в воде поверхностных водоёмов и питьевой воде представлены в табл. 5–7.

Из-за небольшого содержания воды в ямах на площадке не удалось отобрать пробу достаточного объёма для измерения содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr с помощью радиохимического выделения. По данным измерения пробы воды с максимальным содержанием ³H на гамма-спектрометре ОА ¹³⁷Cs составляет менее 0,13 Бк/л.

Уровень содержания радионуклидов в воде из ям на площадке и поверхностных водоёмов ниже предельных значений ОА радионуклидов в жидких отходах [23]. Более того, они ниже уровней вмешательства (УВ) для питьевой воды, установленных в НРБ 99/2009 [22].

ОА ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs и ³H в питьевой воде НП (см. табл. 7) существенно (на 2 и более порядка) ниже УВ для питьевой воды, установленных в НРБ-99/2009 [23].

Полученные данные свидетельствуют о том, что в настоящее время влияние МЯВ на загрязнение поверхностных вод и питьевой воды отсутствует.

В табл. 8 представлены результаты измерения радионуклидов в донных отложениях. В целом уровни содержания радионуклидов в донных отложениях поверхностных

Таблица 5

Объёмная активность трития в воде из ям на территории площадки
Activity concentration of tritium in water from the pits on the territory of the site

Координаты точек отбора проб		Объёмная активность ³ H, Бк/л
Долгота, °	Широта, °	
42,59884	45,84947	37±3
42,59784	45,84970	7,2±0,9
42,59963	45,84967	5,2±0,7

Таблица 6

Объёмная активность радионуклидов в воде поверхностных водоёмов
Activity concentration of radionuclides in water of the surface water reservoirs

Водоём	Объёмная активность, Бк/л		
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	³ H
р. Большая Джалга	<0,004	<0,002	<0,9
р. Магодынка	0,15±0,06	<0,0082	<0,9
Левая ветвь Правос-Егорлыкского канала	<0,004	<0,002	<0,9
р. Большая Кугульта	0,021±0,002	<0,001	1,1±0,5
р. Калаус (г. Ипатово)	<0,004	<0,001	1,2±0,6
р. Айгурка	0,007±0,003	<0,001	<0,8
р. Кевсала	0,011±0,005	<0,001	1,1±0,6
Водоём (х. Средний Кундуль)	0,07±0,03	0,0013 ±0,0004	<0,8

Таблица 7

Объёмная активность радионуклидов в питьевой воде
Activity concentration of radionuclides in drinking water

Населенный пункт	Объёмная активность, Бк/л		
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	³ H
Бурукшун	0,02	<0,003	<0,9
Кевсала	<0,004	<0,003	1,8±0,6
Красочный	0,03	<0,002	<0,9
Кундуль	<0,004	<0,001	<0,9
Двуречный	<0,004	<0,002	<0,9
УВ для питьевой воды, Бк/кг [НРБ]	4,9	11	7600

Таблица 8

**Удельная активность радионуклидов
в донных отложениях
Specific activity of radionuclides
in bottom sediments**

Водоём	УА, Бк/(кг воздушно-сухого веса)	
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
р. Большая Джалга	0,64±0,38	0,50±0,05
р. Магодынка	1,2±0,23	2,1±0,2
Левая ветвь Право-Егорлыкского канала	0,50±0,35	0,38±0,17
р. Большая Кугульта	0,19±0,17	0,68±0,12
р. Калаус	0,80±0,25	3,6±0,4
р. Кевсала	0,59±0,37	0,23±0,04
Водоём (х. Кундуль)	0,4±0,25	0,58±0,08
р. Айгурка	0,15±0,10	1,2±0,2

водоёмов ниже УА радионуклидов в почве и существенно ниже предельных значений ОА радионуклидов в твёрдых отходах [24].

Максимальные значения УА ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr получены в пробах, отобранных на реках Манголынка (1,2 Бк/кг по ⁹⁰Sr и 2,1 Бк/кг по ¹³⁷Cs) и Калаус (0,8 Бк/кг по ⁹⁰Sr и 3,6 Бк/кг по ¹³⁷Cs). В пробах, отобранных на других водоёмах, значения ОА этих радионуклидов в несколько раз ниже.

На берегу реки Магодынка (в летний сухой период времени она больше похожа на мелководный ручей) расположена животноводческая ферма, стоки которой попадают в реку, а также проводится выпас коров. Возможно, это является причиной повышенного содержания радионуклидов в донных отложениях. В отличие от Магодынки река Калаус – полноводная река, собирающая промышленные стоки от полей и НП. В донных отложениях реки, помимо радионуклидов, в значительном количестве содержатся азотные, фосфатные соединения, нефтепродукты и тяжелые металлы [25].

Оценка потенциальной среднегодовой дозы облучения критической группы населения при нахождении на площадке

- На территории площадки могут временно находиться:
- сельскохозяйственные работники, обрабатывающие поля вокруг площадки;
 - работники охраны Управления;
 - работники Управления при проведении обслуживания скважин.

Так как на площадке не произрастают дикорастущие ягоды и грибы и нет поверхностных водоёмов, пригодных для ловли рыбы, посещение площадки населением из близлежащих НП маловероятно.

Основным фактором техногенного радиационного воздействия на человека при нахождении на площадке является внешнее гамма-облучение от ¹³⁷Cs, содержащегося в почве.

Среднее значение МАЭД ГИ на площадке составляет 0,11 мкЗв/ч. Среднее значение МАЭД ГИ в близлежащих НП варьирует от 0,085 до 0,089 мкЗв/ч. Можно принять, что МАЭД ГИ от техногенного содержания ¹³⁷Cs в почве в результате проведения МЯВ составляет 0,021–0,025 мкЗв/ч.

Потенциальная годовая эффективная доза в этом случае составит:

- 42–50 мкЗв при нахождении на площадке 2000 ч в год (для работников Управления);
- 2,4–2,8 мкЗв при нахождении на площадке 112 ч в год (для населения).

В обоих случаях потенциальная годовая эффективная доза на порядок и более ниже допустимого значения 0,3 мЗв/год, установленного в СанПиН 2.6.1.2819-10 [19].

Выводы

1. Исследование радиационной обстановки на территории площадки показало, что на территории площадки средние значения МАЭД ГИ и поверхностной активности ¹³⁷Cs выше, чем на территориях НП, расположенных в районе проведения МЯВ «Тахта-Кугульта». Полученные данные свидетельствуют о наличии выброса радиоактивных газов из скважин при проведении МЯВ, в том числе ¹³⁷Xe, дочерним радионуклидом которого является ¹³⁷Cs. Однако техногенное загрязнение почвы площадки ¹³⁷Cs в настоящее время незначительно и не представляет угрозы здоровью населения при нахождении на площадке.
2. За прошедшие почти 50 лет после проведения МЯВ ¹³⁷Cs существенно мигрировал по профилю почвы. В слое 0–5 см содержится 46±11 % , в слое 0–10 см – 69±6 % и в слое 0–15 см – 83±8 % от активности ¹³⁷Cs в слое 0–20 см. Загрязнение площадки ⁹⁰Sr соответствует глобальным выпадениям и не отличается от загрязнения территорий близлежащих НП.
3. Потенциальная годовая эффективная доза при нахождении на территории площадки (формируется за счет внешнего облучения) составит 42–50 мкЗв при нахождении на площадке 2000 ч в год, что почти на порядок ниже допустимого значения 0,3 мЗв/год, установленного в СанПиН 2.6.1.2819-10.
4. Влияния взрыва «Тахта-Кугульта» на радиационную обстановку в ближайших НП и на загрязнение поверхностных водоёмов в настоящее время не выявлено.
5. ОЗ для МЯВ «Тахта-Кугульта» не установлена. Поэтому первоочередными задачами являются:
 - установление границ ОЗ и определение, в чьем ведении находится технологическая (зарядная) скважина;
 - обустройство территории ОЗ и технологической (зарядной) скважины в соответствии с СанПиН 2.6.1.2819-10 «Обеспечение радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения (1965 – 1988 гг.) ядерных взрывов в мирных целях».
6. При разработке программы долгосрочного радиационного контроля в районе расположения объекта «Тахта-Кугульта» необходимо учитывать следующее:
 - Существуют связи газовых скважин с технологической скважиной (об этом свидетельствует загрязнение углеводородного газа ⁸⁵Kr, ¹³⁷Xe и ³H после проведения взрыва и аномалии гамма-активности в скважинах [4, 6], а также наличие трития в технологической воде, используемой при обслуживании скважин, в настоящее время), и возможность выноса радионуклидов с добываемой продукцией. Поэтому целесообразно провести исследования содержания радионуклидов в добываемом углеводородном газе и дать радиационно-гигиеническое заключение о степени его опасности при использовании населением.
 - В результате проведенного МЯВ «Тахта-Кугульта» зона расслоения горных пород охватывает водоносные горизонты, которые располагаются на 170–180 м ниже точки заложения ядерного заряда. Подземные воды из этих водоносных горизонтов по образовавшимся каналам способны мигрировать в полость

ядерного взрыва, выщелачивая РАО и не прореагировавшее ядерное горючее из химически разложившихся горных пород, находящихся в полости ядерного взрыва. Образовавшийся радиоактивный раствор способен свободно мигрировать по проницаемым пластам и заколонному пространству в скважинах в водоносные горизонты миоцена и в зону

свободного водообмена [4]. В связи с этим целесообразно провести исследование содержания трития и других радионуклидов в подземных водах Красногвардейского месторождения (расположенного по направлению распространения подземных вод от места проведения МЯВ), по результатам которого принять решение о необходимости дальнейшего контроля.

Radiation safety

Medical Radiology and Radiation Safety. 2021. Vol. 66. № 2. P. 13–22

Radiation Survey in the Area of Peaceful Nuclear Explosion «Takhta-Kugulta»

A.V. Titov¹, N.K. Shandala¹, D.V. Isaev¹, Y.S. Belskikh¹, M.P. Semenova¹, T.A. Doronieva¹,
V.G. Starinsky¹, R.A. Starinskaya¹, V.A. Seregin¹, T.V. Ostapchuk², A.S. Chernobaev²

¹AI Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

²Center for Hygiene and Epidemiology № 101 FMBA of Russia, Stavropol region, Lermontov, Russia

Contact person: Alexei Viktorovich Titov: titov_fmbc@mail.ru

ABSTRACT

Purpose: Radiation survey in the area of peaceful nuclear explosion «Takhta-Kugulta» in the Stavropol Region.

Material and methods: Radiation survey was performed on the territory of the protected area and on the territory of the 30-km zone from the explosion site. Methods of pedestrian gamma survey with a portable spectrometric complex Multirad-M were used in the course of the survey, along with gamma spectrometric and radiochemical measurements of radionuclide activities in samples and radiochemical separation of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs. The measurement of tritium activity concentration in water was carried out using a low-background liquid alpha-beta radiometer Quantulus-1220.

Results: The highest average value of gamma ambient dose equivalent rate was obtained in the area of the peaceful nuclear explosion site. A value of ambient dose equivalent rate at the area between the site and Kevsala village is lower than on the site, but higher than in Kevsala village and in other settlements. The mean value of the surface contamination of soil with ¹³⁷Cs on the site was 0.43 kBq/m², while that of ⁹⁰Sr was 0.055 kBq/m². Average values of soil surface contamination with radionuclides in the settlements located in the area of the explosion vary over the range between 0.16 and 0.37 kBq/m² for ¹³⁷Cs and between 0.035 and 0.066 kBq/m² for ⁹⁰Sr. ²⁴¹Am specific activity values were below the minimum detectable activity (0.01 – 0.04 kBq/m² at the time of the soil sample measurement of 10–30 h).

The contents of ³H, ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs radionuclides in drinking water and water of the surface water reservoirs is significantly lower than the intervention levels established in NRB-99/2009.

Conclusions: Radiation situation at the location of the technological well complies with the requirements of SanPiN 2.6.1.2819-10 “Radiation Safety and Protection of the Population Living in the Areas of Peaceful Nuclear Explosions (1965 – 1988)”, and does not pose a threat to the health of the population when staying there. It is necessary to arrange the territory of the protection area and technological (charging) well in accordance with the requirements of SanPiN 2.6.1.2819–10.

Within the framework of long-term radiation monitoring, it is necessary to provide for the monitoring of the tritium content in the produced gas and in the groundwater of the Krasnogvardeiskoe deposit (located in the direction of the spread of groundwater from the location of the peaceful nuclear explosion).

Keywords: : gas production, peaceful nuclear explosion, radiation survey, Stavropol Region, tritium, effective dose

For citation: Titov A.V., Shandala N.K., Isaev D.V., Belskikh Y.S., Semenova M.P., Doronieva T.A., Starinsky V.G., Starinskaya R.A., Seregin V.A., Ostapchuk T.V., Chernobaev A.S. Radiation Survey in the Area of Peaceful Nuclear Explosion «Takhta-Kugulta». Medical Radiology and Radiation Safety. 2021;66(2):13-22.

DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-1-13-22

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Испытания ядерного оружия и ядерные взрывы в мирных целях СССР. 1949–1990 гг. Кол. авторов под рук. Михайлова В.Н. Саров: РФЯЦ–ВНИИЭФ, 1996. 68 с.
2. Андрияшин И.А., Богдан В.В., Ващинкин С.А., Зеленцов С.А., Золотухин Г.Е., Каримов В.М., Кириченко В.В., Матушченко А.М., Силкин Ю.А., Струков В.Г., Харитонов К.В., Чернышев А.К., Цыркков Г.А., Шумаев М.П. Испытания ядерного оружия и ядерные взрывы в мирных целях. 1949–1990 гг. Саров: РФЯЦ ВНИИЭФ, 1996. 66 с. ISBN 5-85165-062-1.
3. Васильев А.П., Касаткин В.В.. Мирные ядерные взрывы в СССР – надежды и реалии. Атомная энергия, общество, безопасность // Второй общественный национальный форум-диалог Российский Зеленый Крест, Санкт-Петербург, 21-22 апреля 2008 г. СПб.: Российский Зеленый Крест, 2008. С. 338-358.
4. Шахиджанов Ю.С., Кирюхина Н.Н. Геоэкологические последствия подземных ядерных взрывов при разработке газовых месторождений в России и США. // Охрана недр и экология. 2005. №7. С. 35–40.
5. Milo D Nordyke. The Soviet Program for Peaceful Uses of Nuclear Explosions // Science and Global Security. 1998. Vol. 7. No 1. P.1-117.
6. Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении / Кол. авторов под рук. Логачева В.А. М.: Изд.АТ, 2001. 519 с.
7. Современная радиоэкологическая обстановка в местах проведения мирных ядерных взрывов на территории Российской Федерации / Кол. авторов под рук. проф. Логачева В.А. М.: Изд.АТ, 2005. 256 с.
8. Ядерные испытания СССР. Том 4. Использование ядерных взрывов для решения народнохозяйственных задач и научных исследований. Кол. авторов под рук. Михайлова В.Н. Саров: РФЯЦ ВНИИЭФ, 2000. 200 с.
9. Андрияшин И., Трутнев Ю., Чернышев А. Использование ядерных взрывов в мирных целях // Бюллетень по атомной энергии. 2005. № 8. С. 43–50.
10. Бахарев П., Кирюхина Н., Шахиджанов Ю. Уснувшее лихо. Не повредят ли последствия ядерного взрыва развитию газодобычи на Ставрополье // Нефть России. 2003. № 5. С. 91-93.
11. Дубасов Ю.В., Касаткин В.В. Радиационная обстановка в местах проведения подземных мирных взрывов // Доклады на Международной конференции «Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях», 24-26 апреля 2000, Т. 2. М., 2000.
12. Особые радиоактивные отходы / Под общей редакцией Линге И.И. М.: ООО САМполиграфист, 2015. 240 с.
13. Схема территориального планирования Ипатовского района. [Электронный ресурс]: <http://www.ipatovo.org/page.php?id=899&print=page>.
14. Паспорт Ипатовского муниципального района Ставропольского края. [Электронный ресурс]: <http://www.ipatovo.org/page.php?al=passport>; <http://www.ipatovo.org/page.php?id=3263&print=page>.
15. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды.
16. МР 2.6.1.27-2003. Зона наблюдения радиационного объекта. Организация и проведение радиационного контроля окружающей среды: Методические рекомендации.
17. МР 2.6.1.0010-10. Оценка радиологической эффективности защитных мер (контрмер), проводимых в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС: Методические рекомендации.
18. МР 2.6.1.0094-14. Радиохимическое определение удельной активности цезия-137 и стронция-90 в пробах пищевой продукции, почвы, других объектов окружающей среды и биопробах: Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. 43 с.
19. МУК 4.3.044-2012. Методика определения объемной активности органических и неорганических соединений трития в водных объектах методом жидкосцинтилляционной спектрометрии.
20. СанПиН 2.6.1.2819-10. Обеспечение радиационной безопасности населения, проживающего в районах проведения (1965 – 1988 гг.) ядерных взрывов в мирных целях: Санитарные правила и нормативы.
21. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2016 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2017. 126 с.
22. Материалы к государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации по Ставропольскому краю в 2016 году».
23. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009) от 02.07.2009. Зарегистрированы Министерством юстиции Российской Федерации 14 августа 2009 г., регистрационный № 14534.
24. Постановление Правительства РФ от 19 октября 2012 г. №1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов».
25. Доклад о состоянии окружающей среды и природопользовании в Ставропольском крае в 2017 г. [Электронный ресурс]: <http://www.mpr26.ru/deyatelnost/otchety-doklady/o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy-i-prirodopolzovanii-v-stavropolskom-krae>

REFERENCES

1. Ministry of the Russian Federation for Atomic Energy. USSR Nuclear Weapon Tests and Peaceful Nuclear Explosions. 1949 through 1990. Sarov, Russian Federal Nuclear Center – VNIIEF Publ., 1996. 68 p. (In Russian).
2. Andryushin IA, Bogdan VV, Vashchinkin SA, Zelentsov SA, Zolotukhin GE, Karimov VM, Kirichenko VV, Matushchenko AM, Silkin YuA, Strukov VG, Kharitonov KV, Chernyshev AK, Tsyrvkov GA, Shumaev MP. Nuclear Weapons Tests and Nuclear Explosions for Peaceful Purposes. 1949-1990. Sarov, RF CVNIIEF Publ.. 1996/ 66 p. ISBN 5-85165-062-1 (In Russian).
3. Vasiliev AP, Kasatkin VV. Peaceful Nuclear Explosions in the USSR – Hopes and Realities. In: Nuclear energy, society, safety. The second public national forum-dialog. Russian Green Cross, St.Petersburg, 21-22 April 2008. St.Peterburg, Russian Green Cross Publ., 2008. P.338-358 (In Russian).
4. Shakhidjanov YuS, Kiryukhina NN. Geo-ecological Consequences of Underground Nuclear Explosions During the Development of Gas Deposits in Russia and USA. Protection of mineral resources and ecology. 2005;(7) 35-40 (In Russian).
5. Milo D Nordyke. The Soviet Program for Peaceful Uses of Nuclear Explosions. Science and Global Security. 1998;7(1):1-117.
6. Peaceful nuclear explosions: generic and radiation safety during the activities. A team of authors led by prof. VA Logachev. Moscow, Izd.AT Publ., 2001. 519 p. (In Russian).
7. Logachev VA. Present radio-ecological situation at the sites of peaceful nuclear explosions at the territory of the Russian Federation. Moscow, Izd.AT; Publ., 2005; 256 p. (In Russ).
8. Nuclear Tests in the USSR. Volume 4. The use of nuclear explosions to solve national economic problems and scientific research. The team of authors under the direction of VN Mikhailov. Sarov, RFYaC VNIIEF Publ., 2000. 200 p. (In Russian).
9. Andryushin I, Trutnev Yu, Chernyshev A. The use of nuclear explosions for the peaceful purposes. Atomic Energy Bulletin. 2005;(8):43-50. (In Russian).
10. Bakharev P, Kiryukhin N, Shakhidjanov Yu. Asleep trouble. Will the consequences of a nuclear explosion damage the development of gas production in the Stavropol region. Russia Oil. 2003;(5):91-3 (In Russian).
11. Dubasov Yu.V., Kasatkin V.V. Radiation situation at the areas of underground peaceful explosions. Presentation at the International

- Conference «Radioactivity during Nuclear Explosions and Accidents», 24-26 April 2000. Vol.2. Moscow Publ., 2000 (In Russian).
12. Special Radioactive Waste. General Edition II Linge. Moscow, JCS SAMpolygraphist Publ., 2015. 240 p. (In Russian).
 13. Territorial planning scheme of Ipatovsky district. URL: <http://www.ipatovo.org/page.php?id=899&print=page> (In Russian).
 14. Passport of the Ipatovsky Municipal. District of the Stavropol Krai. URL: <http://www.ipatovo.org/page.php?al=passport>. <http://www.ipatovo.org/page.php?id=3263&print=page> (In Russian).
 15. Methodical recommendations on health monitoring of radioactive material contents in the environmental media (In Russian).
 16. MR 2.6.1.27-2003. The Supervision Area of the Radiation Facility. Organizing and Conducting the Environmental Radiation Monitoring. Methodical Recommendations (In Russian).
 17. MR 2.6.1.0010-10. Assessment of radio-ecological effectiveness of protective measures (countermeasures) performed in the remote period after the accident at the Chernobyl nuclear power plant. Methodical recommendations (In Russian).
 18. MR 2.6.1.0094-14. Radiochemical determination of the specific activity of cesium-137 and strontium-90 in samples of foods, soil and other environmental media and bioassays: Methodical recommendations. Moscow. 2014. 43 p. (In Russian).
 19. MUK 4.3.044-2012. Method of the activity concentration determination of organic and inorganic tritium compounds in water objects using the liquid scintillation spectrometry method (In Russian).
 20. SanPiN 2.6.1.2819-10. Radiation Protection of the population living at the areas of peaceful nuclear explosions (1965 – 1988). Health rules and regulations. (In Russian).
 21. Findings of radiation health physics Passportization in the subjects of the Russian Federation over 2016. Radiation and Hygienic passport of the Russian Federation. Moscow. 2017. 126 p. (In Russian).
 22. Materials for the state report «On the status of the health and epidemiological wellbeing of the population in the Russian Federation over the Stavropol Krai in 2016» (In Russian).
 23. SanPiN 2.6.1.2523-09 Radiation Safety Standards (NRB-99/2009) of 02.07.2009. (In Russian).
 24. The RF Government Directive of 19 October 2012 №1069 «On the Criteria of Ascribing Solid, Liquid and Gaseous Wastes to Radioactive Waste, Criteria of Ascribing Radioactive Waste to the Special Radioactive Waste and to the Removable Radioactive Waste and Criteria of Classification of Removable Radioactive Waste» (In Russian).
 25. Report on the environmental conditions and the natural resource use in the Stavropol Krai in 2017. URL: <http://www.mpr26.ru/deyatelnost/otchet-doklady/o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy-i-prirodopolzovani-v-stavropolskom-krae/> (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 23.12.2020. **Принята к публикации:** 20.01.2021.

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

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 23.12.2020. **Accepted for publication:** 20.01.2021.