

# Мирные ядерные взрывы: проблемы и пути обеспечения радиационной безопасности населения

В.П. Рамзаев, В.С. Репин, Е.В. Храмцов

ФГУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург

*В настоящей статье приводятся обобщенные данные о радиационно-гигиенической обстановке в местах проведения мирных подземных ядерных взрывов «Глобус-1», «Днепр-1,2», «Кристалл», «Кратон-3», «Кратон-1», «Кимберлит-1», «Ангара», «Кварц-3», «Бензол». Рассмотрены критерии и пути обеспечения радиационной безопасности населения, проживающего на территориях, прилегающих к местам проведения взрывов.*

Ключевые слова: мирный подземный ядерный взрыв, радионуклиды, радиоактивное загрязнение, окружающая среда, пищевые продукты, население, дозы облучения, радиационная безопасность, критерии.

## 1. Введение

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 ядерных взрывов в мирных целях (МЯВ). Эти объекты образовались в процессе реализации государственной программы «Ядерные взрывы для народного хозяйства» [1–6]. В ходе выполнения данной программы в период с 15 января 1965 г. (взрыв «Чаган») по 6 сентября 1988 г. (взрыв «Рубин-1») на территории Советского Союза было осуществлено 124 подземных ядерных взрыва. 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. Следует отметить, что использование ядерных взрывных технологий для гражданских целей осуществлялось также в США по программе «Plowshare», в соответствии с которой, было произведено 35 ядерных взрывов [7].

На территории Российской Федерации (РФ) с 1965 по 1988 г. было осуществлено восемьдесят МЯВ [8], а по другим данным – восемьдесят один МЯВ [9]. Места проведения МЯВ расположены на территориях 21 субъекта РФ [8].

Не все МЯВ были осуществлены в штатном режиме – в двух случаях (взрывы «Глобус-1» и «Кратон-3») сообщалось о развитии аварийной ситуации, сопровождавшейся поступлением техногенных радионуклидов на земную поверхность и радиоактивным загрязнением местности [10]. Кроме того, еще на двух площадках (взрывы «Тайга» и «Кристалл») радиоактивное загрязнение местности произошло в соответствии с проектами, предполагавшими приповерхностное перемещение больших масс грунта с образованием радиоактивно загрязненных навалов и воронок [1, 8–10].

Одной из отличительных особенностей мест проведения МЯВ в РФ (по сравнению с США) является то, что все они расположены за пределами атомных полигонов [8], причем многие объекты находятся вблизи от населенных пунктов, а население имеет неограниченный доступ к таким площадкам.

В период 1996–2008 гг. сотрудники ФГУН НИИРГ участвовали в радиационно-гигиенических обследованиях девяти мест проведения МЯВ. Результаты этих исследований представлены в научных отчетах, материалах научных конференций и журнальных публикациях [11–23]. В перечень обследованных объектов входят оба МЯВ, которые сопровождалось развитием аварийных ситуаций: «Глобус-1» (Ивановская область) и «Кратон-3» (Республика Саха (Якутия)). Обследованы также территории и водные объекты вблизи мест выполнения взрывов, проведенных в штатном режиме: «Кристалл» в Республике Саха (Якутия), «Ангара», «Бензол», «Кварц-3», «Кимберлит-1», «Кратон-1» (все пять – в Ханты-Мансийском автономном округе) и объект «Днепр» в Мурманской области.

Назначение и основные технические характеристики МЯВ (по данным работ [1–10]) приведены в таблице 1.

При анализе результатов обследования территорий, прилегающих к местам проведения МЯВ, неизбежно возникала проблема их трактовки в свете требований НРБ-99 [24] и ОСПОРБ-99 [25].

В настоящем сообщении приводится краткая сводка результатов, полученных в ФГУН НИИРГ при обследовании перечисленных выше объектов. Обсуждаются также возможные пути обеспечения радиационной безопасности населения.

## 2. Краткая сводка результатов обследования мест проведения МЯВ

Схема обследования территорий и водных объектов, прилегающих к местам проведения МЯВ, включала в себя: а) определение географических координат элементов ландшафта, сооружений, точек пробоотбора и т.д. с использова-

нием спутниковых навигаторов; б) измерение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в воздухе с помощью гамма-дозиметров; в) идентификацию гамма-излучающих радионуклидов *in situ* методом полевой гамма-спектрометрии [26]; г) отбор проб почвы, воды, грибов, ягод, пищевых продуктов сельскохозяйственного производства, а также других объектов окружающей среды; д) фото- и видеосъемку. Лабораторные исследования отобранных проб включали в себя определение активности гамма-излучающих радионуклидов, стронция-90, плутония и трития. Все анализы были выполнены в аккредитованных лабораториях на поверенном оборудовании. Оценка текущих доз внешнего и внутреннего облучения населения проводилась в соответствии с методикой, изложенной в работе [21]. Уровни потребления отдельных пищевых продуктов оценивались по результатам опросов [21, 27], или же использовались усредненные показатели, характерные для населения РФ в целом [28].

В таблице 2 приведены максимальные (по результатам собственных исследований) значения уровней загрязнения проб почвы (цезием-137 и стронцием-90) и воды (тритием), отобранных в непосредственной близости от мест проведения МЯВ. В этой же таблице приведены консервативные оценки доз (на период обследования) облучения жителей из близлежащих населенных пунктов.

Уровни радиоактивного загрязнения проб почвы и воды в местах проведения взрывов «Бензол», «Кварц-3», «Кимберлит-1», «Кратон-1» [13] соответствовали тем значениям, которые и следовало ожидать в этих широтах от глобальных выпадений, имевших место при проведении испытаний ядерного оружия в атмосфере в период с 1945 до 1980 гг. [29, 30]. Это свидетельствует об отсутствии дополнительного загрязнения близлежащих территорий техногенными радионуклидами за счет названных МЯВ.

Таблица 1

Назначение и некоторые технические характеристики взрывов [1–10]

Взрыв	Дата взрыва	Мощность, кт тротилового эквивалента	Глубина закладки заряда, м	Цель
Глобус-1	19.09.71	2,3	610	Сейсмозондирование земной коры
Днепр-1	04.09.72	2,1	131	Дробление рудного тела
Кристалл	02.10.74	1,7	98	Создание дамбы
Кратон-3	25.08.78	22	577	Сейсмозондирование земной коры
Кратон-1	17.10.78	22	593	Сейсмозондирование земной коры
Кимберлит-1	04.10.79	22	837	Сейсмозондирование земной коры
Ангара	10.12.80	15	2485	Интенсификация нефтеотдачи пластов
Кварц-3	25.08.84	8,5	726	Сейсмозондирование земной коры
Днепр-2	27.08.84	1,7+1,7	175	Дробление рудного тела
Бензол	18.06.85	2.5	2850	Интенсификация нефтеотдачи пластов

Таблица 2

Максимальные значения некоторых показателей, характеризующих радиационную обстановку, и результаты оценки годовых доз облучения взрослого населения из регионов проведения МЯВ, по данным работ [11–23]

Объект	Год обследования	Мощность дозы гамма-излучения*, нЗв/час в воздухе	Содержание цезия-137 в почве, Бк/кг, сухой массы	Содержание стронция-90 в почве, Бк/кг, сухой массы	Содержание трития в воде, Бк/л	Доза облучения населения, мкЗв/год
Глобус-1	2008	2000	170000	276	8900	14,4
Днепр	2008	1230	240	Н.д.	8700	10,7
Кристалл	1996	304*	5200	800	Н.д.	Н.д.
Кристалл	2001	226*	2130	795	99	18,0
Кратон-3	1996	>435*	82000	98700	–	–
Кратон-3	2001	1192*	86700	188000	320	18,0
Кратон-1	2002	92*	7,4	8,1	2,1	2,7
Кимберлит-1	2002	165*	7,7	6,9	6,7	2,7
Ангара	2001	107*	47	21	60	6,4
Ангара	2002	94*	–	–	52000	–
Ангара	2007	92	32	–	320	4,5
Кварц-3	2002	78*	52,8	9,2	5,6	5,9
Кварц-3	2007	64	50,4	–	12,4	5,9
Бензол	2002	106*	96	33	5,2	6,7

\* результат получен путем умножения на 8,7 показаний дозиметров, откалиброванных в мкР/час, с целью сравнения этих данных с показаниями приборов, откалиброванных в нЗв/час.

В отношении объекта «Ангара» было известно только то, что из скважины на поверхность поступал тритий. В 2001 г. несколько повышенное содержание трития (до 60 Бк/л) было обнаружено в близлежащем технологическом пруде и в дождевых лужах, расположенных рядом со скважиной [12]. Однако летом 2002 г. содержание трития в воде близлежащего пруда существенно возросло (до 52 000 Бк/л), что было связано с проведением в феврале 2002 г. инженерных работ на объекте [14]. К 2007 г. удельная активность трития снизилась до 320 Бк/л [15]. Таким образом, пример с объектом «Ангара» подтверждает наличие потенциальной, долговременной радиационной опасности в местах проведения МЯВ.

Примером, характеризующим потенциальную опасность, является и объект «Днепр», который был законсервирован в соответствии с проектом в 1993 г. Из этого объекта, несмотря на изоляционные и реабилитационные работы, выполненные после завершения экспериментов, продолжается вынос на земную поверхность воды с удельной активностью трития, превышающей уровень вмешательства (7700 Бк/л) по НРБ-99. Тритий поступает как с шахтными водами, так и с подземными водами из пробуренных наблюдательных скважин [22]. При этом важно отметить, что после консервации объекта отмечается постепенное снижение удельной активности трития в воде, связанное как с радиоактивным распадом, так и с процессами естественного разбавления.

На аварийном объекте «Глобус-1» неоднократно проводились дезактивационные и реабилитационные работы [1–6]. Тем не менее, радиационная обстановка на данном объекте не может быть охарактеризована как нормальная. Удельная активность цезия-137 во всех пробах почвы (18 образцов), отобранных на объекте «Глобус-1» в 2008 г., находилась в диапазоне от 6000 до 170 000 Бк/кг сухой массы почвы [22]. В большинстве отобранных проб почвы удельная активность цезия-137 превышала минимально значимую удельную активность (МЗУА), которая в соответствии с Приложением П-4 НРБ-99 [24] составляет для этого радионуклида 10 Бк/г (10000 Бк/кг). В соответствии с пунктом 3.12.1 ОСПОРБ-99 [25], материалы с такой удельной активностью могут быть отнесены к категории твердых радиоактивных отходов. Распределение цезия-137 по глубине в трех обследованных точках на промплощадке «Глобус-1» было неравномерным, причем максимальные уровни загрязнения были обнаружены не в поверхностных, а в более глубоких слоях почвы. Такой профиль распределения активности, по-видимому, отражает довольно сложную историю перемещения грунтов на промплощадке. Оценочные расчеты уровней поверхностного загрязнения территории, прилегающей к объекту, показали, что плотность загрязнения цезием-137 изменяется от 3,5 до 40 МБк/м<sup>2</sup>, а общая площадь загрязненной территории близка к 2 га [22]. Вокруг объекта «Глобус-1» имеется несколько открытых исследовательских скважин. Удельные активности цезия-137 и стронция-90 в воде одной из таких скважин оказались равными 9900 и 4800 Бк/л соответственно [22]. Эти величины существенно превышают уровни вмешательства, принятые в НРБ-99 [24].

В настоящее время объект «Глобус-1» не имеет ограждений и знаков, предупреждающих о радиационной опасности. В последние годы на объекте начаты экспериментальные работы по изучению миграции радионук-

лидов с грунтовыми водами, для этого пробурены наблюдательные скважины [22].

Аварийный объект «Кратон-3» является наиболее протяженным и загрязненным из всех изученных нами объектов МЯВ. Площадь пораженного леса (~100% гибель деревьев) составляет около 1,2 км<sup>2</sup> [23]. В настоящее время след имеет длину не менее 3,5 км. Радиационное воздействие оказалось столь мощным, что погибли не только высшие растения, но также лишайники, более устойчивые к облучению [19]. В 2001–2002 г. внутри пораженного леса и на промплощадке плотность поверхностного загрязнения почвы по цезию-137 колебалась от 1,7 до 6890 кБк/м<sup>2</sup>, а по стронцию-90 – от 21 до 15 300 кБк/м<sup>2</sup> [18, 20]. Особенностью радиоактивного загрязнения почвы на объекте «Кратон-3» является заметное преобладание стронция-90 по отношению к цезию-137 на большинстве обследованных участков [20]. В 2001–2002 г. на объекте были найдены фарфоровые изоляторы, которые постоянно находились на загрязненной территории с момента проведения эксперимента «Кратон-3». По данным термолюминесцентной дозиметрии накопленные (с момента прохождения радиоактивного облака и до 2002 г.) дозы внешнего гамма-излучения в изоляторах составляют от 1,2 до 10 Гр [17].

В 1981 г. на промплощадке объекта «Кратон-3» были проведены дезактивационные работы [10]. Основная часть загрязненного оборудования и верхний слой почвы были захоронены в траншеи. В 2007 г. центральная часть промплощадки, включая зону боевой скважины и могильники, была покрыта слоем гальки (толщиной 1,7 м) и двумя слоями синтетического тканевого материала. По периферии пораженного леса размещены знаки радиационной опасности [23]. На протяжении последних 18 лет и по настоящее время объект является местом пристального интереса различных научно-исследовательских учреждений [23]. Организовано проведение долговременных экспериментов.

Радиационно-гигиенический аспект проблемы МЯВ связан также с тем, что радиоактивно загрязненные предметы с места проведения взрыва могут попасть в населенные пункты. Так, после аварии на объекте «Кратон-3» из зоны радиоактивного загрязнения было вывезено работоспособное оборудование (подъемное устройство) и установлено в п. Айхал на одной из обычных промплощадок. В 2001 г. с поверхности этого оборудования экспедицией НИИРГ был отобран соскоб. Содержание радионуклидов цезия-137, стронция-90 и плутония-239+240 в пробе соскоба составило, соответственно, 172, 430 и 4,8 Бк/г [16]. Таким образом, уровни загрязнения пробы соскоба этими радионуклидами значительно превышали соответствующие значения МЗУА по НРБ-99. В момент пробоотбора на данном оборудовании не было никаких указателей о наличии радиационной опасности.

Взрыв «Кристалл», предназначенный для создания плотины, привел к запланированному загрязнению окружающей среды долгоживущими радионуклидами – цезием-137, стронцием-90 и изотопами плутония, причем в отдельных пробах почвы, уровни загрязнения почвы плутонием-239+240 были столь высокими, что позволяли рассматривать такие объекты как радиоактивные отходы [31]. Взрыв «Кристалл» вызвал гибель деревьев и кустарников на территории около 5 га. В 1992 и в 2006 г. на объекте «Кристалл» были выполнены крупномасштабные защитные мероприятия. Воронка взрыва и наиболее загрязненные участки прилегающей тер-

ритории в настоящее время покрыты каменной насыпью толщиной от 7 до 20 м и диаметром около 240 м [32]. На объекте имеется ограждение; выставлены знаки, предупреждающие о радиационной опасности.

Содержание цезия-137 и стронция-90 в пробах пищевых продуктов природного (грибы, ягоды, рыба, дикие млекопитающие и птицы) и сельскохозяйственного (молоко, картофель, мясо) происхождения, полученных с территорий, которые примыкают к местам проведения обследованных нами МЯВ, во всех случаях (за исключением отдельных проб грибов с объекта «Кратон-3») не превышали десятых долей от пределов, регламентируемых СанПиН-01 [28].

По результатам обследований мест проведения МЯВ и близлежащих населенных пунктов были рассчитаны дозы облучения для отдельных лиц из населения (см. табл. 2). В большинстве случаев суммарные дозы были незначимыми – менее 10 мкЗв/год. В то же время дозы, оцененные нами для жителей населенных пунктов Айхал и Удачный (Республика Саха (Якутия)), оказались значимыми – около 18 мкЗв/год, что объясняется потреблением оленины, загрязненной цезием-137 от глобальных выпадений [21].

### **3. Анализ возможных критериев обеспечения радиационной безопасности населения в местах проведения МЯВ в зависимости от статуса объекта и прилегающей территории**

По воздействию на население мирные ядерные взрывы являются как источниками потенциального облучения, так и источниками текущего облучения за счет радионуклидов, вышедших или выходящих на поверхность Земли.

В первом случае потенциальная опасность МЯВ оценивается для наиболее вероятных сценариев изменения состояния объекта, реализация которых приведет к облучению людей.

При загрязнении территории радионуклидами опасность объекта может оцениваться по ряду показателей:

- по величине дозы облучения лиц из критической группы населения;
- по уровню радиоактивного загрязнения почвы, растительности, пищевых продуктов, воды;
- по скорости перемещения радиоактивных продуктов от места взрыва в водоносные горизонты, водоемы, реки или посредством воздушного переноса на другие территории.

В зависимости от статуса радиационного объекта или величины радиоактивного загрязнения территории, в соответствии с существующими нормативно-методическими документами, на него могут распространяться различные требования, необходимые для обеспечения радиационной безопасности и применяться соответствующие критерии, обеспечивающие выполнение этих требований.

#### **3.1. Критерии радиационной безопасности для могильников радиоактивных отходов**

Для камуфлетных подземных ядерных взрывов, когда дальнейшее использование полости взрыва или полезного эффекта воздействия взрыва не предусматривается, единственным аналогом радиационного объекта, для которого нормативные требования уже определены [33], является могильник радиоактивных отходов (РАО).

Целью захоронения РАО является окончательное решение проблемы отходов, при условии обеспечения на длительный срок защиты населения и окружающей

среды от возможного ущерба. При этом извлечение захороненных отходов не предполагается.

В соответствии с ОСПОРБ-99 [25], для населения, проживающего в районах, прилегающих к местам захоронения РАО, вводится квота на годовую эффективную дозу, которая составляет 10 мкЗв/год. Современный подход к обращению с РАО базируется на том, что вся система обращения с отходами направлена на освобождение от контроля.

К сожалению, полости камуфлетных ядерных взрывов не соответствуют жестким требованиям, предъявляемым к могильникам радиоактивных отходов, как по геологическим признакам, так и по надежности барьеров, предотвращающих поступление радионуклидов в водоносные горизонты или на поверхность Земли. Принцип обращения с радиоактивными отходами «Захоронил и забыл» не может быть применен в данном случае, поскольку за объектами МЯВ необходимо осуществлять контроль. Кроме того, на ряде объектов полости подземных ядерных взрывов используются в народно-хозяйственных целях, например, для хранения газоконденсата [1–6]. Для таких объектов принцип «Захоронил и забыл» вообще не применим.

#### **3.2. Критерии радиационной безопасности для случая радиоактивного загрязнения территории**

В соответствии со справочным Приложением №5 НРБ-99 [24], защита населения на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, осуществляется путем вмешательства.

Различают понятия «загрязнение в результате аварии» и «локальное загрязнение, возникшее как последствие прежней плановой деятельности».

Если в результате аварийного радиоактивного загрязнения территории доза облучения населения не превышает 1 мЗв в год, то проживание и хозяйственная деятельность на такой территории по радиационному фактору не ограничивается. На таких территориях проводится обычный радиационный контроль, по результатам которого оценивается доза облучения населения.

Для участка локального радиоактивного загрязнения устанавливается два критерия: уровень исследования и уровень вмешательства. В диапазоне годовой дозы от 10 мкЗв до 0,3 мЗв требуется выполнить исследование источника радиоактивного загрязнения и определить величину годовой дозы, а также ожидаемой дозы за 70 лет. Если доза облучения превышает 0,3 мЗв/год, то требуется проведение защитных мероприятий.

Каждая территория, прилегающая к месту проведения МЯВ, где радиоактивные продукты вышли на поверхность Земли и зафиксировались, может быть квалифицирована как территория, имеющая локальное радиоактивное загрязнение.

Вопрос применимости всех названных критериев к объектам МЯВ остается открытым, поскольку Приложение №5 НРБ-99 имеет справочный характер.

Еще одним критерием радиационного благополучия территории являются допустимые уровни загрязнения пищевых продуктов, регламентируемые СанПиН 2.3.2.1078–01 [28]. По нашим данным, только на объекте «Кратон-3» отмечалось повышенное (более 2500 Бк/кг сухого веса) содержание цезия-137 в грибах.

Что касается эффективных доз облучения населения, то, как показали расчеты, они могут превысить пренебрежимо малую величину 10 мкЗв/год, а значит, на такой территории необходимо проводить исследования.

Рассматривая некую территорию как зону с локальным радиоактивным загрязнением, необходимо иметь в виду, что в случае МЯВ, наряду с радиоактивным загрязнением поверхности, имеется еще радиоактивное загрязнение подземных сред. Кроме того, для почвы и других объектов окружающей среды, подпадающих под категорию радиоактивных отходов, возникает проблема удаления этих объектов. Появляется и проблема выбора места захоронения таких объектов. Одним из вариантов захоронения может быть устройство поверхностного могильника на этой же загрязненной территории в пределах горного отвода, но в таких случаях вокруг объекта требуется установить санитарно-защитную зону, зону наблюдения и обеспечить режим ограничений.

### **3.3. Критерии безопасности для радиационного объекта**

С позиций текущей хозяйственной значимости, все места проведения МЯВ можно разделить на две большие группы: объекты, используемые по своему прямому назначению в соответствии с проектом для данного МЯВ, и неиспользуемые объекты.

#### *3.3.1. Неиспользуемые объекты*

Если объект, образовавшийся в результате применения ядерно-взрывных технологий, квалифицировать как обычный радиационный объект, не имеющий хозяйственного значения, то категория потенциальной опасности такого объекта зависит от:

- 1) радиоактивности, находящейся в недрах;
- 2) радиоактивности, находящейся на поверхности Земли;
- 3) радиоактивности, выносимой на поверхность Земли;
- 4) величины стока радиоактивности с поверхности Земли за счет горизонтальной и вертикальной миграции;
- 5) вида хозяйственной деятельности, которая осуществляется на территории, прилегающей к объекту.

Для обеспечения радиационной безопасности населения такой объект (с учетом загрязнения подземных сред) в общем случае должен включать:

- а) горный отвод;
- б) санитарно-защитную зону;
- в) зону наблюдения;

Кроме того, в отношении такого объекта в соответствии со статьей 13 Федерального закона № 3-ФЗ от 09.01.1996 «О радиационной безопасности населения» должна осуществляться оценка состояния радиационной безопасности. Эта оценка проводится по следующим основным показателям:

- 1) характеристике радиоактивного загрязнения окружающей среды;
- 2) анализу обеспечения мероприятий по радиационной безопасности и по выполнению норм, правил и гигиенических нормативов в области радиационной безопасности;
- 3) вероятности радиационных аварий и их масштабу;

4) степени готовности к эффективной ликвидации радиационных аварий и их последствий;

5) анализу доз облучения, получаемых отдельными группами населения от всех источников ионизирующего излучения;

6) числу лиц, подвергающихся облучению выше установленных пределов доз облучения.

Результаты этой оценки должны ежегодно заноситься в радиационно-гигиенический паспорт объекта.

Дополнительно укажем, что, в принципе, даже неиспользуемые в хозяйственной деятельности места проведения МЯВ представляют интерес с точки зрения получения новой научно-исследовательской информации, и поэтому их не следует рассматривать как абсолютно бесполезные объекты.

#### *3.3.2. Используемые объекты*

К используемым объектам, образовавшимся после проведения мирных ядерных взрывов, могут быть отнесены площадки добычи нефти из пластов, подвергшихся стимулированию нефтеотдачи посредством подземного ядерного взрыва, и подземные полости для хранения газоконденсата.

На таких объектах, кроме общей оценки состояния радиационной обстановки, требуется контроль содержания техногенных радионуклидов в продукции и отходах, а также определение величин доз облучения работников.

В отношении реализации продукции возникает дополнительная проблема, связанная с отсутствием гигиенических нормативов радиоактивного загрязнения такой продукции.

### **4. Пути практического решения проблемы обеспечения радиационной безопасности населения в местах проведения МЯВ**

Из представленного выше обсуждения видно, что сложность практического решения проблемы обеспечения радиационной безопасности населения, проживающего на территориях, прилегающих к местам проведения мирных ядерных взрывов, заключается не только в неопределенности юридического статуса этих объектов, но и в отсутствии установленных критериев, на основе которых можно было бы принимать меры по минимизации уровней загрязнения территории техногенными радионуклидами и доз облучения населения за счет данных объектов.

При оценке радиационной опасности МЯВ речь идет, как правило, об облучении очень ограниченной группы лиц, которые могут получить дополнительную дозу или за счет пребывания на данной территории, или в результате развития гипотетического сценария, который может привести к дополнительному облучению людей. Это не означает, однако, что проблема МЯВ находится вне поля зрения органов власти и населения, а также средств массовой информации. Напротив, как показывают последние опросы местного населения и анализ печатных и электронных СМИ [34], социальная острота ситуации вокруг объектов МЯВ сохраняется. Это обстоятельство является дополнительным аргументом важности оценки радиационной обстановки на объектах МЯВ и необходимости информирования местной администрации и населения о состоянии объектов.

В этой связи решение проблемы МЯВ как источников потенциального облучения видится в организации регулярного мониторинга территорий, прилегающих к объекту, включая водные объекты, с целью выявления отклонений в радиационной обстановке и принятия своевременных мер по локализации распространения радиоактивности. Особенно важно контролировать подземные водные горизонты, поскольку процесс выноса радиоактивности из полости взрыва на поверхность Земли, в первую очередь, приведет к их радиоактивному загрязнению. Оборудование объектов наблюдательными скважинами позволит своевременно регистрировать факты утечки радионуклидов. Для проблемных взрывов (аварийных, приповерхностных, газоконденсатных хранилищ, с утечкой радионуклидов) мониторинг в особенности необходим для наблюдения за динамикой радиационной обстановки, а также для оценки доз облучения критических групп населения.

С тем, чтобы выяснить, какие конкретные меры необходимо предпринять для обеспечения радиационной безопасности населения, в настоящее время выполняется радиационно-гигиеническая оценка последствий наиболее проблемных МЯВ и определяется перечень показателей, посредством которых может быть определена доза облучения критической группы населения. Результаты выполненных исследований должны стать основой для разработки методических рекомендаций по радиационно-гигиеническому обследованию территории для всех объектов, образовавшихся в результате применения ядерно-взрывных технологий, по выбору критических групп и оценке доз облучения этих групп населения. Планируется разработка методических рекомендаций по заполнению радиационно-гигиенического паспорта объектов, образовавшихся в результате применения ядерно-взрывных технологий. Такой документ может позволить зафиксировать текущее состояние и динамику развития радиационно-гигиенической обстановки на прилегающих территориях и при необходимости дать рекомендации по мерам обеспечения радиационной безопасности.

В действующих нормах радиационной безопасности (НРБ-99) и основных санитарных правилах обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99) отсутствует понятие «мирный ядерный взрыв» или «объект, образовавшийся в результате применения ядерно-взрывных технологий для народно-хозяйственных целей». Представляется достаточно актуальным предусмотреть в новых НРБ (или ОСПОРБ) выделение такой категории объектов, к которым можно было бы однозначно отнести объекты МЯВ.

В заключение отметим, что решение проблемы обеспечения радиационной безопасности населения, проживающего вблизи мест проведения МЯВ, выходит далеко за рамки возможностей регулирования только санитарными правилами. Статус радиационного объекта, образовавшегося в результате применения ядерно-взрывных технологий в мирных целях, не определен не только нормативными, но и законодательными документами, в частности, не установлены собственники данных объектов. Комплексное решение проблемы МЯВ видится в тесном взаимодействии органов Роспотребнадзора, ФМБА, Росатома, Ростехнадзора, Минприроды и других ведомств. Некоторые конкретные предложения по внесению кор-

ректив в соответствующие законодательные и нормативные документы уже сформулированы в организациях, причастных к проведению МЯВ [8].

## Литература

1. 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.
2. Современная радиозокологическая обстановка в местах проведения мирных ядерных взрывов на территории Российской Федерации / Кол. авторов под рук. проф. В.А. Логачева. М.: Изд. АТ, 2005. 256 с.
3. Ядерные взрывы в СССР и их влияние на здоровье населения Российской Федерации / Кол. авторов под рук. проф. В.А. Логачева. М.: Изд. АТ, 2008. 470 с.
4. Андрушин И.А. Использование ядерных взрывов в мирных целях в СССР / И.А. Андрушин, Ю.А. Трутнев, А.К. Чернышев // «Атом-пресса», 2005. № 12.
5. Ядерные взрывы в СССР. Мирное использование подземных ядерных взрывов / Под ред. В.Н. Михайлова. М.: Минатом России, 1994. Выпуск 4. 162 с.
6. Ядерные испытания СССР. Использование ядерных взрывов для решения народнохозяйственных задач и научных исследований / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова. РФЯЦ ВНИИЭФ. Саров, 2000. Том 4. 200 с.
7. Linking legacies. Connecting the cold war nuclear weapons production processes to their environmental consequences: Report DOE/EM-0319 of U.S. Department of Energy. Office of Environmental Management, 1997. 230 p.
8. Агапов А.М. Проблемы технического и правового статуса объектов проведенных подземных ядерных взрывов в мирных целях / А.М. Агапов [и др.] // Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий: Труды Международной конференции: под ред. Ю.А. Израэля (Москва 5–6 декабря 2005 г.). Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2006. Т. 3. с. 408–414.
9. Касаткин В.В. Состояние радиационной безопасности объектов мирных ядерных взрывов на территории РС (Я) / В.В. Касаткин [и др.] // Радиационная безопасность Республики Саха (Якутия): Материалы II республиканской научно-практической конференции (16–18 декабря 2003. Якутск). Якутск: ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН», 2004. с. 82–100.
10. Мясников К.В. Аварийные ситуации на объектах мирных ядерных взрывов в России / К.В. Мясников [и др.] // Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях: Труды Международной конференции: под ред. Ю.А. Израэля (Москва 24–26 апреля 2000 г.). Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2000. Т. 1. С. 594–600.
11. Miretsky G.I. Hygienic assessment of underground peaceful nuclear explosions in Russian Arctic / G.I. Miretsky [et al.]: The Third International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic (Tromso, Norway, June 1–5, 1997): Extended abstracts: TROMSPRODUCT AS, Tromso. vol. 2. P. 152–155.
12. Исследование радиационной обстановки вблизи ОПЯВ «АНГАРА», проведение его радиационно-гигиенической паспортизации и предварительная оценка возможных доз облучения: Отчет ООО НТЦ РАДОМИР. С. Петербург, 2001.– 43 с.
13. Исследование радиационной обстановки вблизи ОПЯВ «Кратон-1», «Кимберлит-1», «Бензол» и «Кварц-3» и предварительная оценка возможных доз облучения населения: Отчет ООО НТЦ РАДОМИР. С. Петербург, 2002. 81 с.
14. О результатах радиационно-гигиенического обследования в августе 2002 г. территории, примыкающей к скважине 112 (ОПЯВ «АНГАРА»): Отчет ООО НТЦ РАДОМИР. С.Петербург, 2002. 10 с.
15. Выполнение комплекса мероприятий по организации и проведению радиационного мониторинга на территории автономного округа в 2007 году, необходимого для составления радиационно-гигиенического паспорта Хан-

- ты-Мансийского автономного округа – Югры. Том 3. Проведение комплексных радиационных обследований на объектах подземных ядерных взрывов (ОПЯВ): «Ангара», расположенного в Октябрьском районе и «Кварц-3», расположенного в Сургутском районе: Отчет ООО НТЦ ЭКО-РАНТ. С.Петербург, 2007. 41 с.
16. Гедеонов А.Д. Идентификация природы радиоактивного загрязнения подъемного устройства в п. Айхал / А.Д. Гедеонов [и др.] // Радиационная безопасность Республики Саха (Якутия): Материалы II республиканской научно-практической конференции (16–18 декабря 2003. Якутск). Якутск: ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН», 2004. с. 180–182.
  17. Ramzaev V. Cumulative dose assessment using thermoluminescence properties of porcelain isolators as evidence of a severe radiation accident in the Republic of Sakha (Yakutia), Russia, 1978 / V. Ramzaev, H.Y. Goksu // Health Physics, 2006. V. 91, № 3. P. 263–269.
  18. Ramzaev V. Surface ground contamination and soil vertical distribution of <sup>137</sup>Cs around two underground nuclear explosion sites in the Asian Arctic, Russia / V. Ramzaev [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity, 2007. V. 92, № 3. P. 123–143.
  19. Ramzaev V. <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in live and dead reindeer lichens (genera *Cladonia*) from the «Kraton-3» underground nuclear explosion site / V. Ramzaev [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity, 2007. V. 93, № 2. P. 84–99.
  20. Ramzaev V. Radiostromium hot spot in the Russian Arctic: ground surface contamination by <sup>90</sup>Sr at the «Kraton-3» underground nuclear explosion site / V. Ramzaev [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity, 2007. V. 95, № 2–3. P. 107–125.
  21. Рамзаев В.П. О влиянии подземных ядерных взрывов «Кратон-3» и «Кристалл» на радиационно-гигиеническую обстановку в близлежащих населенных пунктах / В.П. Рамзаев [и др.] // Радиационная гигиена, 2008. Т. 1, № 2 С. 14–19.
  22. Радиационно-гигиеническое обследование территорий, прилегающих к местам проведения мирных ядерных взрывов, сопровождавшихся выходом на поверхность радионуклидов и разработка критериев и условий обеспечения безопасности населения: Отчет ФГУН НИИРГ. С. Петербург, 2008. 200 с.
  23. Ramzaev V. Radioecological studies at the Kraton-3 underground nuclear explosion site in 1978–2007: a review / V. Ramzaev [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity. doi: 10.1016/j.jenvrad.2009.04.002.
  24. 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.
  25. Санитарные правила. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). СП 2.6.1.799-99: утв. 27.12.1999. Взамен ОСП-72/87. М.: Минздрав России, 2000. 98 с.
  26. International Commission on Radiation Units and Measurements: Report 53. Gamma-ray spectrometry in the environment / ICRU, 1994.
  27. Travnikova I. Assessment of current exposure levels in different population groups of the Kola Peninsula / I. Travnikova [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity, 2002. V. 60, № 1–2. P. 235–248.
  28. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (СанПиН 2.3.2.1078–01): утв. 14.11.2001. Взамен СанПиН 2.3.2.560-96. М.: Минздрав России, 2002. 168 с.
  29. UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation: 2000 Report to the General Assembly with Scientific Annexes: Sources / United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York: United Nations. 2000. Volume 1.
  30. UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1982. Ionizing radiation: Sources and biological effects: 1982 Report to the General Assembly (with Annexes) / United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York: United Nations. 1982.
  31. Gedeonov A.D. Residual radioactive contamination at the peaceful underground nuclear explosion sites «Kraton-3» and «Crystal» in the Republic of Sakha (Yakutia) / A.D. Gedeonov [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity, 2002. V. 60, № 1–2. P. 221–234.
  32. Мониторинг загрязнения искусственными радионуклидами компонентов окружающей среды, подземных и поверхностных вод в зоне мирного подземного ядерного взрыва «Кристалл» (Мирнинский район) : Отчет ИБПК СО РАН. Якутск, 2007. 88 с.
  33. Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002). СП 2.6.6.1168-02: утв. 16.10.2002. Взамен СПОРО-85. М.: Минздрав России, 2002. 56 с.
  34. Архангельская Г.В. Субъективные оценки радиационного риска на территориях, прилегающих к местам проведения мирных ядерных взрывов / Г.В. Архангельская [и др.] // Радиационная гигиена, 2009. Т. 2, № 2. Деп. 05.05.2009 г.

V.P. Ramzaev, V.S. Repin, E.V. Khramtsov

### Peaceful underground nuclear explosions: current issues on radiation safety for general public

Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev» of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Saint-Petersburg

*Abstract. The paper contains brief summary of original and published radiological data relevant to the sites of peaceful underground nuclear explosions: «Globus-1», «Dnepr-1,2», «Crystal», «Kraton-3», «Kraton-1», «Kimberlit-1», «Angara», «Quartz-3», «Benzol». The criteria for the guaranties of radiation safety for general public are considered.*

*Key words: peaceful underground nuclear explosion, radionuclides, contamination, environment, food, population, exposure, dose, radiation safety, criteria.*

Поступила 14.05.2009 г.

В.П. Рамзаев  
Тел: (812) 232-04-54;  
E-mail: V.Ramzaev@mail.ru