

М.И. Грачев, Ю.А. Саленко, Г.П. Фролов, Б.Б. Мороз**К ВОПРОСУ КАТЕГОРИРОВАНИЯ УГРОЗ РАДИОЛОГИЧЕСКОГО ТЕРРОРИЗМА**

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. E-mail: salenkoua@gmail.com

М.И. Грачев – в.н.с., к.м.н.; Ю.А. Саленко – зав. отделом, доцент, к.м.н.; Г.П. Фролов – с.н.с.;
Б.Б. Мороз – зав. лаб., академик РАН**Реферат**

Цель: Разработка подходов к категорированию (ранжированию) угроз радиологического терроризма (РТ) на основе экспертной оценки возможности (вероятности) реализации тех или иных сценариев РТ и их медико-санитарных последствий.

Результаты: Выделено пять категорий угроз РТ. К первой (самой опасной) категории угроз отнесены ситуации, связанные с применением устройств диспергирования радионуклидов (УДР), включая «грязную бомбу». Показано, что для создания потенциальной угрозы облучения людей на уровне порогов детерминированных эффектов может потребоваться активность радионуклидов в УДР в диапазоне нескольких сотен ТБк. Ко второй категории угроз отнесены сценарии РТ, связанные с размещением мощных радионуклидных источников в местах постоянного или массового пребывания людей. К третьей категории угроз отнесены ситуации, когда радионуклидные источники злонамеренно помещают в технологическое оборудование и процессы, что приводит к радиоактивному загрязнению окружающей среды, промышленных и социально значимых объектов (станций водоподготовки, складов продуктов питания и сырья), выпускаемой продукции. Показано, что в случае реализации подобных сценариев РТ вряд ли будут достигнуты дозовые критерии, требующие проведения защитных мер в отношении населения. К четвертой категории угроз отнесено физическое воздействие на радиоактивные материалы в составе ядерных реакторов, бассейнов выдержки тепловыделяющих элементов, хранилищ радиоактивных отходов. К пятой категории угроз отнесены сценарии РТ, связанные с применением террористами самодельного ядерного устройства или ядерного оружия.

Заключение: Угрозы РТ категории I–III, учитывая сочетание возможности реализации сценариев РТ и масштабов медико-санитарных последствий, оцениваются как относительно высокие. Угрозы РТ категории IV и V в силу крайне низкой вероятности их реализации имеют наименьший рейтинг, несмотря на большой и даже катастрофичный характер последствий.

Ключевые слова: радиологический терроризм, категорирование угроз, медико-санитарные последствия, «грязная бомба», радиационные поражения, радиоактивное загрязнение

Поступила: 27.03.2019. Принята к публикации: 09.10.2019

Введение

Анализ и категорирование угроз радиологического терроризма (РТ) являются предметом дискуссии и противоречивых мнений, высказываемых, с одной стороны, политологами, аналитиками в области стратегических исследований по безопасности и международному терроризму, и с другой – ядерными физиками и атомными технологами. Однако данная проблема является весьма актуальной, поскольку затрагивает основы комплексного решения вопросов антитеррористической готовности, в том числе – по вопросам медико-санитарного обеспечения. Важно отметить, что как недооценка, так и переоценка угроз РТ могут отрицательным образом сказаться на правильном выборе ключевых решений и распределении имеющихся ресурсов. Неоправданно завышенная оценка угроз может привести к социальной напряженности и страху в обществе, что в известной степени способствует реализации основной целевой установки терроризма [1, 2].

В отличие от категорий угроз, рассматриваемых МАГАТЭ в случае аварийных ситуаций [3, 4], оценка угроз РТ в силу значительных неопределенностей физического и ситуационного характера носит, в основном, качественный, экспертный характер. В то же время МКРЗ и МАГАТЭ при подготовке практических руководств уделяют рассматриваемой проблеме значимое место. Так, в документе IAEA-TECDOC-953 [5] предложена классификация радиологических террористических угроз, которые подразделяются на два

вида – конкретные и неконкретные. Под конкретной угрозой понимается достоверная информация, мотивы и реальные возможности совершения террористического акта. Неконкретная угроза связана с получением косвенной информации, обнаружении пропажи или хищения радиоактивного или ядерного материала, а также с получением разведывательных данных от других государств.

Учитывая важность и актуальность рассматриваемой проблемы, целью исследования явилась разработка подходов к категорированию (ранжированию) угроз РТ на основе экспертной оценки возможности реализации тех или иных сценариев РТ и их медико-санитарных последствий.

Категорирование угроз РТ

По нашему мнению, реагирование на чрезвычайную ситуацию, связанную с применением радиоактивных материалов (РАМ) в террористических целях, в отличие от реагирования на радиационные аварии, имеет ряд существенных особенностей. Неопределенности, связанные с местом и временем совершения террористических действий, существенно затрудняют построение общей системы планирования защитных и медицинских мероприятий. Так, например, в процедуре прогноза радиационной обстановки в случае РТ, как правило, отсутствуют анализ исходного события и оценка параметров источника радиационной опасности. Начальным условием реагирования на радиологический террористический акт может служить обнаружение аномально высокого радиационного фона

(излучения) или обращение людей в лечебное учреждение с симптоматикой лучевого поражения (в случае скрытного применения террористами РМ). К известным особенностям, характеризующим использование РМ в террористических целях, следует также отнести ведущую роль данных, получаемых в ходе радиационной разведки [6].

В Публикации 96 МКРЗ 2006 г. высказано предположение о девяти потенциальных сценариях применения РМ (включая ядерные материалы) в террористических целях [7].

Исходя из медико-биологических и дозиметрических критериев, основные факторы радиационного воздействия на людей при оценке угроз РТ могут рассматриваться в рамках двух групп сценариев.

К первой группе можно отнести:

- рассеяние диспергированного РМ. Наиболее часто рассматриваемый сценарий – это применение так называемой «грязной бомбы»¹;
- использование мощных радионуклидных источников (РНИ), представляющих угрозу здоровью и жизни в результате внешнего относительно равномерного или неравномерного γ -облучения тела или органов и тканей;
- внешнее, в основном взрывное, воздействие на радиационно опасные объекты, например, на реакторную установку или хранилище высокоактивных радиоактивных отходов. К этой же группе событий условно могут быть отнесены ситуации внешнего воздействия на ядерные боеприпасы и средства их доставки. Известны аварийные ситуации с круше-

нием бомбардировщиков с ядерным оружием на борту, приведшие к радиоактивному загрязнению местности и морской среды плутонием [8].

Ко второй группе могут быть отнесены сценарии, при которых, как правило, не удается достичь значимых доз облучения людей. Указанные сценарии связаны с возможностью радиоактивного загрязнения различных объектов окружающей среды, критичных с точки зрения нормальной жизнедеятельности человека. Такими объектами могут являться резервуары питьевой воды, станции водоподготовки, зернохранилища, склады и комбинаты пищевой промышленности и др.

В табл. 1 и 2 представлена предлагаемая нами систематизация категорий угроз различных сценариев РТ. Категории угроз ранжированы с учетом экспертной оценки возможности реализации данного сценария (табл. 1) и его медико-санитарных последствий (табл. 2). При этом под медико-санитарными последствиями, кроме сугубо медицинских (радиологических), понимаются также санитарно-эпидемиологические и социально-психологические последствия РТ, такие как ограничение снабжения больших групп населения водой или продуктами питания, прекращение эксплуатации транспортной инфраструктуры, значимых общественных и культурных центров в случае их радиоактивного загрязнения.

Необходимо подчеркнуть, что оценка медико-санитарных последствий актов РТ в соответствии с приведенными сценариями носит весьма приблизительный характер. При этом вряд ли целесообразно проводить конкретное, достаточно сложное моделирование путей и факторов радиационного воздействия, поскольку задаваемые параметры во многом носят гипотетический, неопределенный характер.

¹ «Грязная бомба» состоит из контейнера с РМ и взрывчатого вещества, при подрыве которой происходит рассеяние (диспергирование) РМ взрывной волной.

Таблица 1

Сценарии радиологического терроризма и возможности их реализации

Категория угрозы*	Сценарий	Возможность реализации
I	Применение устройств диспергирования радионуклидов, включая «грязную бомбу»	Наиболее часто рассматриваемый сценарий РТ
II	Применение мощных РНИ без защитного контейнера	Указанный сценарий необходимо рассматривать при обнаружении аномально высокого радиационного фона и/или обращении людей за медицинской помощью
III	Радиоактивное загрязнение воздуха помещений и общественных сооружений, промышленных объектов, источников питьевого водоснабжения и станций водоподготовки, складов продуктов питания и сырья, комбинатов и фабрик по их изготовлению	Требуется предварительная оценка активности РМ, необходимой для достижения этой угрозы. Нельзя исключать большие экономические потери в связи с временным выводом из эксплуатации промышленных объектов и элементов инфраструктуры
IV	Внешнее (физическое) разрушающее воздействие на РМ в составе энергетических и промышленных ядерных реакторов, бассейнов выдержки тепловыделяющих элементов, хранилищ радиоактивных отходов, а также при транспортировании РМ	В связи с наличием систем обеспечения физической и ядерной безопасности, государственной системы контроля и учета РМ, включая их перемещение, возможность реализации данного сценария является низкой или крайне низкой
V	Применение террористами самодельного ядерного устройства (СЯУ) или ядерного оружия	По нашему мнению, изготовить и применить СЯУ практически невозможно. В то же время имевшие место нарушения и аварии при транспортировании ядерных боеприпасов являются одной из причин, по которой данные угрозы не могут быть полностью исключены

Примечание: * – Категорирование угроз учитывает возможность как реализации данного сценария, так и одновременно оцениваемые медико-санитарные последствия. Так, например, технические возможности применения мощных РНИ являются, на наш взгляд, более реалистичными по сравнению со сценарием так называемой «грязной бомбы». Однако медико-санитарные последствия (не только радиологические) во втором случае могут быть более тяжелыми и масштабными по сравнению с применением РНИ. Поэтому для сценария «грязной бомбы» присвоена I категория угрозы.

Таблица 2

Категорирование угроз радиологического терроризма в зависимости от медико-санитарных последствий

Категория угрозы	Медико-санитарные последствия (в соответствии со сценариями в табл. 1)	Число вовлеченных и пострадавших лиц	Объем медико-санитарных мероприятий
I	Возможно превышение порогов детерминированных эффектов. Основными факторами радиационного воздействия являются: • внешнее равномерное γ -облучение от загрязненных поверхностей и территории; • внешнее неравномерное γ -облучение от фрагментов «грязной бомбы»; • внутреннее облучение при ингаляционном поступлении радионуклидов	Максимально, несколько десятков человек, находившихся в радиусе до 50–100 м от места взрыва «грязной бомбы». В случае создания высоких локальных уровней радиоактивного загрязнения территории возможно внешнее облучение небольшого числа людей и высокие дозы β - γ -облучения кожи в результате поверхностного загрязнения	Нельзя исключать необходимость в проведении защитных мер, ограничительных и медико-санитарных мероприятий. Возможно, потребуются проведение санитарной обработки и массового дозиметрического обследования населения
	Превышение дозовых критериев проведения срочных защитных мероприятий	От сотен до нескольких тысяч человек (в случае крупного города)	
	Травматические (взрывные) повреждения	До нескольких десятков человек (в зависимости от мощности взрыва)	
	Паника и другие психотические расстройства	Возможны не только у вовлеченных лиц, но и у членов семей и лиц, непосредственно не находившихся в зоне поражения	
II	Превышение порогов детерминированных эффектов, острая лучевая болезнь (ОЛБ), включая фатальные последствия, местные лучевые поражения (МЛП) различной степени тяжести. Последствия хронического облучения	Как правило, отдельные лица (до десяти человек), например, в случае нахождения источника в жилом или служебном помещении или общественном транспорте	Привлечение специализированных лечебных учреждений для диагностики и лечения ОЛБ и МЛП
III	Превышение основных пределов доз и санитарно-гигиенических нормативов. Каких-либо радиологических последствий для здоровья, скорее всего, не будет. Потребуются информирование населения и проведение разъяснительной работы для преодоления возможной психологической и социальной напряженности.	Десятки и сотни тысяч людей могут столкнуться с применением ограничительных мер в результате экономического и социального ущерба	Указанный сценарий необходимо рассматривать при обнаружении превышения санитарных нормативов в ходе проведения текущего контроля. Может потребоваться масштабный радиационно-гигиенический мониторинг. Возможно введение ограничений на потребление воды и продуктов питания
IV	Оценки радиологических (медико-санитарных) последствий для персонала и населения в случае проектных и запроектных радиационных аварий на радиационно опасных объектах содержатся в проектной документации и руководящих документах по локализации последствий аварий, планированию и проведению защитных мероприятий	В случае разрушения и плавления активной зоны энергетического реактора мощностью 1000 МВт размеры зоны проведения превентивной эвакуации населения (по критериям детерминированных эффектов) не превышают 5 км. В случае диверсионного нападения и подрыва транспортно-упаковочного комплекта значимые дозы внутреннего облучения в результате ингаляции плутония могут иметь место (при отсутствии средств защиты органов дыхания) на расстоянии до 300–500 м	Предполагается, что обеспечены все решения по защите персонала и населения в случае крупных (включая запроектные) радиационных аварий. В такой же степени это относится к планированию и готовности системы медико-санитарного обеспечения.
V	В случае наземного ядерного взрыва мощностью 10 кт в крупном городе возможны катастрофические последствия в результате ударной волны, светового излучения, электромагнитного и ионизирующего излучения на расстоянии 1–2 км от эпицентра. Превышение критериев для проведения срочных защитных мероприятий в отношении населения возможно на расстояниях свыше нескольких десятков км	Тысячи – десятки тысяч людей в случае ядерного взрыва в большом городе	Защита населения и организация работы медицинских учреждений обеспечивается в соответствии с планами гражданской обороны на военное время.

Здесь важно только предположить главное:

- имеется ли угроза возникновения детерминированных эффектов облучения;
- будут ли превышены дозовые критерии для проведения неотложных и срочных защитных мероприятий;
- в какой степени необходимо введение ограничений в жизнедеятельности населения в последующий период.

Так же, как и при разработке Международной шкалы ядерных и радиологических событий (INES) [9], при разработке и систематизации категорий угроз РТ нами был использован подход, основанный на анализе радиологических последствий, имевших место радиационных аварий и инцидентов [10–15]. Эти уникальные ситуации в известном смысле могут быть использованы и в качестве модельных сценариев применительно к угрозам РТ.

Предлагаемое категорирование угроз и соответствующие примеры связаны, в основном, с дозиме-

трическими оценками последствий облучения и последствий радиоактивного загрязнения окружающей среды, причем не рассматриваются детально различные медицинские аспекты.

К первой (самой опасной) категории угроз отнесены ситуации, связанные с применением устройств диспергирования радионуклидов («грязной бомбы»). При этом возможен масштабный характер радиоактивного загрязнения территории, большого числа людей, помещений, зданий и сооружений. Нельзя исключать вероятность облучения людей в высоких дозах внешнего и внутреннего облучения на ближайшем расстоянии от места взрыва «грязной бомбы», а также значительных по численности групп населения, для которых требуется осуществление защитных мероприятий и проведение санитарной обработки.

Для создания потенциальной угрозы облучения незащищенных людей на уровне порогов детерминированных эффектов на больших территориях (несколько км²) может потребоваться активность различных радионуклидов в диапазоне нескольких сотен ТБк (сопоставимая с активностью выброса при крупных радиационных авариях) [14].

В то же время, в случае применения устройств диспергирования радионуклидов собственно радиационный фактор, скорее всего, не будет представлять угрозы развития тяжелых детерминированных эффектов (ОЛБ) и прямой опасности для жизни вовлеченных (пострадавших) лиц, находящихся даже в непосредственной близости от источника ионизирующих излучений. Однако при этом нельзя исключить облучение в дозах, требующих проведения углубленного клинико-дозиметрического обследования. Рассматриваемые последствия необходимо учитывать при планировании и организации информирования и активного выявления лиц, подвергшихся воздействию факторов террористической атаки. Основная опасность для жизни и здоровья людей при использовании «грязной бомбы», скорее всего, будет определяться другими поражающими факторами (взрывные повреждения, механические травмы и др.) [16]. Соответственно одной из задач медицинского реагирования будет выявление и лечение комбинированных радиационных поражений.

Для намеренного загрязнения локального участка территории, здания, культурного и торгового центра, спортивного сооружения и других мест массового нахождения людей с целью создания паники и социального напряжения могла бы потребоваться вполне достижимая для террористических целей активность РМ, содержащегося, например, в медицинских или промышленных облучательных (стерилизационных) установках.

Ко второй категории угроз отнесены ситуации, связанные со злонамеренным размещением мощных РНИ в местах постоянного или массового пребывания людей. Использование РНИ с целью нанесения значимого ущерба здоровью и даже облучению в дозах, приводящих к тяжелым детерминированным эффектам (МЛП и ОЛБ), а также, в крайних случаях, к смертельному исходу, отнесено нами наряду с «гряз-

ной бомбой» к одной из наиболее значимых угроз РТ. Важнейшим, базовым условием возможности реализации подобных угроз РТ является несовершенство контроля изъятия и перемещения многочисленных видов РНИ, повсеместно используемых в хозяйственной деятельности [17].

Необходимо учитывать, что применение РНИ с активностью от 0,01 ТБк (кобальт-60) до 0,1 ТБк (цезий-137, иридий-192) может привести к серьезным последствиям для здоровья только при непосредственном контакте с источником или на удалении от него на небольшое расстояние (от нескольких сантиметров до 1 м). При самых консервативных предположениях (например, наличие РНИ в автобусе, совершающем междугородние перевозки, или в помещении офиса) значимые медицинские последствия (ОЛБ, МЛП) для небольшого числа людей могут иметь место в случае их облучения в течение нескольких часов.

Особенностью радиологических (террористических) угроз с использованием РНИ может являться их скрытый характер, т.е. факт радиационного воздействия обнаруживается случайным образом через некоторый, иногда очень продолжительный, промежуток времени. Кроме того, начальное предположение о применении РНИ может быть связано с обращением пострадавших к врачу. Основываясь на периодике и симптоматике вероятных радиационных поражений, можно ожидать, что время скрытого протекания РТ приблизительно составит от 3 до 60 дней (минимальный и максимальный сроки от начала облучения пострадавших до появления клинико-лабораторных признаков и постановки диагноза) в зависимости от доз и условий облучения. Известны факты длительного скрытого облучения, которые связаны, как правило, с РНИ небольшой активности и малого размера без нарушения их целостности [18–20]. Они характеризуются малочисленностью группы одновременно вовлеченных лиц (чаще всего по месту жительства или работы) и фракционированным облучением с низкой мощностью дозы.

После обнаружения и изъятия мощного источника γ -излучения может потребоваться осуществление мероприятий по выявлению лиц, имевших контакт и находившихся рядом с источником, с последующим проведением исследований, направленных на реконструкцию доз облучения, обследование и лечение пострадавших.

К третьей категории угроз отнесены радиологические инциденты в результате преднамеренного помещения (подкладывания) РНИ в технологическое оборудование и процессы, что приводит к радиоактивному загрязнению окружающей среды, промышленных, общественных и социально значимых объектов (станций водоподготовки, складов продуктов питания и сырья), выпускаемой продукции (например, при изготовлении строительных материалов).

При разрушении герметичности источника опасность представляет внешнее излучение от загрязненных поверхностей, а также ингаляционное поступление РМ в организм в результате пожара или сдвухи

радиоактивных аэрозолей. В случае подобного сценария рассеяния РМ вряд ли будут достигнуты значения доз облучения населения, требующие проведения защитных мероприятий. Для достижения уровней радиоактивного загрязнения, приближающихся по дозовым нагрузкам к критериям для введения ограничений на использование пищевых продуктов и питьевой воды, которые применяются в случае масштабной радиационной аварии, потребуется достаточно большое количество РМ (по крайней мере, сотни и тысячи ТБк).

Проведенные оценки свидетельствуют, что практически невозможно создать уровни загрязнения даже 1 тыс. м³ воды, значимые при обсуждении возможности формирования доз на уровне порогов детерминированных эффектов. Однако полностью не отвергается возможность преднамеренного загрязнения источников питьевого водоснабжения до уровней, превышающих в 100 и более раз уровни вмешательства (действия), рекомендуемые для аварийных ситуаций [18].

В то же время имевшиеся факты регистрации в атмосферном воздухе искусственных радиоизотопов, в частности йода-131 и в 2017 г. – рутения-106 [21], с частотой, не установленным источником выброса, свидетельствуют об огромном резонансе со стороны СМИ и общественных организаций экологической направленности. Парадокс заключается в том, что регистрируемые значения объемной активности в силу высокой чувствительности современных методов измерения позволяют оценить наличие радионуклидов на уровне, в сотни тысяч раз ниже нормативов, установленных официальными документами. Очевидно, что такие регистрируемые уровни практически не имеют никакой радиологической опасности, в том числе и по оцениваемым рискам стохастических эффектов. Несмотря на это, требуются огромные усилия со стороны экспертов, чтобы разъяснить подобные факты и восстановить доверие в обществе к официальной информации.

К четвертой категории угроз отнесено физическое воздействие на РМ в составе энергетических и промышленных ядерных реакторов, бассейнов выдержки тепловыделяющих элементов, хранилищ высокоактивных отходов, а также при транспортировании РМ. Однако современные системы физической защиты (охраны) указанных объектов вряд ли позволят осуществлять какие-либо диверсионные действия, включая проведение подготовительных операций. Планирование и проведение подобных действий свидетельствовало бы о полной деградации систем государственной безопасности, что невозможно представить в отношении стран, обладающих современной атомной энергетикой и ядерно-оружейным комплексом. Надежное функционирование и дублирование элементов систем активной и пассивной ядерной и радиационной безопасности позволяет своевременно идентифицировать нарушения в технологическом процессе, предупредить и локализовать последствия различных по масштабу радиационных аварий. И, наконец, существующие и постоянно совершенствуемые практика и организационные решения в области противоаварийного планирования и аварийного реагиро-

вания позволяют эффективно проводить мероприятия по минимизации последствий крупных, в том числе и запроектных радиационных аварий.

Угрозы РТ в отношении радиационно опасных объектов I и II категории потенциальной радиационной опасности² имеют крайне низкую вероятность, однако в силу масштабности возможных радиологических последствий полностью игнорировать и исключать их из рассмотрения нельзя. Огромный опыт преодоления медицинских последствий крупных радиационных аварий убедительно свидетельствует о необходимости поддержания в постоянной готовности специализированных лечебных учреждений, включая в первую очередь наличие квалифицированных специалистов, соответствующей медицинской базы, диагностического, лабораторного и дозиметрического оборудования.

К этой же, четвертой категории угроз, по нашему мнению, следует отнести террористические акты в отношении перевозимых РМ. Ежегодно в мире транспортируется около 10 млн упаковок с РМ [22]. Для транспортно-упаковочных комплектов, предназначенных для перевозки тепловыделяющих сборок и отработанного ядерного топлива, имеющих высокую прочность в отношении механических повреждений и воздействия высоких температур³, вероятность выброса, создающего опасность внешнего γ -облучения и ингаляционного поступления РМ, в том числе трансурановых нуклидов (плутония) вблизи места аварии (до 50 м) оценивается как низкая. Ожидаемые при этом значения доз, как правило, не превышают критериев для проведения защитных мероприятий.

Совершение террористических действий в отношении ядерных боеприпасов или средств их доставки может вызвать детонацию взрывчатых веществ, находящихся в боеприпасе, его механическое разрушение и воздействие высоких температур при горении. При этом цепной ядерной реакции не происходит. Так же, как и в случае приведенных выше примеров, такой вид РТ крайне маловероятен. Тем не менее, рассматривая указанную ситуацию с радиологических позиций, следует отметить, что в случае диспергирования и высокой температуры (пожара) возможно ингаляционное поступление в организм изотопов плутония. При этом проведение неотложных защитных мероприятий может потребоваться на расстоянии нескольких сотен метров от места разрушения ядерного боеприпаса.

Пятая категория угроз. Возвращаясь к началу статьи, отметим, что с точки зрения категорирования угроз РТ сложилась неоднозначная и парадоксальная ситуация. С одной стороны, признается, что в современных условиях возможности террористических организаций по применению СЯУ с целью нанесения значимого урона обществу и здоровью людей весьма

² СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010).

³ В объем испытаний транспортно-упаковочных комплектов на аварийные условия при транспортировании входят сбрасывание, т.е. определение механических повреждений от падения с высоты 9 м на плоскую жесткую мишень и с 1 м на штырь, тепловое воздействие (пожар) при температуре 800 °С в течение 30 мин.

ограничены и, следовательно, вероятность таких событий крайне невелика [23–25]. С другой стороны, понимание масштаба возможных катастрофических последствий вызывают необходимость в обеспечении готовности к реагированию и на эти угрозы в том числе.

Важной особенностью, которую необходимо учитывать в контексте угроз РТ, является непреодолимый страх большинства не только простых людей, но и части политиков, общественных деятелей, чиновников, журналистов и даже специалистов, профессионально не связанных с радиационной безопасностью, перед последствиями для здоровья в результате облучения в сколь угодно малых дозах. При этом многочисленные попытки ученых объяснить эту ситуацию простым языком, например, сравнивая различные риски воздействия ионизирующего излучения и других вредных производственных и экологических факторов, зачастую не приводят к какому-либо результату. Четкое понимание смысла проводимых защитных и ограничительных мероприятий в первые часы после радиологической атаки, во многом будет способствовать купированию паники и созданию условий, препятствующих, например, распространению радиоактивного загрязнения и попаданию его в жилье.

Заключение

Рассмотренные сценарии и предлагаемая категоризация угроз РТ опираются, в основном, на экспертную оценку и здравый смысл о возможности доступа террористических организаций к различным РМ и способам их применения. Угрозы РТ категории I–III, учитывая сочетание возможности реализации сценариев РТ и масштабов последствий, оцениваются нами как относительно высокие. Угрозы РТ категории IV–V в силу крайне низкой возможности их реализации имеют наименьший рейтинг, несмотря на большой и даже катастрофичный характер последствий. Понятно, что непосредственные и отдаленные эффекты радиационного воздействия связаны с формируемыми дозами облучения населения, которые в конечном итоге определяются активностью РМ, используемого в террористических целях. В этом смысле важно подчеркнуть, что для достижения значимых медико-санитарных последствий, как правило, может потребоваться исполь-

зование достаточно сложных технологий извлечения и накопления необходимого количества РМ в форме, приемлемой для создания устройства диспергирования радионуклидов, в частности, «грязной бомбы». Однако это обстоятельство не должно являться моментом, снижающим остроту проблемы радиологического и ядерного терроризма. Современные тенденции и эволюция террористических организаций, совершенствование их системы управления и структуры, финансовое и материально-техническое обеспечение не исключают возможности создания специализированных лабораторий и центров, которые могут обладать потенциалом разработки средств РТ.

Необходимо отметить важность психологических аспектов на всех стадиях реагирования на акт РТ. Наиболее вероятной целью террористов может быть именно оказание психологического воздействия на население для достижения определенных политических или экономических целей. Поэтому разработка научно обоснованных подходов в вопросах информирования населения и оказания психологической помощи лицам, вовлеченным в теракт, имеет первостепенную важность.

В последнее время, в условиях политического противостояния с ведущими западными странами (США, Великобритания и др.) и развернутой против России «информационной войны», проблема РТ может приобрести новые негативные черты. Нельзя исключать возможность голословных, не имеющих доказательной базы обвинений в применении РМ с целью нанесения ущерба здоровью тем или иным лицам, значимым с точки зрения зарубежной политической жизни [26].

Противодействие РТ может быть эффективным только в комплексе общегосударственных мероприятий, направленных на пресечение незаконного оборота РМ, совершенствование системы учета и особенно контроля различных источников ионизирующих излучений в неядерной области, поддержание высокой противоаварийной готовности на радиационно опасных объектах.

Для цитирования: Грачев М.И., Саленко Ю.А., Фролов Г.П., Мороз В.В. К вопросу категоризации угроз радиологического терроризма // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2019. Т. 64. № 6. С. 37–43.

DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-6-37-43

On the Categorization of Radiological Terrorism Threats

M.I. Grachev, Yu.A. Salenko, G.P. Frolov, B.B. Moroz

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia. E-mail: salenkoua@gmail.com

M.I. Grachev – Leading Researcher, PhD Med.; Yu.A. Salenko – Head of Dep., Assoc. Prof., PhD Med.; G.P. Frolov – Senior Researcher; B.B. Moroz – Head of Lab., Academician of RAS

Abstract

Purpose: To develop approaches to categorization (ranking) radiological terrorism (RT) threats on the basis of expert assessment of the possibility (likelihood) of the implementation of certain RT scenarios and assessment of their medical and hygienic consequences.

Results: Five categories of RT threats are highlighted. The first (most hazardous) threat category includes situations related to use radioactive dispersing devices (RDD), including the “dirty bomb”. It is shown that the creation of a potential threat of radiation

exposure to people at the thresholds of deterministic effects may require the activity of radionuclides in RDD in the range of several hundred TBq. The second category of threats includes scenarios of RT related to the placement of high dose rate radionuclide sources in areas of permanent location or mass gathering of people. The third category of threats includes situations when radionuclide sources maliciously place (enclose) into technological equipment and processes, which lead to radioactive contamination of the environment, industrial and socially significant facilities (water treatment plants, warehouses of food and raw materials), manufactured products. It is shown that in the case of the implementation of such RT scenarios, the dose criteria that require protective measures for the public are unlikely to be achieved. The fourth category of threats includes the physical impact on radioactive materials in the nuclear reactors, fuel element storage pools, and radioactive waste storage facilities. The fifth category of threats includes scenarios of RT related to the use of improvised nuclear devices or nuclear weapons by terrorists.

Conclusion: Threats of categories I–III, given the combination of the possibility of implementing RT scenarios and the scale of medical and hygienic consequences, are estimated as relatively high. Threats of category IV and V due to the extremely low probability of their implementation have the lowest rating, despite the great and even catastrophic nature of the consequences.

Key words: radiological terrorism, threat categorization, health impact, “dirty bomb”, radiation related injuries, radioactive contamination

Article received: 27.03.2019. Accepted for publication: 09.10.2019

REFERENCES

- Bobrov AF, Grachev MI, Grinev MP, Frolov GP, Scheblanov VYu. The Risk of Social and Psychological Consequences of a Radiation Terrorist Act. *Safety and Emergencies Problems*. 2008;(2):73–82. (In Russian).
- Grebenyuk AN, Sidorov DA. Medical, Social and Psychological Aspects of Radiological Terrorism. *Medical, Biological and Socio-psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2012;(3):11–8. (In Russian).
- Arrangements for Rpreparedness for a Nuclear or Radiological Emergency. *Safety Guide No. GS-G-2.1*. Vienna: IAEA; 2007. 145 p.
- Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. *General Safety Requirements No. GSR Part 7*. Vienna: IAEA; 2015. 102 p.
- Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency (Updating IAEA-TECDOC-953). Vienna: IAEA; 2003. 269 p.
- Grachev MI, Il'yin LA, Kvacheva YuE, Kriminsky AA, Salenko YuA, Samoilov AS, et al. *Medical Aspects of Countering Radiological and Nuclear Terrorism*. Moscow: A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center; 2018. 392 p. (In Russian).
- Protecting People Against Radiation Exposure in the Event of a Radiological Attack. *ICRP Publication 96*. Elsevier Ltd; 2005. 110 p.
- Inventory of Accidents and Losses at Sea Involving Radioactive Material. *IAEA-TECDOC-1242*. Vienna: IAEA; 2001. 69 p.
- INES. *The International Nuclear and Radiological Event Scale User's Manual*. 2008 Edition. Vienna: IAEA; 2013. 206 p.
- Yatsenko VN, Fomichev SA, Grachev MI, et al. Experience in Eliminating the Consequences of a ¹³⁷Cs Radionuclide Source Incident at the Bratsk Fiberboard Plant. *Disaster Medicine*. 1992;(1):55–60. (In Russian).
- The Radiological Accident in Goiania. Vienna: IAEA; 1988. 149 p.
- The Radiological Accident in Lilo. Vienna: IAEA; 2000. 103 p.
- Il'yin LA, Soloviev VYu. Immediate Medical Consequences of Radiation Incidents on the Territory of the Former USSR. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2004;49 (6):37–48. (In Russian).
- Major Radiation Accidents: Consequences and Protective Measures. Il'yin LA, Gubanov VA, eds. Moscow: Izdat; 2001. 752 p. (In Russian).
- Lessons Learned from the Response to Radiation Emergencies (1945–2010). Vienna: IAEA; 2012. 133 p.
- Il'yin LA. Radiological and Nuclear Terrorism – Medical-biological and Hygienic Problems. *Hygiene and Sanitation*. 2017;96(9):809–12. (In Russian).
- Ortiz P, Wheatley J, Oresegun M, Friedrich V. Lost and Found Dangers. *Orphan Radiation Sources Raise Global Concerns*. *IAEA Bulletin*. 1999;41(3):18–21.
- Dangerous Quantities of Radioactive Material (D-values). Vienna: IAEA; 2006. 145 p.
- Nadejina NM, Barabanova AV, Galstyan IA. The Problem of the Lost Radiation Sources – the Difficulties of Diagnosis and Treatment of Exposed Persons. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2005;50(4):15–21. (In Russian).
- Bushmanov AYu, Baranov AE, Nadejina NM. Three Cases of Acute Human Radiation Damage from Acute External Gamma Radiation. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2005;4(2):133–41. (In Russian).
- Technical Attachment Status of Measurements of Ru-106 in Europe. Vienna: IAEA; 2017. 11 p.
- Vnukov VS. *Ensuring Nuclear Safety at Plants Producing Nuclear Fuel for NPP: a Reference Manual*. Moscow: FORUM; 2010. 208 p. (In Russian).
- Wirz C, Egger E. Use of Nuclear and Radiological Weapons by Terrorists? *International Review of the Red Cross*. 2005;87(859):121–38.
- Reshmi Kazi. *Nuclear Terrorism: The New Terror of the 21st Century*. IDSA Monograph Series. № 27. New Delhi: IDSA; 2013. 149 p.
- Vasilenko IYA, Vasilenko OI. Biomedical Aspects of Radiation Terrorism. *Atomic Energy Bulletin*. 2003;(5):48–52. (In Russian).
- Uyba VV, Kotenko KV, Il'yin LA, Kvacheva YuE, Abramov YuV, Galstyan IA, et al. Polonium-210 Version of Arafat's Death: the Results of Russian Investigation. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2015;60(3):41–9. (In Russian).

For citation: Grachev MI, Salenko YuA, Frolov GP, Moroz BB. On the Categorization of Radiological Terrorism Threats. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2019;64(6):37–43. (Russian).

DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-6-37-43