

Научная статья

УДК 504.064.36:614.876

doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.44.85.007

Обоснование рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения

Александр Иванович Мазаник¹

Николай Прохорович Валуев¹

Иван Юрьевич Сергеев²

Глеб Александрович Николаев²

¹Академия гражданской защиты МЧС России, Москва, Россия

²Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железнодорожск, Россия

Автор ответственный за переписку: Глеб Александрович Николаев, 89082194153@mail.ru

Аннотация. В статье описана новая научная методика, предназначенная для обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки в целях повышения эффективности обнаружения возможных локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения. Разработан научно-методический аппарат, позволяющий обосновать управленческие решения по распределению финансовых средств при планировании закупки дополнительного дозиметрического оборудования. Применение методики позволяет наилучшим образом спланировать и произвести закупку дозиметрического оборудования с целью повышения эффективности организации мероприятий по радиационному обследованию территорий и объектов в случае возможных террористических угроз.

Ключевые слова: радиация, радиоактивность, ионизирующее излучение, гамма-излучение, радиационный контроль, ядерный терроризм

Для цитирования: Мазаник А.И., Валуев Н.П., Сергеев И.Ю., Николаев Г.А. Обоснование рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 3 (26). С. 86-95. [http: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.44.85.007](http://10.34987/vestnik.sibpsa.2022.44.85.007).

SUBSTANTIATION OF RATIONAL PARAMETERS OF THE RADIATION MONITORING SYSTEM FOR DETECTING LOCAL SOURCES OF IONIZING RADIATION OF TERRORIST ORIGIN

Alexander I. Mazanik¹

Nikolay P. Valuev¹

Ivan Y. Sergeev²

Gleb A. Nikolaev²

¹Civil Defense Academy EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

²Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

Corresponding author: Gleb A. Nikolaev, 89082194153@mail.ru

Abstract. The article describes a new scientific technique designed to substantiate the rational parameters of the radiation monitoring system in order to detect possible local sources of ionizing radiation of terrorist origin. A scientific and methodological apparatus has been developed that allows making informed management decisions on the allocation of financial resources when planning the purchase of additional dosimetric equipment. The application of the methodology makes it possible to plan and purchase dosimetric equipment in the best possible way in order to increase the effectiveness of the organization of measures for radiation inspection of territories and facilities in the event of possible terrorist threats.

Keywords: radiation, radioactivity, ionizing radiation, gamma radiation, radiation control, nuclear terrorism.

For citation: Mazanik A.I., Valuev N.P., Sergeev I.Y., Nikolaev G.A. Substantiation of rational parameters of the radiation monitoring system for detecting local sources of ionizing radiation of terrorist origin // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2022. № 3 (26). С. 86-95. (In Russ.) <http://10.34987/vestnik.sibpsa.2022.44.85.007>.

Риски проявлений ядерного терроризма с каждым годом возрастают и трансформируются, что подчеркивается многими учеными и специалистами в научных статьях и литературе [1-5].

Национальный антитеррористический комитет Российской Федерации традиционно выделяет предупреждение проявлений ядерного терроризма в качестве приоритетного направления для проведения научных исследований, направленных на укрепление безопасности государства на современном этапе развития. Рассмотрение вопросов предупреждения ядерного терроризма является предметом многих публикаций закрытого характера.

Возможные теракты с применением радиоактивных веществ, с учетом фактора наличия огромного количества современных средств массовой информации не являющихся специалистами в области радиационной безопасности и часто пользующихся непроверенной информацией в пользу ее наиболее быстрого распространения, при отсутствии соответствующей эффективной системы предупреждения могут стать в руках международных террористических организаций средством для запугивания и устрашения населения.

Складывающаяся международная обстановка характеризуется многочисленными примерами незаконных действий диверсионно-разведывательных групп с применением новейших средств вооружения, таких как беспилотные авиационные системы и робототехнические комплексы, которые отличаются своей изобретательностью, непредсказуемостью и скрытностью. Массовые анонимные сообщения о планировании террористических актов на территории социально-значимых объектов и объектов с массовым пребыванием людей уже приобрели систематический характер и используются как организованный инструмент влияния на деятельность органов управления.

По фактам незаконного оборота ядерных материалов в базе данных Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) содержится информация о тысячах инцидентах, связанных с хищением (утратой) высокообогащенного урана и плутония. География подобных инцидентов включает почти 100 стран мира. По данным Российского института стратегических исследований наиболее вероятными радиоактивными веществами, которые могут использоваться с целью ядерного терроризма, являются Co-60, Sr-90, Cs-137, Ir-192, Am-241, Pu-239, In-192, Po-210, Ra-226. Примером использования радиоактивных веществ при попытке совершения террористических актов является ситуация, произошедшая в ноябре 1995 г., когда в Москве, в Измайловском парке группа чеченских боевиков заложила полуфабрикат мины, содержащий смесь Cs-137 и взрывчатки. Другая известная ситуация, квалифицированная международным сообществом как проявление ядерного терроризма, связана с деятельностью подполковника советской и российской госбезопасности А.В. Литвиненко, который в ноябре 2006 г. был отравлен на территории Великобритании радиоактивным веществом Po-210. Известно, что во время первой чеченской войны (1994-1996 г.г.) сторонники Джохара Дудаева

строили планы по захвату атомной подводной лодки. В перечень целей для атаки Аль-Каиды 11 сентября 2001 г. планировалось включить атомную электростанцию. По сведениям, опубликованным в бюллетене МАГАТЭ в 2006 г., имелись данные о встречах пакистанских ученых-ядерщиков с членами международной террористической организации «Аль Каида» с целью осуществления попытки экспортировать ядерные технологии. Эти и другие факты доказывают высокую актуальность дальнейших исследований в области обеспечения радиационной безопасности в контексте предупреждения возможных террористических угроз, связанных с попытками получения и использования членами международных террористических организаций источников радиоактивного излучения.

Предупреждение проявлений ядерного терроризма с использованием локальных источников ионизирующего излучения в субъектах Российской Федерации и муниципальных образованиях обеспечивается созданными системами мониторинга радиационной обстановки.

Техническую основу системы мониторинга радиационной обстановки составляют расположенные на определенной территории стационарные и мобильные пункты наблюдения, которые регистрируют превышение мощности дозы гамма-излучения, что является основным методом обнаружения возможных радиоактивных источников в пределах зоны контроля. Система мониторинга радиационной обстановки характеризуется следующими основными параметрами в зависимости от применяемого дозиметрического оборудования:

Количество N_i стационарных дозиметрических датчиков, характеризующихся чувствительностью детектора η_i (имп/с на 1 нЗв/ч); стандартным отклонением σ_i (нЗв/ч); пределом обнаружения ε_i (нЗв/ч), определяемым как минимальное значение приращения мощности дозы излучения источника над фоном, обнаруживаемое системой мониторинга с вероятностью не ниже 0,95; стоимостью S_i , при использовании которых на расстоянии R_i или на территории площадью $Z_i = \sum \pi R_i^2$ с вероятностью W_i определяется наличие (отсутствие) источника активностью A .

Количество N_j мобильных дозиметрических датчиков, характеризующихся чувствительностью детектора η_j , стандартным отклонением σ_j , пределом обнаружения ε_j , стоимостью S_j , при использовании которых на маршруте длиной L_j , шириной M_j , площадью $Z_j = \sum L_j \times M_j$ с вероятностью W_j определяется наличие (отсутствие) источника активностью A .

Скорость контроля, производительность контроля, затраты на проведение контроля, трудоемкость контроля. В предыдущих соотношениях под физической величиной, размерность которой является нЗв/ч, подразумевается мощность амбиентного эквивалента дозы.

Локальный источник ионизирующего излучения террористического происхождения может представлять из себя скрытно расположенный физический объект относительно небольшого размера, содержащий некоторое количество опасного радиоактивного вещества, которое размещено для активации, хранения или транспортирования в капсуле, контейнере, сумке, а также в составе взрывного (распыляющего) устройства. Для обнаружения таких локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения в случае реальной угрозы органам управления будет необходимо организовать задействование имеющихся мобильных пунктов наблюдения, которые могут быть представлены в виде портативных (носимых) приборов; дозиметрических систем и комплексов, установленных на транспортных средствах, беспилотных авиационных системах и робототехнических комплексах; пунктов поточного контроля в контрольно-пропускных зонах. При ограниченном времени, выделенном на выполнение радиационного контроля и обнаружение источника (в зависимости от конкретного сценария развития обстановки) может сложиться такая ситуация, когда имеющегося дозиметрического оборудования не будет хватать для проведения в полном объеме оперативного радиационного обследования всех объектов (участков дорог, квартир, домов, социально-значимых, инфраструктурных, производственных объектов), участков местности (лесных, водных, равнинных, горных) и транспортных потоков.

Обоснование выбора рационального количества пунктов наблюдения в системе мониторинга радиационной обстановки является предметом исследования настоящей статьи.

В статье [6] была описана методика оценки текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения, которая позволяет количественно оценить текущий уровень готовности системы мониторинга.

Полученные на основе обработки мнений экспертов коэффициенты p_i , характеризующие приоритетность выполнения радиационного обследования, и уровни готовности системы мониторинга g_i (в виде безразмерных коэффициентов) и G'_i (по пятибалльной шкале) по всем имеющимся областям поиска O_i позволяют определить текущий уровень готовности системы мониторинга в целом (G') на основе разрабатываемой мультипликативной свертки (табл. 1).

Таблица. 1. Оценка текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки на основе мультипликативной свертки

№ п / п	Области поиска, подлежащие радиационному обследованию	Коэффициент приоритетности обследования области поиска	Коэффициент готовности области поиска	Оценка текущего уровня готовности (по пятибалльной шкале)
1	Социально-значимые объекты	p_1	g_1	G'_1
2	Жилые объекты	p_2	g_2	G'_2
3	Участки автомобильных дорог	p_3	g_3	G'_3
4	Объекты промышленности	p_4	g_4	G'_4
5	Объекты торговли	p_5	g_5	G'_5
6	Труднодоступные участки	p_6	g_6	G'_6
7	Транспортные потоки	p_7	g_7	G'_7
Оценка текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки (по пятибалльной шкале): $G' = (G'_1)^{p_1} \times (G'_2)^{p_2} \times (G'_3)^{p_3} \times (G'_4)^{p_4} \times (G'_5)^{p_5} \times (G'_6)^{p_6} \times (G'_7)^{p_7}$				

Значимо повысить прирост текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения можно за счет увеличения количества пунктов наблюдения (преимущественно мобильных) путем закупки, арендования или привлечения дополнительного дозиметрического оборудования. Для решения данной задачи предлагается методика обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения. Исходными данными в методике являются:

- текущий уровень готовности системы мониторинга (G');
- перечень районов R_{ni} и областей поиска O_i ;
- объем финансовых средств, выделяемых из бюджета (F).

Для количественной оценки вклада от проведения радиационного обследования по всем имеющимся районам поиска в прирост текущего уровня готовности системы мониторинга предлагается следующий алгоритм:

1. Определить значения коэффициентов выполнения радиационного обследования по всем имеющимся районам поиска.

Для решения этой задачи, исходя из предполагаемого сценария развития обстановки, на основе мнений экспертов требуется сформировать для дальнейшей работы перечень всех районов поиска R_{ni} (таблица 2), классифицированных по областям поиска (O_i).

Таблица. 2. Вариант классификации районов радиационного обследования на территории муниципального образования

№ п/п	Районы поиска, подлежащие радиационному обследованию (R_{pi})	Области поиска, подлежащие радиационному обследованию (O_i)
	Объекты с массовым пребыванием людей	Социально-значимые объекты и приравненные к ним
	Объекты с круглосуточным пребыванием людей	
	Объекты системы образования	
	Объекты системы здравоохранения	
	Спортивные объекты	
	Объекты культуры, досуга и отдыха	
	Инфраструктурные объекты	
	Общественный транспорт	
	Объекты общественного питания	
	Административные объекты	
	Многokвартирные жилые дома	Жилые объекты и прилегающие к ним территории
	Придомовая территория	
	Частные жилые дома	
	Дачные участки	
	Гаражные массивы	
	Детские игровые площадки	Участки автомобильных дорог
	Участки прилегающих автодорог	
	Участки городских автомагистралей	
	Участки загородных дорог местного значения	
	Участки дорог на территории объектов	
	Другие асфальтированные участки автодорог	Объекты промышленности
	Полевые и проселочные дороги	
	Радиационно-опасные объекты	
	Другие объекты, на которых используются ИИИ	
	Химически-опасные объекты	
	Биологически-опасные объекты	Объекты торговли и сельского хозяйства
	Пожаро-взрывоопасные объекты	
	Опасные производственные объекты	
	Прочие производственные объекты	
	Крупные магазины и супермаркеты	
	Рынки и торговые базы	Труднодоступные участки местности
	Магазины	
	Павильоны и торговые точки	
	Складские помещения и питомники	
	Сельскохозяйственные угодья	
	Гаражные боксы	Транспортные потоки
	Объекты для содержания с/х животных	
	Объекты рыбного хозяйства	
	Прочие объекты торговли и сельского хозяйства	
	Участки лесных массивов	
	Участки горной местности	Транспортные потоки
	Прибрежные участки акваторий	
	Территория островов	
	Водное пространство	
	Воздушное пространство	
	Удаленные участки	Транспортные потоки
	Пешеходные маршруты в густонаселенной зоне	
	Пешеходные маршруты в загородной зоне	
	Туристические маршруты	
	Прочие труднодоступные участки местности	
	Поток автотранспорта на КПП №1	Транспортные потоки
	Поток автотранспорта на КПП № ...	
	Поток автотранспорта на КПП № ...	
	Поток автотранспорта на КПП № ...	
	Поток автотранспорта на КПП № ...	
	Поток автотранспорта на КПП № ...	
	Поток автотранспорта на КПП № ...	
	Поток автотранспорта на КПП № ...	
	Поток автотранспорта на КПП № ...	
	Поток железнодорожного транспорта	
	Поток речного транспорта	
	Потоки автотранспорта, проходящие через организованные мобильные пункты, осуществляющие поточный контроль	

Требуется проранжировать все районы поиска в порядке приоритета. Для этого каждый эксперт располагает (исходя из собственной индивидуальной оценки) все имеющиеся районы поиска в порядке снижения приоритетности их оперативного обследования. Наиболее

приоритетному району радиационного обследования присваивается ранг «1», второму по приоритетности – ранг «2» и т.д. до n , где n – количество районов, обследуемых в рамках i -ой области поиска (таблица 3).

Таблица. 3. Форма таблицы для ранжирования районов радиационного обследования на основе обработки мнений экспертов

Районы поиска	Оценки экспертов				Сумма рангов по строкам
	1	2	...	e	
1	f_{11}^i	f_{12}^i	...	f_{1e}^i	$\sum_{j=1}^e f_{1j}^i$
2	f_{21}^i	f_{22}^i	...	f_{2e}^i	$\sum_{j=1}^e f_{2j}^i$
...	...	...	...	...	...
n	f_{n1}^i	f_{n2}^i	...	f_{ne}^i	$\sum_{j=1}^e f_{nj}^i$
Сумма рангов по столбцам	$\sum_{i=1}^n f_{i1}^i$	$\sum_{i=1}^n f_{i2}^i$	...	$\sum_{i=1}^n f_{ie}^i$	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^e f_{ij}^i$

Результатом решения задачи являются безразмерные коэффициенты p_n^i приоритетности выполнения радиационного обследования по каждому району поиска, которые рассчитываются по следующей формуле:

$$p_n^i = \frac{\sum_{j=1}^e f_{nj}^i}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^e f_{ij}^i}, \quad (1)$$

где E – количество экспертов, p_{ne}^i – значение ранга, присвоенного экспертом рассматриваемому району поиска.

Определить значения коэффициентов p_{ni} приоритетности выполнения радиационного обследования по различным районам с учетом приоритетности областей поиска, в состав которых они входят

$$p_{ni} = \frac{p_n^i p_i}{\sum_{i=1}^M \sum_{n=1}^N p_n^i p_i}, \quad (2)$$

где p_i – коэффициент приоритетности выполнения радиационного обследования в i -ой области поиска; M – количество областей поиска, N – количество районов поиска.

1. Определить приведенные значения коэффициентов p'_{ni} приоритетности выполнения радиационного обследования по всем имеющимся районам поиска с учетом требуемых финансовых средств

$$p'_{ni} = \frac{p_{ni} F_{ni}}{\sum_{i=1}^M \sum_{n=1}^N p_{ni} F_{ni}}, \quad (3)$$

где F_{ni} – требуемый объем финансовых средств, необходимых для приобретения дополнительного дозиметрического оборудования, позволяющего выполнить радиационное обследование и обнаружение возможного локального источника на всех (100 %) объектов (участках местности) в районе поиска случае террористической угрозы, при ограниченном времени контроля.

2. Определить максимально возможный потенциальный прирост уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки G'' для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения

$$G'' = 5 - G', \quad (4)$$

где G'' – значение потенциального прироста текущего уровня готовности системы мониторинга;

G' – значение текущего уровня готовности системы мониторинга.

3. Определить количественный вклад G''_{ni} от выполнения радиационного обследования по каждому из районов поиска в прирост текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников террористического происхождения

$$G''_{ni} = p'_{ni} \times G'' \quad (5)$$

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет количественно оценить совокупный вклад от выполнения радиационного обследования по каждому из имеющихся районов поиска в прирост текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения. Полученные значения p'_{ni} и G''_{ni} необходимы в дальнейшем для обоснования рациональных параметров системы мониторинга и формирования на их основе наилучшего плана закупки дополнительного дозиметрического оборудования, обеспечивающего максимальный прирост текущего уровня готовности системы мониторинга в условиях имеющихся финансовых ограничений.

Предлагается следующий алгоритм для обоснования рациональных параметров системы мониторинга, которые обеспечивают максимальный прирост текущего уровня готовности системы мониторинга для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения. Исходными данными для обоснования рациональных параметров системы мониторинга являются:

R_n – перечень всех районов поиска, подлежащих радиационному обследованию;

O_i – перечень всех областей поиска;

R_{ni} – перечень районов, которые входят в состав i -ых областей поиска;

F – общий объем финансовых средств, выделяемых из бюджета на совершенствование действующей системы мониторинга и закупку дополнительного дозиметрического оборудования;

F_{ni} – требуемый (желаемый) объем финансовых средств по каждому из районов поиска, подлежащих радиационному обследованию;

k'_{ni} – значения вклада от выполнения радиационного обследования по каждому району поиска в прирост текущего уровня готовности системы мониторинга.

Предложенная методика позволяет обосновать рациональное количество дополнительно приобретаемых мобильных пунктов наблюдения (φ_{ni}), что позволит обеспечить максимальный прирост текущего уровня готовности системы мониторинга ($P \Rightarrow \max$). При заданных исходных данных и имеющихся ограничениях требуется произвести наилучший выбор дополнительно закупаемого дозиметрического оборудования (φ^*_{ni}) из всех представленных вариантов. Исходя из этого, представим целевую функцию в следующем виде:

$$P(\varphi^*_{ni}) = \sum_{i=1}^M \sum_{n=1}^N G''_{ni} \times \varphi_{ni} \Rightarrow \max, \quad (6)$$

где $P(\varphi^*_{ni})$ – прирост текущего уровня готовности системы мониторинга для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения, в баллах.

Имеется следующее ограничение по затрачиваемым финансовым ресурсам:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{n=1}^N F_{ni} \varphi_{ni} \leq F \quad (7)$$

Анализ сущности сформулированной задачи определения рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения позволяет сделать следующие выводы:

- показатель эффективности в целевой функции (прирост текущего уровня готовности системы мониторинга) линейно зависит от элементов решения (количества мобильных пунктов

наблюдения, которые могут быть дополнительно закуплены и включены в систему мониторинга для выполнения радиационного обследования);

- ограничения, налагаемые на элементы решения, имеют вид линейных неравенств относительно управляемых переменных (неравенства, связывающие количество мобильных пунктов наблюдения с объемом финансовых ресурсов, выделяемых из бюджета).

Таким образом, можно сделать обоснованный вывод о том, что в основу методики определения рациональных параметров, обеспечивающих максимальный прирост текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения целесообразно положить один из методов линейного программирования, а именно симплекс-метод. Для определения рациональных параметров, обеспечивающих максимальный прирост уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки, необходимо:

1. Привести задачу к каноническому виду с целью возможности использования для ее решения табличного алгоритма симплекс-метода.

2. Определить в полученной системе свободные и базисные переменные.

3. Составить симплекс-таблицу.

4. Проверить условие: «если последний столбец и последняя строка не содержат отрицательных чисел, то можно сделать вывод о том, что задача линейного программирования решена и найдено оптимальное решение». В противном случае необходимо проводить симплекс-преобразования, в процессе которых сначала избавляются от минусов в последнем столбце, а затем – в последней строке.

5. Определить отрицательное число в последнем столбце симплекс-таблицы. Двигаясь по строке, где находится этот элемент, необходимо выбрать отрицательный элемент и зафиксировать столбец, в котором он находится. Данный столбец называется разрешающим.

6. Разделить поэлементно последний столбец на разрешающий столбец и выбрать среди положительных отношений наименьшее.

7. Выбрать строку, где достигается минимальное значение отношения, полученного на предыдущем шаге. Эта строка называется разрешающей строкой, а элемент, стоящий на пересечении разрешающего столбца и разрешающей строки, называется разрешающим элементом.

8. Выбрать разрешающий элемент и преобразовать таблицу. Если в новой симплекс-таблице последний столбец не содержит отрицательных элементов, то можно сделать вывод о том, что получено базисное решение. Если последняя строка не содержит отрицательных элементов, то можно сделать вывод о том, что задача линейного программирования решена и найдено оптимальное решение. В противном случае необходимо проводить симплекс-преобразования по алгоритму, изложенному выше.

Таким образом, предложенный алгоритм позволяет определить такие параметры (количество мобильных пунктов наблюдения и их характеристики), которые обеспечивают максимальный прирост текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения на территории муниципального образования. Применение методики позволяет наилучшим образом спланировать и произвести закупку оборудования с целью повышения эффективности организации мероприятий по радиационному обследованию территорий и объектов в случае возможных террористических угроз. Дальнейшее практическое применение предлагаемого научно-методического аппарата предполагается на основе использования соответствующей штабной методики для должностных лиц органов управления.

Список источников

1. Петрованов К.Г. Угроза ядерного терроризма в контексте глобальных вызовов ядерной безопасности // Современное общество и право. – 2019. – № 5(42). – С. 15-25.

2. Метельков А.Н. Борьба с контрабандой радиоактивных материалов как мера борьбы с ядерным терроризмом. // Мир экономики и права. – 2015. – № 4. – С. 64-75.
3. Татаринов В.В., Пашинин В.А., Косырев П.Н., Павлов А.В. Системный подход в противодействии актам ядерного и радиационного терроризма. // Вестник Академии военных наук. – 2019. – № 3(68). – С. 128-134.
4. Тихонов М.Н., Рылов М. И. Ядерный и радиационный терроризм и проблемы безопасности в современном мире. // АНРИ. – 2015. – № 1(80). – С. 14-31.
5. Rutic S.Z. Nuclear terrorism // Military Technical Courier. – 2016. – Vol. 64. – No 2. – P. 532-551.
6. Мазаник А.И., Валуев Н.П., Сергеев И.Ю., Николаев Г.А. Методика оценки готовности системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник». – 2022. – №2(25). – Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – С. 131-141.
7. Евланов Л.Г. Принятие решений в условиях неопределенности. – М.: Институт управления народным хозяйством, 1976.
8. Кузьменко Ю.М. и др. Методы анализа и обработки военно-экономической информации. – М.: Наука, 1978.
9. Жуков Г.П., Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций. – М.: Воениздат, 1987.

List of sources

1. Petrovanov K.G. The threat of nuclear terrorism in the context of global nuclear security challenges // Modern society and law. – 2019. – № 5(42). – Pp. 15-25.
2. Metelkov A.N. The fight against the smuggling of radioactive materials as a measure to combat nuclear terrorism. // The World of Economics and Law. - 2015. – No. 4. – pp. 64-75.
3. Tatarinov V.V., Pashinin V.A., Kosyrev P.N., Pavlov A.V. A systematic approach in countering acts of nuclear and radiation terrorism. // Bulletin of the Academy of Military Sciences. – 2019. – № 3(68). – Pp. 128-134.
4. Tikhonov M.N., Rylov M. I. Nuclear and radiation terrorism and security problems in the modern world. // HENRI. – 2015. – № 1(80). – Pp. 14-31.
5. Rutic S.Z. Nuclear terrorism // Military Technical Courier. – 2016. – Vol. 64. – No 2. – P. 532-551.
6. Mazanik A.I., Valuev N.P., Sergeev I.Yu., Nikolaev G.A. Methodology for assessing the readiness of the radiation monitoring system for detecting local sources of ionizing radiation. // Scientific and analytical journal "Siberian Fire and Rescue Bulletin". – 2022. – №2(25). – Zheleznogorsk: Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia. - pp. 131-141.
7. Evlanov L.G. Decision-making in conditions of uncertainty. – М.: Institute of National Economy Management, 1976.
8. Kuzmenko Yu.M. et al. Methods of analysis and processing of military-economic information. – М.: Nauka, 1978.
9. Zhukov G.P., Vikulov S.F. Military-economic analysis and operations research. – Moscow: Voensizdat, 1987.

Информация об авторах

А.И. Мазаник – доктор военных наук, профессор

Н.П. Валуев – доктор технических наук, доцент

И.Ю. Сергеев – кандидат технических наук

Information about the author

A.I. Mazanik – Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Military Sciences,
Full Professor

N.P. Valuev – Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Engineering Sciences,
Docent

I.Y. Sergeev – Ph.D. of Engineering Sciences

Вклад авторов: Мазаник А.И., Валуев Н.П., Сергеев И.Ю. – научное руководство, доработка текста, итоговые выводы. Николаев Г.А. – написание исходного текста.

Contribution of the authors: Mazanik A.I., Valuev N.P., Sergeev I.Y. – scientific management, follow-on revision of the text, final conclusions. G.A. Nikolaev – writing the draft.

Статья поступила в редакцию 05.09.2022; одобрена после рецензирования 20.09.2022; принята к публикации 29.09.2022

The article was submitted 05.09.2022, approved after reviewing 20.09.2022, accepted for publication 29.09.2022