

УДК 504.064.36:614.876

doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2021.68.65.014

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ ТЕРРОРИСТИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Мазаник А.И.¹, д. воен. н., профессор; Валуев Н.П.¹, д.т.н., доцент; Сергеев И.Ю.², к.т.н.; Николаев Г.А.²

¹ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России

²ФГБООУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация. В статье в формализованном виде представлена научная задача, заключающаяся в разработке научно-методического аппарата обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения. Определены этапы решения представленной научной задачи. Рассмотрены наиболее приемлемые подходы к решению частных задач по оценке текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки и обоснованию рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки с учетом текущего уровня готовности.

Ключевые слова: МЧС, ЗАТО, радиация, радиоактивность, ионизирующее излучение, гамма-излучение, радиационный контроль, атомная промышленность, радиоэкология, ядерный терроризм, ядерное оружие.

METHODOLOGICAL APPROACH TO SOLVING THE PROBLEM OF SUBSTANTIATING THE RATIONAL PARAMETERS OF THE RADIATION MONITORING SYSTEM FOR DETECTING LOCAL SOURCES OF IONIZING RADIATION OF TERRORIST ORIGIN

Mazanik A.I.¹, Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Military Sciences, Full Professor; Valuev N.P.¹, Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Engineering Sciences, Docent; Sergeev I.Y.², Ph.D. of Engineering Sciences, Nikolaev G.A.²

¹Civil Defense Academy EMERCOM of Russia

²FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia

Abstract. The article presents in a formalized form a scientific task that consists in the development of a scientific and methodological apparatus for substantiating the rational parameters of a radiation monitoring system for detecting local sources of ionizing radiation of terrorist origin. The stages of solving the presented scientific problem are determined. The most acceptable approaches to solving particular problems of assessing the current level of readiness of the radiation monitoring system and substantiating the rational parameters of the radiation monitoring system, taking into account the current level of readiness, are considered.

Key words: EMERCOM, closed city, radiation, radiation control, ionizing radiation, gamma radiation, nuclear industry, radioecology, nuclear terrorism, nuclear weapons.

В статье [1] был проведен анализ состояния мониторинга радиационной обстановки в закрытых административно-территориальных образованиях с объектами атомной промышленности.

В результате проведенного анализа была выявлена проблемная ситуация, при которой технический уровень существующих автоматизированных систем контроля радиационной обстановки (АСКРО) не позволяет выявлять локальные источники гамма-излучения, используя только стационарные пункты наблюдения. Возникновение таких локальных источников радиации может быть обусловлено, например, террористическим сценарием [2-4].

Следовательно, если ситуация носит локальный характер или возникла на удалении от действующих стационарных пунктов наблюдения, то оперативно получить данные о радиационной обстановке на заданной местности не представляется возможным [1]. Разрешение данной проблемной ситуации возможно за счет обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки с использованием дополнительных мобильных пунктов наблюдения, интегрированных в действующую систему мониторинга, с учетом ограничений на выделяемые ресурсы. При этом разработанные к настоящему времени теоретические положения, практические рекомендации и научно-методический аппарат образуют хотя и необходимую, но, вместе с тем, недостаточную основу для решения задачи обоснования рациональных параметров систем мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего террористического происхождения.

На основании изложенного, становится актуальной научная задача, заключающаяся в разработке научно-методического аппарата для обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения в закрытом административно-территориальном образовании с объектами атомной промышленности с учетом имеющихся рисков проявления ядерного терроризма, исходя из специфики региона, территориального размещения объектов защиты и характеристик муниципального образования.

Общая постановка научной задачи исследования может быть сформулирована следующим образом.

Для заданных:

$R_b = (1, 2, \dots, b, \dots, R)$ - перечня районов радиационного обследования;

R - общего количества районов радиационного обследования, которые входят в состав зоны контроля;

$U_{сц}$ - сценария радиационного инцидента и прогнозных оценок о возможном происхождении, составе и активности источника ионизирующего излучения, масштабах радиационных последствий;

$I_k^{инфр}$ - перечня типов инфраструктурных объектов и селитебных территорий, находящихся в границах зоны контроля;

K - общего количества типов инфраструктурных объектов и селитебных территорий, находящихся в границах зоны контроля;

Y_k - количества инфраструктурных объектов и селитебных территорий k -го типа;

H_k - характеристик инфраструктурных объектов и селитебных территорий k -го типа;

M_k - местоположения инфраструктурных объектов и селитебных территорий k -го типа;

N_{np} - прогнозируемого количества населения, находящегося в районах поиска;

t_{np} - заданного времени на проведение обследования;

D - перечня документов, регламентирующих районирование территории;

S - объема финансовых средств, выделяемых для организации системы мониторинга радиационной обстановки.

Необходимо определить рациональное количество используемых в системе мониторинга радиационной обстановки мобильных пунктов наблюдения, распределенных по районам поиска, что позволит обеспечить максимальный прирост готовности по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения.

$$Q(\varphi_{ri}^*) = f(a_{ri}^{BK}(a_{ri}^{np}, C_{\Gamma}^{пот}), \varphi_{ri}(R_b, O_i)) \Rightarrow \max \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^R S_{ri} \varphi_{ri} \leq S^x \quad (2)$$

где φ_{ri} – количество мобильных пунктов наблюдения в r -ом районе поиска, входящего в состав i -го вида области поиска;

φ_{ri}^* – рациональное количество мобильных пунктов наблюдения, применение которых обеспечит максимальный прирост готовности системы мониторинга радиационной обстановки по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения;

$O_i = (1, 2, \dots, i, \dots, n)$ – перечень видов областей поиска, $i = \overline{1, n}$, где n – количество видов областей поиска,

a_{ri}^{BK} – значение вклада осуществления обследования в r -ом районе i -го вида области в уровень готовности системы мониторинга радиационной обстановки;

$a_{ri}^{np} = f(a_{ri}, S_{ri})$ – приведенная оценка значимости выполнения обследования в r -ом районе i -го вида области поиска с учетом требуемых финансовых средств для ее выполнения в полном объеме;

$a_{ri} = f(a_{ri}^i, \omega_i)$ – оценка значимости осуществления обследования в r -ом районе с учетом значимости осуществления поиска в i -ом виде области;

a_{ri}^i – оценка значимости осуществления обследования в r -ом районе, входящего в состав i -го вида области;

$\omega_i = f(R_i, I_k^{инфр}, Y_k, H_k, M_k)$ – оценка значимости осуществления поиска в i -м виде областей;

$S_{ri} = f(v_{ri}^{tp}, G_{пер}, F_{пер})$ – требуемый объем финансовых средств для выполнения в полном объеме поиска в r -ом районе, входящего в состав i -го виде области;

$v_{ri}^{tp} = f(N_{пр}, t_{пр})$ – количество мобильных пунктов наблюдения и технических средств динамического радиационного контроля, которые потребуются для выполнения полного обследования всех объектов, расположенных в r -ом районе поиска, с учетом ограниченного времени;

$C_r^{пот} = f(C_r^{тек})$ – значение потенциального прироста уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения;

$C_r^{тек} = f(C_r, \omega_i)$ – значение текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения;

$C_i = f(v_{ri}^{вып})$ – значение уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения в i -м виде области;

$v_{ri}^{вып}$ – количество объектов, заблаговременно обследованных в r -ом районе к моменту оценки готовности системы мониторинга радиационной обстановки по i -му виду области.

Общая схема проведения исследования по решению сформулированной научной задачи представлена на рисунке 1.

Из приведенного рисунка 1 следует, что в рамках комплексной методики обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки необходимо разработать:

- методику оценки текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки;
- методику обоснования рациональных параметров с учетом текущего уровня готовности системы.

В соответствии с представленной научной задачей, выбор рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки на территории закрытого административно-территориального образования с объектами атомной промышленности для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения должен осуществляться на основе последовательного решения следующих частных задач:

1. Оценки текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения.
2. Обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки с учетом текущего уровня готовности.

Последовательно рассмотрим наиболее приемлемые подходы к решению данных задач, начиная с первой частной задачи.



Рис. 1. Общая схема проведения исследования

При выборе рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки необходимо оценить текущий уровень готовности по выполнению радиационного обследования объектов, участков местности и транспортных потоков, входящих в состав различных видов областей поиска и системы мониторинга в целом по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения с учетом значимости выполнения радиационного обследования по видам областей поиска.

Для количественной оценки текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения необходимо разработать:

- алгоритм классификации районов радиационного обследования;
- алгоритм определения коэффициентов значимости выполнения радиационного обследования по различным видам областей поиска;
- алгоритм оценки значимости выполнения радиационного обследования по различным районам поиска с учетом значимости видов областей поиска, в состав которых они входят;
- алгоритм оценки готовности системы мониторинга радиационной обстановки по каждому виду областей поиска;
- алгоритм определения текущего уровня готовности системы мониторинга с учетом уровня готовности и значимости выполнения радиационного обследования по различным видам областей поиска.

При мониторинге радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения проводится обследование значительного количества объектов (участков дорог, квартир, частных домов, социально-значимых, инфраструктурных, производственных объектов), участков местности (лесных, водных, равнинных, горных) и транспортных потоков (автомобильного и железнодорожного). В этих условиях становится актуальной задача классификации районов радиационного обследования (их группировки по видам областей поиска) на основе метода парных сравнений и метода Дельфи [5-7]. В результате такой группировки все районы радиационного обследования могут быть объединены в виды областей поиска. Под видами областей поиска следует понимать множество объектов, участков местности и транспортных потоков, объединенных исходя из одинакового применяемого дозиметрического оборудования и соответствующих специалистов, необходимых для их обследования.

Разделение всего множества районов радиационного обследования (включающих в себя значительное количество объектов, участков местности и транспортных потоков) на обозримое количество классов позволит существенно облегчить решение задачи оценки текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки. Кроме этого, в результате классификации районов поиска появляется возможность распределения ответственности за их качественное радиационное обследование на соответствующие подразделения (нештатные аварийно-спасательные формирования и спасательные службы). При этом любая группа, выполняющая радиационное обследование, должна наилучшим образом применять технические средства, которыми она оснащена. Для этого в каждом классе территории (виде области поиска) необходимо определить и сгруппировать наиболее похожие между собой объекты, участки местности и транспортные потоки (объединенные в соответствующие районы поиска). В этом случае благодаря объединению районов поиска в рамках каждого вида областей поиска облегчается согласование результатов оценки выполнения радиационного обследования, распределение и перераспределение (при необходимости) ресурсов. Возникает возможность рациональной загрузки руководителей подразделений, что позволяет им сосредоточить свое внимание на координации проводимых мероприятий.

Таким образом, для формирования множества видов областей поиска для предупреждения возможных угроз проявления ядерного терроризма и обнаружения локальных источников ионизирующего излучения необходимо решить задачу классификации множества исходных районов радиационного обследования. Все это, в конечном счете, создает предпосылки выполнения радиационного обследования объектов, участков местности и транспортных потоков в заданные (минимальные) сроки, а также экономии ресурсов.

Следующим шагом в решении задачи оценки текущего уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения является определение коэффициентов значимости выполнения радиационного обследования по каждому виду областей поиска. Для решения этой задачи предлагается использовать метод ранжирования [8-10]. Сущность ранжирования заключается в том, что каждый эксперт располагает видами областей поиска по порядку убывания (возрастания) уровня их значимости. Наиболее значимому виду областей поиска эксперт присваивает ранг 1, второму по значимости – ранг 2 и т.д. до n , где n – число сравниваемых видов областей поиска. После оценки значимости выполнения радиационного обследования по всем видам областей поиска определяется значимость выполнения радиационного обследования по различным районам поиска с учетом значимости видов областей поиска, в состав которых они входят.

Далее определяются уровни готовности системы мониторинга в отдельности по каждой из этих областей. Первым шагом оценки уровня готовности системы мониторинга по каждому виду областей поиска является определение коэффициентов их готовности. Для решения этой задачи предлагается использовать метод анализа иерархии. Применение метода анализа иерархии позволяет определить коэффициенты готовности системы мониторинга по каждому виду областей поиска на основе процедуры их структурирования и упорядочивания в виде иерархии.

Решение данной задачи предусматривает следующие этапы:

- определение вектора локальных приоритетов частных критериев;
- определение матрицы локальных приоритетов видов областей поиска по каждому частному критерию;
- определение вектора глобальных приоритетов видов областей поиска.

С помощью метода анализа иерархии определяются относительные оценки уровня готовности системы мониторинга по видам областей поиска, на основе которых могут быть получены абсолютные оценки по пятибалльной шкале от 1 до 5.

Полученные коэффициенты значимости и уровни готовности системы мониторинга по видам областей поиска позволяют определить текущий уровень готовности системы мониторинга радиационной обстановки в целом на основе разрабатываемой мультипликативной свертки.

Далее рассмотрим наиболее приемлемые подходы к решению второй частной задачи.

В условиях ограничений по финансовым ресурсам обследование всех объектов, участков местности и транспортных потоков, находящихся в зоне контроля в полном объеме не может быть выполнено при огра-

ниченном времени обследования. В этих условиях становится актуальной проблема обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки, которые обеспечат максимальный вклад в повышение уровня готовности системы мониторинга при ограничениях на выделяемые ресурсы.

Планирование мероприятий по совершенствованию системы мониторинга радиационной обстановки в целях предупреждения рисков проявлений ядерного терроризма необходимо осуществлять с учетом текущего уровня готовности системы мониторинга по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения. Данный подход позволит дифференцированно распределить имеющиеся финансовые, материальные, людские и другие ресурсы на выполнение радиационного обследования объектов, участков местности и транспортных потоков за ограниченное время контроля. Для обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения с учетом текущего уровня готовности необходимо разработать:

- алгоритм определения вклада выполнения радиационного обследования по каждому району поиска в повышение уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки;
- алгоритм определения параметров системы мониторинга радиационной обстановки, которые обеспечат максимальный прирост уровня готовности для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения.

Алгоритм определения вклада выполнения радиационного обследования по каждому району поиска в повышение уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки должен предусматривать решение следующих задач:

- оценка значимости выполнения радиационного обследования по различным видам областей поиска;
- оценка значимости выполнения радиационного обследования по различным районам поиска с учетом значимости видов областей поиска, в состав которых они входят;
- определение приведенных коэффициентов значимости выполнения радиационного обследования в каждом районе поиска с учетом требуемых финансовых ресурсов для их выполнения в полном объеме;
- определение потенциального прироста уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения;
- определение вклада в повышение уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки от выполнения радиационного обследования в каждом районе поиска.

Задача определения рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки на вербальном уровне может быть сформулирована следующим образом: для заданного перечня исходных данных необходимо определить параметры системы мониторинга радиационной обстановки, обеспечивающие максимальный суммарный прирост готовности системы мониторинга по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения в условиях ограниченных финансовых ресурсов.

Данная задача – отыскание значений параметров, обеспечивающих экстремум функции, при наличии ограничений, наложенных на аргументы, относится к классу задач математического программирования. Для решения подобного типа задач необходимо определить:

- показатель эффективности для сравнения альтернативных вариантов;
- управляемые переменные (элементы решения задачи);
- условия решения задачи, которые должны быть заданы в качестве исходных данных и не могут меняться в процессе решения задачи, к ним, в частности, относятся ограничения, налагаемые на управляемые переменные.

В качестве показателя эффективности в целевой функции целесообразно выбрать прирост уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки по обнаружению локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения, который измеряется в баллах и может варьироваться в диапазоне от 1 до 5. Управляемыми переменными являются количество мобильных пунктов наблюдения, которые могут быть включены в систему мониторинга для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения. Трудности, возникающие при решении задач математического программирования, зависят:

- от вида функциональной зависимости, связывающей показатель эффективности с элементами решения;
- от «размерности» задачи, т.е. от количества элементов решения;
- от вида и количества ограничений, налагаемых на элементы решения.

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 уровня готовности системы мониторинга радиационной обстановки линейно зависит от элементов решения – количества мобильных пунктов наблюдения, которые могут быть включены в систему мониторинга;
- 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 аргументированный вывод о том, что в основу методики определения рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки для обнаружения локальных источников ионизирующего излучения террористического происхождения целесообразно положить один из методов линейного программирования.

Литература

1. Мазаник А.И., Валуев Н.П., Сергеев И.Ю., Николаев Г.А. Анализ проблемной ситуации организации мониторинга радиационной обстановки в закрытых административно-территориальных образованиях с объектами атомной промышленности. [Текст] // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник». – 2020. – Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – С. 68-75.
2. Решение коллегии МЧС России от 4 декабря 2019 г. № 8/П «Об утверждении актуализированной редакции Концепции радиационной, химической и биологической защиты населения» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://29.mchs.gov.ru/uploads/resource/2020-01-16/25af2d69368086e94629f54b22d54a89.pdf> (Дата обращения 09.05.2021).
3. Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий / В.А. Владимиров, А.Г. Лукьянченков, К.Н. Павлов, В.А. Пучков, Р.Ф. Садиков, А.И. Ткачев под общей ред. доктора технических наук В.А. Владимирова. – М.: ЗАО «Рекламно-издательская фирма «МТП-ИНВЕСТ», заказ №280Л, 2005.
4. Общие инструкции оценки и реагирования на радиологические аварийные ситуации. Международное агентство по атомной энергии МАГАТЭ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1162r_web.pdf (Дата обращения 09.05.2021).
5. Бурнов В.Н. и др. Получение и анализ экспертной информации. – М.: ИПУ, 1991.
6. Горелов В.Е. и др. Методы экспертных оценок. – М.: ВНИИПИ, 1997.
7. Евланов Л.Г. Принятие решений в условиях неопределенности. – М.: Институт управления народным хозяйством, 1976.
8. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Экспертные оценки. – М.: Наука, 1989.
9. Куцовский Л.Ю., Чириков А.Г. Алгоритм ранжирования мероприятий, направленных на повышение безопасности, при подготовке к проведению крупных спортивных соревнований. // Научно-технический журнал «Технологии гражданской безопасности», том 14, № 2 (52) – Москва: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2017.
10. Булегенов Е.П., Мазаник А.И., Смирнов Б.П. Методика оценки текущего уровня готовности муниципального образования к приему эвакуированного населения. // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты, № 3 – Химки: ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», 2018.