

УДК 504.064.36:614.876

doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2020.93.48.011

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМНОЙ СИТУАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В ЗАКРЫТЫХ АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ С ОБЪЕКТАМИ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

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

*<sup>1</sup>ФГБВОУ ВО Академия гражданской защиты МЧС России*

*<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России*

### **Аннотация:**

В статье проведен анализ состояния мониторинга радиационной обстановки в закрытых административно-территориальных образованиях с объектами атомной промышленности. Предложен показатель эффективности системы мониторинга радиационной обстановки, выражающийся в количественном значении. Сформулирована проблемная ситуация, обусловленная низким уровнем эффективности существующей системы, и показаны возможные направления ее разрешения. Сформулировано противоречие в практической области. Сформулирована научная задача, заключающаяся в разработке научно-методического аппарата обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки. Определены этапы решения научной задачи. Проведен анализ факторов, которые необходимо учитывать при выборе рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки.

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

## ANALYSIS OF THE PROBLEM SITUATION OF MONITORING THE RADIATION SITUATION IN CLOSED ADMINISTRATIVE-TERRITORIAL ENTITIES WITH NUCLEAR INDUSTRY FACILITIES

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

*<sup>1</sup>Civil Defense Academy EMERCOM of Russia*

*<sup>2</sup>FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia*

### **Abstract:**

The article analyzes the problem situation of organizing and monitoring the radiation situation in closed administrative-territorial entities with nuclear industry facilities. The efficiency indicator of the radiation monitoring system was determined. The problem situation caused by the low level of efficiency of the existing system is formulated, and possible directions of its resolution are shown. At the verbal level, a scientific task is formulated, which consists in the development of a scientific and methodological apparatus for substantiating rational parameters of the radiation monitoring system. The stages of solving the scientific problem are defined. The analysis of factors that should be taken into account when choosing rational parameters of the radiation monitoring system is carried out.

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

Концепция обеспечения радиационной, химической и биологической защиты населения [1] предусматривает необходимость дальнейшего повышения уровня защищенности и создания благоприятных условий для безопасной жизнедеятельности населения.

Одной из важнейших задач государственной политики Российской Федерации является оптимизация мероприятий по созданию комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения в условиях существующих ограничений на людские, финансовые и материальные ресурсы (рис.1, рис.2).



Рис.1. Схема организации управления и взаимодействия в комплексной системе обеспечения безопасности жизнедеятельности населения

К задачам комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения, решаемым в целях обеспечения радиационной безопасности, относятся: прогнозирование радиационной обстановки; предупреждение и минимизация возможных последствий радиоэкологических инцидентов, проявлений ядерного терроризма, аварий на объектах атомной промышленности и последствий применения ядерного оружия; поддержание постоянной готовности систем мониторинга радиационной обстановки; повышение вероятности обнаружения возможных источников ионизирующего излучения за отведенное время контроля; обеспечение готовности сил и средств, предназначенных для проведения комплекса мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий радиационных инцидентов; повышение экспрессности радиационного контроля.



Рис.2. Примерный состав подсистем, входящих в территориальную комплексную систему обеспечения безопасности жизнедеятельности

Основным элементом подсистемы обеспечения радиационной безопасности является система мониторинга радиационной обстановки. Система мониторинга радиационной обстановки функционирует в пределах заранее определенных границ зоны наблюдения и состоит из стационарных и мобильных пунктов наблюдения, оснащенных дозиметрическим оборудованием с различной обнаруживающей способностью [2] (рис.3).

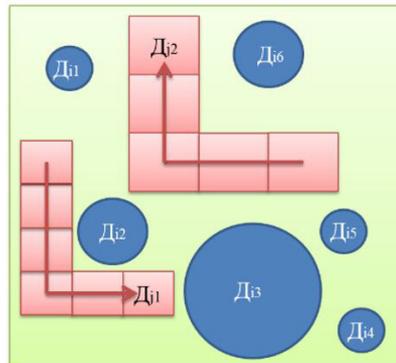


Рис.3. Принципиальная схема осуществления мониторинга радиационной обстановки на определенной территории, где  $D_i$  – стационарный датчик,  $D_j$  – мобильный датчик

К параметрам, которыми характеризуется система мониторинга радиационной обстановки, относятся:

1. Количество  $N_i$  стационарных дозиметрических датчиков, характеризующихся чувствительностью детектора  $\eta_i$  (имп/с на 1 нЗв/ч); стандартным отклонением  $\sigma_i$  (нЗв/ч); пределом обнаружения  $\epsilon_i$  (нЗв/ч), определяемым как минимальное значение приращения мощности дозы излучения источника над фоном, обнаруживаемое системой мониторинга с вероятностью не ниже 0,95 [3]; 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  $A$ .
2. Количество  $N_j$  мобильных дозиметрических датчиков, характеризующихся чувствительностью детектора  $\eta_j$ , стандартным отклонением  $\sigma_j$ , пределом обнаружения  $\epsilon_j$ , 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  $A$ .
3. Скорость контроля, производительность контроля, затраты на проведение контроля, трудоемкость контроля [3]. В предыдущих соотношениях под физической величиной, размерность которой является нЗв/ч, подразумевается мощность амбиентного эквивалента дозы.

В соответствии с установленными требованиями [4;5] к системам мониторинга радиационной обстановки, определение размеров опасных зон радиоактивного загрязнения должно производиться в течение 4-х часов после обнаружения факта радиационного загрязнения местности и обеспечивать определение мощности и уровня радиоактивного загрязнения в диапазоне измерений от  $10^{-7}$  до  $10$  Зв/ч.

В соответствии с рекомендациями МЧС России [5] к числу значимых радионуклидов при организации контроля радиационной обстановки относятся I-131, Cs-137 и Pu-239. Оценим зависимость активности  $A$  для указанных радионуклидов от расстояния  $X$ , на котором они создают радиоактивные зоны с мощностью дозы  $D$  равной  $10^{-7}$  Зв/ч (100 нЗв/ч), для этого найдем соответствующие зависимости  $F_n = A_n(X_n)$ . Расчеты произведем с использованием компьютерной программы для быстрого расчета доз внутреннего и внешнего облучения («РДО»), разработанной автономной некоммерческой организацией «Центр анализа безопасности энергетики при ИБРАЭ РАН» на основе Инструкции МАГАТЭ [6], по следующей формуле:

$$A = \frac{D \times X^2}{K_{\text{перехода}} \times K_{\text{ослабления}}} \quad (1)$$

где  $A$  – активность источника (кБк),  $D$  – значение мощности дозы в точке измерения (Зв/ч),  $X$  – расстояние от источника ионизирующего излучения до точки измерения мощности дозы (м),  $K_{\text{перехода}}$  и  $K_{\text{ослабления}}$  – табличные значения.

Результаты расчета активности  $A$  для различных  $X$  (от 1 мм до 2 км) по рассматриваемым радиоизотопам I-131, Cs-137 и Pu-239 представлены в табл.1.

**Таблица 1. Расчетные значения активности А (в кБк) исследуемых радиоизотопов на расстоянии Х при постоянной мощности дозы в данной точке равной 100 нЗв/ч**

X, м	0,001	0,01	0,1	1	10	100	1 000	2 000
I-131	1,61E-03	1,61E-01	1,61E+01	1,63E+03	1,83E+05	5,57E+07	3,92E+14	3,80E+20
Cs-137	1,05E-03	1,05E-01	1,05E+01	1,06E+03	1,16E+05	2,87E+07	2,36E+13	2,11E+18
Pu-239	2,94E-02	2,95E+00	3,02E+02	3,85E+04	4,32E+07	1,37E+20	1,40E+127	2,67E+244

Например, если дозиметрическое оборудование фиксирует наличие области с мощностью дозы 100 нЗв/ч, то на расстоянии  $X=1$  км от данной области может располагаться источник типа I-131, Cs-137 или Pu-239 с активностью порядка 1013 ... 10127 кБк. Полученные данные не дают полного представления об опасности источника, поэтому требуется оценить возможные последствия с использованием международной шкалы ядерных и радиологических событий INES (табл.2).

**Таблица 2. Оценка ожидаемых последствий по международной шкале INES на основе полученной активности А**

X, м	I-131			Cs-137			Pu-239		
	А, кБк	Экв., кБк	INES, ур.	А, кБк	Экв., кБк	INES, ур.	А, кБк	Экв., кБк	INES, ур.
0,001	1,61E-03	1,61E-03	0-3	1,05E-03	4,20E-02	0-3	2,94E-02	2,94E+02	0-3
0,01	1,61E-01	1,61E-01	0-3	1,05E-01	4,20E+00	0-3	2,95E+00	2,95E+04	0-3
0,1	1,61E+01	1,61E+01	0-3	1,05E+01	4,20E+02	0-3	3,02E+02	3,02E+06	0-3
1	1,63E+03	1,63E+03	0-3	1,06E+03	4,24E+04	0-3	3,85E+04	3,85E+08	0-3
10	1,83E+05	1,83E+05	0-3	1,16E+05	4,64E+06	0-3	4,32E+07	4,32E+11	4
100	5,57E+07	5,57E+07	0-3	2,87E+07	1,15E+09	0-3	1,37E+20	1,37E+24	7
1 000	3,92E+14	5,57E+07	7	2,36E+13	9,44E+14	7	1,40E+127	1,40E+131	7
2 000	3,80E+20	3,80E+20	7	2,11E+18	8,44E+19	7	2,67E+244	2,67E+248	7

Например, источник Pu-239 с активностью, соответствующей 7 уровню (максимальному) ожидаемых радиационных последствий по международной шкале INES (при таком выбросе ожидаются стохастические последствия для здоровья, долгосрочные экологические последствия, требуются защитные меры, такие как укрытие и эвакуация), создает на расстоянии  $X=100$  м (см. табл.2) зону с минимальной мощностью дозы для идентификации системой мониторинга. Другими словами, имеющиеся пункты наблюдения системы мониторинга радиационной обстановки, соответствующие предъявляемым требованиям к чувствительности дозиметрического оборудования [5], должны располагаться на расстоянии не более  $(R+100)$  м от потенциального источника ионизирующего излучения типа Pu-239, чтобы зафиксировать его наличие (рис. 4).

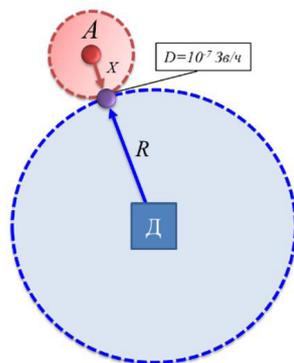


Рис. 4 – Модель функционирования стационарного пункта наблюдения Д, где X – расстояние от источника, на котором создается искомая мощность дозы 100 нЗв/ч, R – расстояние от датчика стационарного пункта наблюдения до окружности с радиусом X

Заметим, что в представленной модели менее активные источники ионизирующего излучения I-131 и Cs-137 необходимо детектировать на удалении не более  $(R+1)$  км.

Величину  $R$  можно определить из следующего выражения:

$$R = X \times \left[ \sqrt{\frac{100 \text{ нЗв/ч}}{\varepsilon_i}} - 1 \right] \quad (2)$$

Из (2) следует, что площадь зоны контроля составляет  $\pi(X+R)^2$  и тем больше, чем выше уровень ядерных и радиологических событий по шкале INES и ниже величина  $\varepsilon_i$ , равная минимальному значению приращения мощности дозы излучения источника над фоном, надежно обнаруживаемого системой мониторинга. Площадь контроля возрастает обратно пропорционально величине  $\varepsilon_i$ , поэтому важно стремиться к повышению чувствительности системы мониторинга.

На графике зависимости  $F_{Pu-239} = A_{Pu-239}(X)$  наглядно показаны зоны, соответствующие различным уровням INES (рис.5).

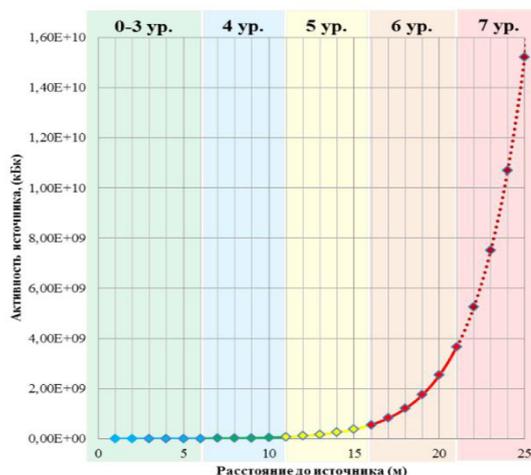


Рис. 5. График зависимости  $A_{Pu-239}(X)$  при  $D=const=100$  нЗв/ч

Таким образом, установлены общие условия для выбора расположения пунктов наблюдения, исходя из их применимости для обнаружения ряда конкретных радионуклидов. На основании показанных условий могут формироваться рекомендации по размещению пунктов наблюдения, входящих в систему мониторинга радиационной обстановки, исходя из различных сценариев развития обстановки, обусловленных рисками радиоэкологических инцидентов, проявлений ядерного терроризма, аварий на объектах атомной промышленности и последствий применения ядерного оружия.

На сегодняшний день по всему миру известно достаточно много случаев, связанных с утратой радиоактивных источников. В медицине, строительстве и других сферах используются специализированные приборы, принцип работы которых основан на использовании радиоактивных изотопов. При этом контроль обращения с радиоактивными элементами в этих сферах деятельности объективно ниже, чем на объектах атомной промышленности или военно-промышленного комплекса.

Наиболее вероятными радиоактивными веществами, которые могут использоваться с целью ядерного терроризма, являются Co-60, Sr-90, Cs-137, Ir-192, Am-241, In-192, Po-210, Ra-226. По фактам незаконного оборота ядерных материалов в базе данных МАГАТЭ содержится информация о более чем 1 200 инцидентах (в том числе случаи хищения (утраты) высокообогащенного урана и плутония). География подобных инцидентов последних 20 лет включает почти 100 стран мира.

К числу подобных случаев относится известный радиационный инцидент, произошедший в г. Краматорске (Украинская ССР, СССР). В 1979 г. в Каранском карьере Донецкой области был потерян источник ионизирующего излучения типа ИГИ-Ц-4 на основе Cs-137 активностью  $5,2 \times 10^7$  кБк, который использовался в радиоизотопном уровнемере, принадлежавшем предприятию по производству щебня. В 1980 году в г. Краматорске был сдан в эксплуатацию новый панельный дом, а потерянная капсула, излучавшая 18 Зв/год, вместе со щебнем оказалась внутри одной из бетонных строительных плит этого дома. С 1980 по

1989 г.г. данный радиационный инцидент стал причиной смерти 6-ти человек, а 17 человек по медицинским показаниям были признаны инвалидами. Обнаружить источник ионизирующего излучения удалось только спустя 10 лет с применением переносного дозиметрического оборудования местной санэпидстанции по инициативе жильца одной неблагополучной квартиры, в которой поочередно от лейкоза умирали живущие там родственники.

Анализируя данную ситуацию, исходя из имеющихся данных об активности источника ионизирующего излучения, и на основании уже проведенных нами расчетов для Cs-137 (см. табл.2), можно полагать, что дозиметрическое оборудование пункта наблюдения системы мониторинга радиационной обстановки (соответствующей установленным требованиям) могло бы детектировать источник Cs-137 с такой активностью на расстоянии около  $(R+100)$  м.

Даже если по экономическим соображениям сложно себе представить, что существующие стационарные пункты наблюдения могут повсеместно располагаться на таком удалении, то при организации развитой сети мобильных пунктов наблюдения, система мониторинга радиационной обстановки вполне могла бы надежно обнаруживать такие источники на селитебной территории.

Рассмотрим другой пример.

Деятельность объектов атомной промышленности неизбежно связана с утилизацией радиоактивных отходов и далеко не всегда предприятие может обеспечивать полное отсутствие источников ионизирующего излучения на территориях и акваториях, прилегающих к объектам атомной промышленности. Известны факты переноса радионуклидов из прудов-накопителей в результате ветрового распространения, смерча, землетрясения, а также водоплавающими птицами и дикими животными. Функционирование систем закачки радиоактивных отходов в глубокие геологические формации связано с рисками проникновения радиоактивных отходов в горизонты, из которых производится питьевое водоснабжение населенных пунктов.

Известны факты, что вблизи ФЯО ФГУП «Горно-химический комбинат» (ЗАО г. Железногорск Красноярского края), где в зоне наблюдения проживает более 100 тысяч человек, обнаруживались участки поймы р. Енисей с аномальным уровнем содержания Cs-137 в почве до 850 кБк/кг. Начиная с 1995 года в пойме р. Енисей обнаруживаются «горячие» частицы с активностью Cs-137 до 30 000 кБк/частицу. При этом, возможности существующей автоматизированной системы контроля радиационной обстановки в зоне наблюдения ФЯО ФГУП «Горно-химический комбинат» не позволяют обнаруживать возникновение таких локальных источников ионизирующего излучения.

Рассмотренные примеры указывают на то, что эффективность существующей системы мониторинга радиационной обстановки находится на низком уровне. Под показателем эффективности системы мониторинга радиационной обстановки предлагается понимать ее способность определять наличие источника ионизирующего излучения заданной активности  $A$  на заданной территории площадью  $Z$  в течение заданного времени  $T$ . Соответственно, с учетом [5] можем применить ограничения:  $D \geq 10^{-7}$  Зв/ч (100 нЗв/ч),  $T \leq 4$  ч.

На основании проведенного анализа сформулирована следующая проблемная ситуация. Существующая система мониторинга позволяет оценивать радиационную обстановку на контролируемой территории только в случае масштабной ситуации и наличия источников чрезвычайно высокой активности, соответствующих максимальным уровням ожидаемых последствий по международной шкале. Следовательно, если ситуация носит локальный характер и/или возникла на удалении от действующих пунктов наблюдения, то оперативно получить данные о радиационной обстановке с использованием только существующей автоматизированной системы контроля радиационной обстановки не представляется возможным [7].

К возможным направлениям разрешения сформулированной проблемной ситуации относятся: создание и оснащение дополнительных стационарных пунктов наблюдения; закупка дозиметрического оборудования, приспособленного для использования в составе мобильных пунктов наблюдения (на базе автомобильного, водного, воздушного транспорта); оснащение пунктов наблюдения высокочувствительными дозиметрическими системами; внедрение новых эффективных способов контроля радиационной обстановки, в том числе развитие способов экспресс-контроля и космических средств радиационного мониторинга; организация массового вовлечения нештатных групп контроля радиационной обстановки. Все указанные направления требуют существенных финансовых, материальных, людских и других ресурсов.

На рис.6 представлен алгоритм обнаружения точечного источника ионизирующего излучения.

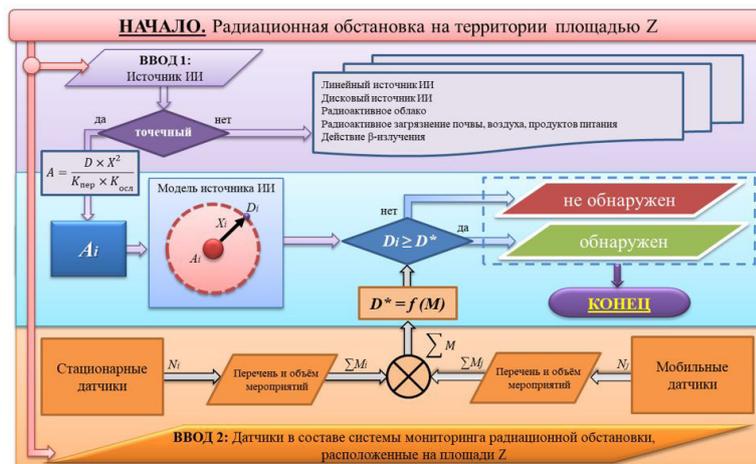


Рис. 6. Блок-схема алгоритма обнаружения источника ионизирующего излучения на определенной территории

Результат выполнения алгоритма (см. рис.6) будет зависеть от выбранных параметров системы мониторинга радиационной обстановки, обнаруживающей способности используемых дозиметрических датчиков [2], каждый из которых характеризуется стандартным отклонением  $\sigma_{ij}$  и стоимостью  $S_{ij}$ .

Обозначенная проблемная ситуация порождает следующее противоречие в практической области обеспечения радиационной безопасности:

- с одной стороны, необходимо повысить эффективность мониторинга радиационной обстановки в закрытых административно-территориальных образованиях с объектами атомной промышленности в условиях имеющихся на данной территории рисков возникновения радиоэкологических инцидентов, развития чрезвычайных ситуаций природного, техногенного, военного характера и проявлений ядерного терроризма, что предопределяет дополнительную потребность в выделяемых ресурсах;
- с другой стороны, финансовые, материальные и людские ресурсы ограничены и не позволяют обеспечить требуемую высокую вероятность обнаружения локальных источников ионизирующего излучения за заданное время контроля.

Разрешение данного противоречия представляется возможным за счет обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки.

Исходными данными для обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки в составе комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения закрытого административно-территориального образования с объектами атомной промышленности являются: характеристика зоны (зон) контроля; численность и условия размещения населения, проживающего (находящегося) на рассматриваемой территории; прогнозируемая активность источника ионизирующего излучения; оценка количества транспортных средств, осуществляющих въезд/выезд из зоны контроля; поисковые характеристики применяемого дозиметрического оборудования (обнаруживающая способность [2;8], вероятность обнаружения (пропуска) источника определенной активности, скорость контроля, производительность контроля, себестоимость и трудоемкость контроля); время, за которое требуется обнаружить источник ионизирующего излучения; требуемая вероятность обнаружения источника ионизирующего излучения; состав сил и средств.

На основании изложенного, становится актуальной научная задача, заключающаяся в разработке научно-методического аппарата для обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки в закрытом административно-территориальном образовании с объектами атомной промышленности с учетом комплекса рисков, обусловленных нарушениями технологических процессов на предприятиях, ухудшением радиоэкологической обстановки, угрозами террористического и военного характера, исходя из специфики региона, территориального размещения объектов защиты и характеристик муниципального образования. Для решения сформулированной научной задачи необходимо:

1. Провести анализ факторов и условий, влияющих на выбор рациональных параметров [9] системы мониторинга радиационной обстановки в закрытом административно-территориальном образовании с объектами атомной промышленности.
2. Сформулировать и представить в формализованном виде научную задачу обоснования рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки с определением исходных данных, целевой функции, основных ограничений и принятых допущений.
3. Разработать методику определения рациональных параметров систем мониторинга радиационной обстановки, с учетом комплекса рисков и специфики закрытого административно-территориального образования.
4. Разработать методическое руководство для должностных лиц по выбору рациональных параметров системы мониторинга радиационной обстановки для выбранной территории.

Реализация на практике предлагаемого научно-методического аппарата позволяет обосновать рациональные параметры системы мониторинга радиационной обстановки в закрытом административно-территориальном образовании с объектами атомной промышленности, что приведет к повышению готовности территориальных комплексных систем безопасности жизнедеятельности по имеющимся радиационным рискам.

### Литература

1. 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 10.11.2020).
2. Сергеев И.Ю., Гарелина С.А., Латышенко К.П., Валуев Н.П. Математическое моделирование дозиметрических систем контроля // Научно-аналитический журнал: «Сибирский пожарно-спасательный вестник». – 2020. – № 1 (16). – Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – С. 64-68.
3. Валуев Н.П., Никоненков Н.В., Сергеев И.Ю., Стасишин Л.А. Радиационный контроль транспортных средств с помощью переносных приборов и стационарных систем // Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Грузовик». – 2015. – №9. – Москва: ООО «Издательство Машиностроение». – С. 35-39.
4. Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8797/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8797/) (Дата обращения 10.11.2020).
5. 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.
6. 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](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1162r_web.pdf) (Дата обращения 10.11.2020).
7. Валуев Н.П., Сергеев И.Ю. Способ определения местоположения источника радиации в транспортном средстве при динамическом контроле // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2016. – №2. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России. – С. 70-75.
8. Соболев И.А., Беляев Е.Н. Руководство по методам контроля за радиоактивностью окружающей среды. – М.: «Медицина», 2002. – 432 с.
9. Мазаник А.И., Булегенов Е.П., Смирнов Б.П. Анализ проблемной ситуации первоочередного жизнеобеспечения эвакуированного населения // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2018. – № 1 (36). – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России. – С. 31-35.