

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМИРОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ С РАДИАЦИОННЫМ ФАКТОРОМ

Кандидат техн. наук *Е.В. Попов*
Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

С.Л. Гаврилов, кандидат физ.-мат. наук *В.А. Пантелеев*,
доктор техн. наук *М.Д. Сегаль*, *С.А. Шикин*
Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН

Рассмотрены вопросы получения и обработки данных от систем мониторинга обстановки в условиях чрезвычайных ситуаций с радиационным фактором, а также дальнейшего использования подготовленных на основе этих данных сведений при информировании должностных лиц, принимающих решения по реагированию на чрезвычайную ситуацию и населения. Более подробно раскрыты вопросы оперативной обработки данных о радиационной обстановке при организации информационных процессов.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация с радиационным фактором, последствия радиационной аварии, реагирование, мониторинг обстановки, обработка данных мониторинга, подготовка оперативной информации, информирование населения.

USE OF DATA FROM MONITORING SYSTEMS TO PROVIDE INFORMATION TO THE PUBLIC IN EMERGENCY SITUATIONS WITH A RADIATION FACTOR

Ph.D. (Tech.) *E.V. Popov*
Federal research center "Nemchinovka"

S.L. Gavrilov, Ph.D. (Phys.-Mat.) *V.A. Panteleev*,
Dr. (Tech.) *M.D. Segal*, *S.A. Shickin*
Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences

The issues of obtaining and processing data from systems for monitoring the situation in emergency situations with a radiation factor, as well as the further use of information prepared on the basis of this data when informing officials making decisions on responding to an emergency and the population is considered. In more detail, the issues of operational data processing on the radiation situation in the organization of information processes are disclosed.

Keywords: emergency situation with a radiation factor, consequences of a radiation accident, response, monitoring of the situation, processing of monitoring data, preparation of operational information, informing the population.

Причинами возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) с радиационным фактором, как правило, могут быть радиационные аварии и радиологические аварийные ситуации, обусловленные несанкционированными действиями с источниками ионизирующих излу-

чений. Кроме того, к подобным ситуациям могут привести резкие осложнения обстановки на радиоактивно загрязненных территориях, к числу которых, можно причислить как природные явления, так и ситуации техногенного характера.

В результате радиационной аварии, которая произошла на Чернобыльской АЭС в 1986 г. радиоактивному загрязнению с плотностью 1 Ки/км² и выше подверглись четырнадцать субъектов РФ. Наибольшему загрязнению подверглись Брянская, Орловская, Калужская и Тульская области [1]. На радиоактивно загрязненных территориях возник целый ряд проблем экономического, радиологического, медицинского, экологического, а также социального и психологического характера. Спустя 35 лет после аварии ее последствия до сих пор ощутимы. В настоящее время на четвертой поздней (восстановительной) фазе этой радиационной аварии продолжают планомерно осуществляться мероприятия, направленные на защиту населения [2] и восстановление пострадавших территорий, в том числе, радиозэкологический мониторинг. Частью его является мониторинг радиационной обстановки на радиоактивно загрязненных территориях.

С точки зрения теории в данной фазе радиационной аварии к осложнениям радиационной обстановки на пострадавших территориях могут привести природные явления в результате которых из сильно загрязненных районов возникнет активное перемещение радиоактивных веществ в менее загрязненные районы. Кроме того, существует ряд различных ЧС, которые на радиоактивно загрязненных территориях будут осложнены радиационным фактором. При реагировании на такие ЧС следует учитывать этот негативный фактор. К подобным ЧС в первую очередь, относятся массовые пожары в радиоактивных лесах [3].

Причиной ЧС с радиационным фактором также может стать радиологическая аварийная ситуация. В случае подобной ситуации основной целью реагирования на нее является защита населения и персонала аварийных служб во время выполнения аварийных работ [4].

Радиологические аварийные ситуации имеют локальный характер и определяются как способные возникнуть в любом месте ЧС, к числу которых в том числе относятся: неконтролируемые опасные источники, такие как оставленные без присмотра, похищенные, утерянные или найденные радиоизотопные источники ионизирующего излучения (ИИИ); использование не по назначению опасных медицинских и промышленных ИИИ; транспортные ЧС с радиационным фактором [5].

В Российской Федерации случаи утраты контроля над ИИИ скрупулезно отслеживаются и фиксируются. За последние 5 лет подобные случаи радиационных инцидентов и ситуаций санитарно-эпидемиологического характера на территории страны, связанные с потерей контроля над ИИИ, происходят регулярно и достаточно стабильно. Число таких ситуаций каждый год около двухсот. К примеру, в 2018 году в России зафиксировано 222 подобных ситуации. Это на 13 меньше, чем в 2017 году. Наибольшее число таких ситуаций в 2018 году приходилось на такие регионы, как г. Москва (31 случай), г. Санкт-Петербург (30 случай), Московская обл. (30 случаев), Оренбургская обл. (24 случая), Свердловская обл. (20 случаев). В 2019 году зафиксировано 192 случая радиационных аварий и ситуаций санитарно-эпидемиологического характера, связанных с потерей контроля над ИИИ, в 32 субъектах Российской Федерации. Из всех отмеченных подобных ситуаций 20,3 % (39 ситуаций) приходилось на обнаружение ИИИ в металлоломе в 12 субъектах [7].

В силу ряда причин, в том числе в силу особого отношения к радиации, в случае ЧС с радиационным фактором ущерб и тяжесть последствий определяется не только непосредственно радиацией, но и нерадиационными факторами. При подобных ситуациях даже в случае незначительности радиологических рисков обостренное восприятие этих рисков общественностью, а также зачастую должностными лицами, принимающими решения по защите населения на территориальном и муниципальном уровнях, является особым фактором уязвимости социально-экономической сферы. Это предъявляет особые требования к четкой оценке складывающейся ЧС, адекватному и своевременному реаги-

рованию, а также эффективному грамотному и оперативному информированию населения [8]. В данном случае предъявляются высокие требования по обеспечению необходимой достоверной информацией об обстановке руководящего состава, принимающего решения по реагированию. Поэтому важную роль при рассматриваемых ЧС будут играть данные, получаемые в результате радиоэкологического мониторинга, в том числе, данные радиационного мониторинга обстановки. Основную роль в этом играют системы радиационного мониторинга, установленные на ядерно и радиационно опасных объектах, а также территориях субъектов РФ. Системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования интегрированы в Единую государственную автоматизированную систему контроля радиационной обстановки (ЕГАСКРО) [9]. К таким интегрированным в ЕГАСКРО системам относятся комплексные системы мониторинга за состоянием защиты населения (КСМ-ЗН). Такие системы были созданы, в первую очередь на радиоактивно загрязненных территориях субъектов РФ. В настоящее время КСМ-ЗН развернуты в 12 субъектах, в том числе на территории Брянской, Орловской, Калужской и Тульской областей, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Получение оперативной достоверной информации для принятия эффективных решений по реагированию на ЧС с радиационным фактором определяется наличием и оснащенностью мониторинговых систем, а также минимально необходимым временем, необходимым для получения информации. Как показывает опыт, при наличии полнофункциональной мониторинговой системы минимальное время необходимое для получения достоверной информации об обстановке при ЧС радиационного характера составляет до 1,5 часов, а при отсутствии такой системы – более суток.

Например, при радиационной аварии на ПО «Маяк» в 1957 г. при химическом взрыве емкости-хранилища высокоактивных жидких радиоактивных отходов данные о реальных масштабах последствий аварии были получены поздно. Фактически более чем через три дня после аварии [10]. В этом случае фактическое отсутствие оперативной и достоверной информации о масштабах и характере радиоактивного загрязнения не позволило своевременно организовать и реализовать защитные меры [11]. Более свежий пример показывает, что опыт аварии на Чернобыльской АЭС не был учтен в полной мере при аварии на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. Отсутствие четкой координации функционирования среди различных элементов системы аварийного реагирования на радиационную аварию оставило должностных лиц, принимающих решение на аварийное реагирование, на начальной и ранней фазах аварии без адекватных оценок, прогнозов и рекомендаций по мерам защиты, что привело к избыточности аварийного реагирования [12].

За последние два десятилетия значительно возросла оснащенность населения средствами индивидуальной коммуникации в социальных сетях и СМИ, которая практически полностью охватывает все население страны. В связи с развитием коммуникаций наблюдается рост обращений населения в МЧС России, в том числе и по вопросам в области ЧС. Например, в 2003 году в систему МЧС России от населения поступило 5,5 тыс. письменных обращений, в 2008 году – уже 32,3 тыс. (уже с использованием электронных средств), а в 2018 – около 99 тыс. Анализ опыта и складывающейся обстановки при ЧС с радиационным фактором позволяет сделать вывод о том, что количество обращений населения может возрасти в десятки раз. При этом недостаток информации, как правило, приводит к появлению большого количества недостоверной информации, особенно в социальных сетях. Недостоверные и информационные «фейковые» вбросы приводят к резкому увеличению радиотревожности населения и социальной напряженности. Если раньше население получало информацию в основном из официальных средств массовой информации (СМИ), то в настоящее время скорость распространения информации и возможности по ее получению, в том числе не совсем достоверной, значительно возросли.

В связи с этим практический опыт показал, что при аварии на АЭС «Фукусима-1» в 2011 г. реакция населения Дальневосточного федерального округа России была достаточно острой, хотя расстояние до аварийной станции составляло более 1 тыс. км. Сложную ситуацию удалось стабилизировать лишь благодаря оперативным действиям по информированию населения, которые организовали представители МЧС России и Госкорпорации «Росатом» совместно со СМИ, основываясь на оперативно сделанных прогнозах развития ЧС [13].

В условиях ЧС с радиационным фактором для сбора сведений об обстановке будут задействованы различные источники информации. В первую очередь это системы мониторинга. На территории России создана Общероссийская комплексная система информирования и оповещения населения (ОКСИОН). Кроме прочего ОКСИОН осуществляет мониторинг химической и радиационной обстановки за счет имеющихся специальных средств. На ядерно и радиационно-опасных объектах имеются автоматизированные системы контроля радиационной обстановки (АСКРО), а в 25 субъектах РФ функционируют территориальные АСКРО, в том числе КСМ-ЗН как было уже сказано в 12 субъектах. Эти системы изначально ориентированы на функционирование в регионах с радиоактивно загрязненными территориями. В состав КСМ-ЗН входит подсистема контроля радиационной обстановки (КРО), которая непосредственно осуществляет радиационный мониторинг в районах функционирования средств системы. По техническому составу КСМ-ЗН имеет стационарные и мобильные средства КРО. Главную функцию по контролю радиационной обстановки на подконтрольных территориях выполняют стационарные средства КРО. Мобильные средства являются необходимым дополнением к стационарным средствам и помогают в более полной мере обеспечить выполнение объема задач в рамках сбора данных о радиационной обстановке, особенно при локальных ЧС с радиационным фактором. Это касается, прежде всего, выполнения специфических задач, таких как: разведка маршрутов движения на радиоактивно загрязненных участках местности; поиск ИИИ и проведение оконтуривания загрязненных радионуклидами участков местности и радиоактивных пятен; осуществление гамма съемки местности; отбор проб и выполнение экспресс анализа этих проб. К стационарным средствам КРО относятся: центр сбора, обработки, передачи и хранения информации о радиационной обстановке (ЦСОИ), каналы связи, стационарные посты радиационного контроля, которые осуществляют измерение радиационного фона в местах установки. Посты, оборудованные метеостанциями, также определяют и передают в ЦСОИ целый ряд метеоданных, необходимых для оценки радиационной обстановки. Полученная информация о радиационной обстановке по субъекту РФ накапливается и хранится на сервере системы, установленном в соответствующем Центре управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) территориального органа МЧС России по субъекту РФ.

Мобильные средства КРО осуществляют вспомогательную функцию и по техническому составу в субъекте РФ могут состоять из передвижных радиометрических лабораторий (ПРЛ), быстроразвертываемых модулей контроля радиационной обстановки (БР МКРО), и мобильных комплексов аэрогамма съемки на базе беспилотных летательных аппаратов. В первую очередь эти средства позволяют оперативно осуществлять получение большого и подробного объема данных по контролю радиационной обстановки при локальных радиологических аварийных ситуациях и в районах осложнения обстановки на радиоактивно загрязненных территориях [14].

Кроме вышеуказанных систем радиационного мониторинга, данные для оценки складывающейся обстановки в районе ЧС с радиационным фактором будут поступать из целого ряда других источников. Данные по радиационному контролю будут поступать от дополнительно сформированных и действующих мобильных групп, осуществляющих радиационную разведку, обследование объектов и населенных пунктов. Дополнительная

информация будет поступать от внутренних систем РСЧС и МЧС России. Информационную и научно-техническую поддержку принятия решений по ситуации будут оказывать профильные специализированные организации. При определении складывающейся обстановки в целом и в целях подготовки необходимой информации для принятия решений по ситуации и информирования населения предусматривается также использование информации из других источников таких как, средства массовой информации и социальные сети.

Данные об обстановке, и в том числе о радиационной, при таком диапазоне используемых источников не будут одинаковыми, они будут значительно различаться и даже зачастую могут быть разноречивыми. В этих условиях следует оценивать особенности источников информации, вводить их приоритетность и применять специальные методы обработки получаемых данных.

Организация информационных процессов в условиях ЧС с радиационным фактором, должна опираться, прежде всего, на своевременную достоверную информацию о состоянии обстановки в достаточном количестве для ее адекватной оценки. А это в свою очередь необходимо для принятия верных решений по реагированию на ЧС и в целях защиты населения. Оперативное получение и обработка данных в целях подготовки достоверной информации необходимой должностным лицам и населению является важным условием для обеспечения безопасности населения при подобной ЧС.

При обработке данных об обстановке следует опираться в первую очередь на наиболее достоверные источники этих данных. В рассматриваемых ситуациях к таким источникам относятся автоматизированные мониторинговые системы. При условии технической исправности средств и правильной организации получения данных, эти данные будут иметь высокую достоверность.

Организация информационных процессов при обработке данных от различных источников в условиях ЧС с радиационным фактором приведена на рис. 1. В реальной ЧС с радиационным фактором может использоваться целый ряд источников информации. На приведенной схеме они классифицируются на три вида: системы мониторинга обстановки, информационные системы различных взаимодействующих структур, в том числе, организаций по научно-технической экспертной поддержке, внутренних систем РСЧС и МЧС России; другие источники, в том числе это могут быть СМИ, соцсети.

В целях определения состояния обстановки в районе ЧС с радиационным фактором необходима обработка разноречивых данных из этих источников. При этом наиболее приоритетными источниками, на оперативные данные которых необходимо опираться будут системы мониторинга. Данные, полученные от этих систем о радиационной обстановке в местах проведения измерений, будут считаться наиболее достоверными, хотя показатели радиационной обстановки, полученные от разных средств системы мониторинга, могут иметь различия. Такие различия будут зависеть от ряда факторов в том числе, погрешностей аппаратуры, ее исправности, разницы в способах проведения измерений мобильными и стационарными средствами КРО, человеческого фактора при использовании средств измерений параметров радиационной обстановки и пр. Еще более разноречивыми могут быть данные прогнозов радиационной обстановки, полученные в результате использования разных прогностических систем. Информация, получаемая от других источников, таких как СМИ и соцсети с высокой долей вероятности может не только различаться, но и быть противоречивой. В связи с этим при обработке полученной информации следует использовать специальные подходы, позволяющие определять степень достоверности полученной информации и определять наиболее вероятное состояние обстановки в условиях подобной ЧС с количественными показателями. Один из таких подходов, опирающийся на методы системного анализа и исследования операций, в основе своей использует теорему гипотез (формула Бейеса). Математические модели процессов сбора и обработки информации о ЧС с радиационным фактором, построенные на основе

теоремы гипотез, позволяют успешно определять количественные показатели состояния обстановки как на основе ранее полученной прогностической оценки, так и при ее отсутствии. В ходе создания подобных математических моделей рассматриваемой ситуации предварительно априорная вероятность состояния радиационной обстановки $P_0(X_e)$, $P_0(X_n)$ может определяться при помощи систем, обеспечивающих прогностическую оценку ЧС с радиационным фактором [15].



Рис. 1. Схема организации информационных процессов при сборе, обработке, подготовке и доведении информации об обстановке в условиях ЧС с радиационным фактором

В качестве упрощенного примера данного подхода по обработке данных приведено раскрытие понятий некоторых значений и математические зависимости. Апостериорная вероятность состояния радиационной обстановки $P_{РОбст.}$ определяется с учетом априорных вероятностей $P_0(X_A)$, $P_0(X_O)$ и данных о радиационной обстановке, полученных из различных источников, в том числе от систем мониторинга. В данном случае $P_0(X_A)$ понимается как значение вероятности соответствия прогноза обстановке, а $P_0(X_O)$ как вероятность ошибки прогноза. При этом X_A это состояние обстановки соответствующее радиационной аварии, X_O – состояние обстановки соответствующее отсутствию аварии. В данном случае например, можно понимать, что уровень, определяемый средствами радиационного контроля будет выше установленного аварийного уровня, соответствующего мощности эквивалентной дозы гамма излучения (МЭД) 0,6 мкЗв/ч. При таком уровне в автоматизированной системе контроля радиационной обстановки выполнена настройка на режим аварии и предусмотрено включение аварийной сигнализации. В зависимости от условий постановки задачи можно понимать и другой уровень, например уровень предупредительный 0,3 мкЗв/ч, когда данные от постов радиационного контроля в ЦСОИ начинают передаваться чаще, как правило, каждые две минуты.

Основные математические зависимости, использующие данный подход, основанные на теореме гипотез (формула Бейеса) [16], для подобной ситуации и рассматриваемых условий имеют вид

$$P_{РОбст.} = \frac{P_0(X_A) \cdot P(S_\partial[X_A])}{P_0(X_A) \cdot P(S_\partial[X_A]) + P_0(X_O) \cdot P(S_\partial[X_O])}, \quad (1)$$

В ходе обработки информации, могут использоваться данные, полученные от целого ряда источников. Для примера приведен вариант построения зависимостей для трех источников данных о радиационной обстановке.

$P(S_\partial[X_A])$ – вероятность совокупности данных на основании предоставляемых источниками верных сообщений C_B , если радиационная обстановка была в состоянии X_A , определяется для трех источников по формуле

$$P(S_\partial[X_A]) = 1P(C_B \setminus X_A) \cdot 2P(C_B \setminus X_A) \cdot 3P(C_B \setminus X_A), \quad (2)$$

где, $1P(C_B \setminus X_A)$, $2P(C_B \setminus X_A)$, $3P(C_B \setminus X_A)$ – вероятности верных сообщений о состоянии обстановки в пределах допустимой заданной погрешности первого, второго и третьего источников данных при состоянии обстановки соответствующей X_A .

Аналогично $P(S_\partial[X_O])$ – вероятность совокупности данных на основании предоставляемых источниками неверных (ошибочных) сообщений C_H , если радиационная обстановка была в состоянии X_A , определяется для трех источников как

$$P(S_\partial[X_O]) = 1P(C_H \setminus X_A) \cdot 2P(C_H \setminus X_A) \cdot 3P(C_H \setminus X_A), \quad (3)$$

где, $1P(C_H \setminus X_A)$, $2P(C_H \setminus X_A)$, $3P(C_H \setminus X_A)$ – вероятности неверных (ошибочных) сообщений о состоянии радиационной обстановки в пределах допустимой заданной погрешности первого, второго и третьего источников данных при состоянии обстановки соответствующей X_A .

Источники могут давать противоречивые сообщения. Тогда вид формул меняется. Например, первый дает правильное сообщение, а второй и третий ошибочные сообщения, тогда в формулах (2) и (3) для определения совокупности сообщений от источников показатели верного значения второго и третьего источников меняются на противоположный показатель неверного значения.

Для иллюстрации возможностей рассмотренного метода определения достоверности оценки состояния радиационной обстановки, ниже приведены два конкретных упрощенных численных примера. Первый пример, когда радиационная авария только возникла.

Заданные условия: В населенном пункте, находящемся на радиоактивно загрязненных территориях после аварии на Чернобыльской АЭС зафиксировано резкое повышение радиационного фона выше аварийного уровня 0,6 мкЗв/ч. Проводится экспресс оценка радиационной обстановки в этом населенном пункте при возникновении локальной ЧС с радиационным фактором. Используются оперативные данные мониторинга от стационарных средств КРО – это первый источник данных, мобильных средств КРО – второй источник данных; другие источники (разноречивые сообщения из соцсетей, используемые после обработки при помощи современных технологий по обработке пространственных данных, таких как технологии семантической фильтрации, ранжирования и классификации информации и технологии по обнаружению и оценке достоверности значимых событий) – третий источник данных.

Значения априорной вероятности обстановки определяются исходя из используемых систем прогностической оценки обстановки. Для большей корректности эти вероятностные значения заданы минимальными параметрами. Во втором примере состояние обстановки не определено и значения наличия аварии и ее отсутствия считаются равновероятными. Вероятности верных и неверных сообщений источников данных определялись по отдельным методикам (например, методике для определения параметров надежности функционирования и передачи данных средств КРО), опираясь на данные, полученные в ходе отдельных научных исследований, в соответствии с условиями приводимого примера. Так как пример не имеет целого ряда заданных параметров по конкретным условиям, таким как физико-климатические и погодные условия, эксплуатационные данные на аппаратуру. Поэтому для корректности вычислений эти параметры заданы ранее определенными и обоснованными диапазонами с минимальными значениями и дальнейшим усреднением вычисленных значений.

Вероятностные значения верных сообщений стационарных средств контроля радиационной обстановки $1P(Cв\backslash X_A)$ будут определяться прежде всего эксплуатационными характеристиками и исправностью и надежностью этих средств. В основе вычисления этих значений лежит теория надежности технических средств. В соответствии с техническими характеристиками аппаратуры этих средств такая вероятность могла бы определяться на уровне не ниже 0,99. Однако в рассматриваемом примере учитывается эксплуатационная надежность по результатам функционирования стационарных средств КРО и данных по отказам на протяжении нескольких лет на радиоактивно загрязненных территориях, а также с учетом того, что передача полученных данных осуществляется посредством сотовой связи. Наибольшее влияние на перебои при передаче данных оказывают сотовые операторы. С учетом этого и проведенных расчетов на основании данных о сотовых операторах, которые в сельской местности имеют не высоко устойчивое качество связи, в данном случае $1P(Cв\backslash X_A)$ определяется в диапазоне на уровне не ниже 0,9-0,95. Соответственно противоположные вероятности $1P(Cн\backslash X_A)$ будут в диапазоне 0,1-0,05.

В качестве второго источника для получения оперативных данных обстановки в населенном пункте использовались мобильные средства КРО в составе ПРЛ, быстроразвертываемого модуля КРО оперативно развернутого в данном населенном пункте. При обработке данных из сотен полученных сообщений превышение аварийного уровня подтвердили 70% сообщений. С учетом погрешностей используемой в мобильных средствах аппаратуры, например, $\pm 15\%$ у блока детектирования БДЭГ-4 дозиметрической установки «Гамма-сенсор», которая будет в основном использоваться на ПРЛ при экспресс обследовании населенного пункта, рассчитанный диапазон значений искомой

вероятности $2P(C\bar{\setminus}X_A)$ при округлении составляет 0,81-0,6. Соответственно $2P(C_H\setminus X_A)$ будут 0,19-0,4.

Из третьего источника данные подвергались обработке при помощи современных технологий обработки пространственных данных по установленным параметрам это обеспечение значений вероятности достоверности обработанных сообщений $3P(C\bar{\setminus}X_A)$ будет в диапазоне не ниже 0,75-0,7. Противоположные значения вероятности $3P(C_H\setminus X_A)$ будут в диапазоне 0,25-0,3.

В первом примере, когда аварийная ситуация на самом деле возникла и проведены два варианта расчетов: **1 вариант**, когда сообщения от всех источников одинаковые и верные; **2 вариант**, когда первый (стационарные средства КРО) и второй (мобильные средства КРО) источники дают верные сообщения, а третий источник (другие источники) дает неверные (ошибочные, фейковые) сообщения. Априорные вероятности состояния обстановки, основанные на прогнозе развития ситуации взятые по минимальному значению составляют $P_0(X_A) = 0,6$; $P_0(X_O) = 0,4$. Результаты по первому примеру приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета конечной (апостериорной) вероятности состояния аварийной обстановки в населенном пункте для 3 источников данных и двух вариантов.
 $P_0(X_A)=0,6$; $P_0(X_O)=0,4$. По двум вариантам определяется $P_{Робст.}$

| Наименование | | Показатели | | | | | | | | Средние показатели | |
|---|-----------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|--|
| 1 источник: стационарные средства КРО | $1P(C\bar{\setminus}X_A) =$ | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | | |
| | $1P(C\bar{\setminus}X_O) =$ | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | | |
| 2 источник: мобильные средства КРО | $2P(C\bar{\setminus}X_A) =$ | 0,81 | 0,81 | 0,6 | 0,6 | 0,81 | 0,81 | 0,6 | 0,6 | | |
| | $2P(C\bar{\setminus}X_O) =$ | 0,19 | 0,19 | 0,4 | 0,4 | 0,19 | 0,19 | 0,4 | 0,4 | | |
| 3 источник: соц. медиа | $3P(C\bar{\setminus}X_A) =$ | 0,75 | 0,7 | 0,75 | 0,7 | 0,75 | 0,7 | 0,75 | 0,7 | | |
| | $3P(C\bar{\setminus}X_O) =$ | 0,25 | 0,3 | 0,25 | 0,3 | 0,25 | 0,3 | 0,25 | 0,3 | | |
| 1 вариант | $P_{Робст.} =$ | 0,997 | 0,996 | 0,992 | 0,99 | 0,994 | 0,993 | 0,984 | 0,979 | 0,991 | |
| 2 вариант | $P_{Робст.} =$ | 0,976 | 0,981 | 0,934 | 0,948 | 0,95 | 0,961 | 0,871 | 0,897 | 0,94 | |

Таблица 2

Результаты расчета конечной (апостериорной) вероятности состояния аварийной обстановки в населенном пункте для 3 источников данных по второму примеру

| Наименование | | Показатели | | | | | | | | Средний показатель | |
|---|-----------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|--|
| 1 источник: стационарные средства КРО | $1P(C\bar{\setminus}X_A) =$ | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | | |
| | $1P(C\bar{\setminus}X_O) =$ | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | | |
| 2 источник: мобильные средства КРО | $2P(C\bar{\setminus}X_A) =$ | 0,81 | 0,81 | 0,6 | 0,6 | 0,81 | 0,81 | 0,6 | 0,6 | | |
| | $2P(C\bar{\setminus}X_O) =$ | 0,19 | 0,19 | 0,4 | 0,4 | 0,19 | 0,19 | 0,4 | 0,4 | | |
| 3 источник: соц. медиа | $3P(C\bar{\setminus}X_A) =$ | 0,75 | 0,7 | 0,75 | 0,7 | 0,75 | 0,7 | 0,75 | 0,7 | | |
| | $3P(C\bar{\setminus}X_O) =$ | 0,25 | 0,3 | 0,25 | 0,3 | 0,25 | 0,3 | 0,25 | 0,3 | | |
| $P_{Робст.} =$ | | 0,964 | 0,972 | 0,905 | 0,985 | 0,927 | 0,943 | 0,818 | 0,853 | 0,921 | |

Результаты определения $P_{РОбст.}$ позволяют сделать вывод, что при использовании вышеприведенных средств в качестве источников данных позволяет с высокой вероятностью правильно определять состояние обстановки в населенном пункте. Согласно данного примера даже при недостоверной информации и фейковых вбросах в соцсетях правильное состояние обстановки в населенном пункте будет определяться с вероятностью не ниже 0,94.

Во втором примере, когда аварийной ситуации на самом деле нет, а в ряде разных источников появилась информация об аварийной ситуации на данной территории и осложнилась обстановка в плане радиотревожности населения и социальной напряженности. Прогноза ЧС с радиационным фактором нет. Апостериорную вероятность в этом случае считаем равновероятной $P_0(X_A) = 0,5$; $P_0(X_O) = 0,5$. Результаты приведены в табл. 2. Первый (стационарные средства КРО) и второй (мобильные средства КРО) источники предоставляют верные данные, что аварийной ситуации нет, а третий источник (в данном случае соц. медиа) дает неверные (ошибочные, фейковые) сообщения.

Использование рассматриваемых средств КРО в качестве источников данных позволяет с высокой вероятностью правильно определять состояние обстановки в населенном пункте. Согласно второго примера при недостоверных информационных вбросах из соцсетей верное определение состояния обстановки в населенном пункте будет определяться с вероятностью не ниже 0,921. Такой высокий показатель достоверности определения состояния обстановки позволяет успешно использовать полученную и обработанную информацию по экспресс оценке состояния обстановки для принятия руководителями верных и эффективных решений по реагированию.

Использование приведенного метода по обработке данных об обстановке в условиях ЧС с радиационным фактором, позволяющего определять апостериорные вероятности состояния радиационной обстановки, играет важную роль, в том числе, в процессах информирования населения и должностных лиц, принимающих решения по реагированию на такую ЧС. Достоверная оценка складывающейся обстановки во многом будет влиять на решения по реагированию на ЧС и результаты реализации этих решений.

Литература

1. Воронов С.И., Седнев В.А. Основные направления и задачи в области преодоления последствий радиоактивного загрязнения территорий в результате аварии на Чернобыльской атомной станции. // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. - 2016, №1, с.30-36.
2. Воронов С.И., Седнев В.А., Смулов А.В. В сборнике: Эколого-ориентированное управление рисками и обеспечение. Оценка последствий аварии на Чернобыльской АЭС и основные направления обеспечения ядерной, радиационной и экологической безопасности территорий. Государственный университет управления. М. - 2017, с.52-60
3. Радиоактивные лесные пожары: справ. пособие / Душа-Гудым С.И.; Федеральная служба лесного хозяйства России, Всероссийский научно-исследовательский институт химизации лесного хозяйства. Москва. - 1999, 160 с.
4. Попов Е.В., Пантелеев В.А., Сегаль М.Д., Гаврилов С.Л., Шикин С.А., Пименов А.Е. Радиологические последствия, аварийное планирование и реагирование при несанкционированных действиях с радиоизотопными источниками ионизирующих излучений // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. - 2020, №1, с. 120-132.
5. Попов Е. В., Пантелеев В. А., Сегаль М. Д., Гаврилов С. Л., Овсяник А. И., Лысенко И. А. Участие подразделений МЧС России и использование специализированных средств и систем в мероприятиях по реагированию на радиологические аварийные ситуации // Технологии техно-сферной безопасности. - 2019, вып. 3 (85), с. 115-126.
6. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. - 2019.–254 с.

7. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. - 2020.–299 с.

8. Арутюнян Р.В., Воронов С.И., Камышанский М.И., Кучеренко С.В., Пантелеев В.А., Перовщиков В.Я. Радиационная безопасность населения. Основы организации и обеспечения. Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Институт риска и безопасности. М.: - 2011, 383 с.

9. Труды ИБРАЭ РАН / под общ. ред. чл.-кор. РАН Л.А. Большова; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. - М.: Наука. - 2007, вып. 15: Развитие систем аварийного реагирования и радиационного мониторинга. – 2014, 315 с.

10. Алексахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А. и др. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. М.: ИздАТ. - 2001, 752 с.

11. Романов Г.Н. Радиационная авария на ПО “Маяк”: практика контрмер, их эффективность и извлеченные уроки // Вопросы радиационной безопасности. - 1997, № 3, с.3-17.

12. Авария на АЭС “Фукусима-Дайити”. Доклад Генерального директора. МАГАТЭ. GC(59)/14 // МАГАТЭ. - 2015. STI/PUB/1710. 279 с.

13. Авария на АЭС “Фукусима-1”: опыт реагирования и уроки. Труды ИБРАЭ РАН, вып. 13, М., Наука. - 2013, 247 с.

14. Арутюнян Р.В., Гаврилов С.Л., Попов Е.В. Перспективы развития автоматизированных систем контроля радиационной обстановки в Мурманской и Архангельской областях за счет комплексного применения мобильных средств // Арктика: экология и экономика. - 2017, № 3 (27), с. 39–48.

15. Попов Е.В., Пантелеев В.А., Сегаль М.Д., Гаврилов С.Л., Седнев В.А., Лысенко И.А. Анализ информационно-моделирующих систем поддержки принятия решений при реагировании на чрезвычайные ситуации радиационного характера // Технологии техносферной безопасности. - 2019, № 2 (84), с. 119-131.

16. Теория вероятностей: учебник / Е.С. Вентцель. – 12-е изд., стер. – Москва: ЮСТИЦИЯ. - 2018, 658 с.

Сведения об авторах

Попов Евгений Валерьевич – ведущий специалист Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», e-mail: rev0063@mail.ru

Сегаль Михаил Давыдович — ведущий научный сотрудник ИБРАЭ РАН, (495) 955 22 14, e-mail: nag@ibrae.ac.ru;

Пантелеев Владимир Александрович – старший научный сотрудник ИБРАЭ РАН, (495) 955 22 14, e-mail: pant@ibrae.ac.ru;

Гаврилов Сергей Львович – зав. отделением ИБРАЭ РАН, (495) 955 22 36; e-mail: gav@ibrae.ac.ru.

Шикин Сергей Александрович – зав. отделом ИБРАЭ РАН, (495) 955 22 84.