

Развитие и совершенствование автоматизированных систем радиационного контроля в регионах РФ

Рассмотрены вопросы развития автоматизированных систем контроля радиационной обстановки в районах расположения объектов использования атомной энергии с учетом сложившихся условий и рисков возникновения радиационной аварии или инцидента с радиационным фактором. Проведен анализ возможных путей развития структуры и компонентов автоматизированных систем контроля радиационной обстановки.

**С.Л.Гаврилов¹, В.А.Пантелеев¹,
А.Е.Пименов¹, М.Д.Сегаль¹,
В.Ю.Яковлев¹, Е.В.Попов²**

¹ ФГБНУ «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН», г. Москва

² ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», г. Одинцово Московской обл.

Ключевые слова:

АСКРО, ПРЛ, КСМ-ЗН, ЕГАСМРО, ВАБ-З ОИАЭ, радиационный контроль, вероятностный анализ безопасности третьего уровня, чрезвычайная ситуация, радиационная авария, мониторинг, аварийное реагирование, система поддержки принятия решений.

Вопрос энергопотребления в современном мире стоит чрезвычайно остро. Согласно наиболее скромным оценкам, к середине XXI века потребление энергии на планете удвоится [1]. Одним из возможных решений энергетической проблемы может стать активное развитие ядерной энергетики. Согласно прогнозам Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), к 2030 г. на планете может быть построено до 600 новых энергоблоков (сейчас их насчитывается 440). Сегодня российская атомная отрасль по темпам развития является одной из передовых в мире. Однако с увеличением числа радиационно-опасных объектов возрастают риски возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) на них. ЧС, обусловленные радиационным фактором, могут возникнуть как непосредственно

на атомных электростанциях (АЭС), так и на других объектах использования ядерной энергии: исследовательских реакторах, заводах, осуществляющих переработку ядерного топлива, а также при нарушении правил обращения и транспортировки радиоизотопных источников ионизирующего излучения, что приводит к возникновению радиологических аварийных ситуаций (РАС) и ситуаций санитарно-эпидемиологического характера (ССЭХ) [2,3,4].

По данным статистики на территории Российской Федерации в 2020 году инцидентов с радиационным фактором различного уровня серьезности было зафиксировано 152, в 2021 г. – 127, в 2022 г. – 151, в 2023 г. – 121. Наиболее распространенными причинами являются обнаружение бесконтрольных радиоизотопных источников ионизирующего излучения (ИИИ), утеря имеющихся ИИИ или нарушение правил их транспортировки [4].

Кроме того, в соответствии с Указом Президента РФ были созданы регионы с особым статусом и повышенными уровнями реагирования на чрезвычайные ситуации [5]. На территориях Донецкой Народной Республики, Луганской Народной Республики, Запорожской и Херсонской областей вводится режим максимального уровня реагирования. На прилегающих территориях, таких как Республика Крым, Краснодарский край, Белгородская, Брянская, Воронежская, Курская, Ростовская области и г. Севастополь вводится режим среднего уровня реагирования. Стоит отметить, что в ряде регионов, где введен средний уровень реагирования, находятся радиационно-опасные объекты (РОО), такие как Нововоронежская, Ростовская, Курская, Смоленская АЭС. Особые условия, предусмотренные указанным документом, предполагают более строгие режимы контроля и повышенную степень готовности к организации мероприятий, направленных на защиту населения и территорий от ЧС и повышение безопасности объек-

тов энергетики и объектов, которые представляют особую опасность для жизни и здоровья населения и для окружающей среды [5].

В связи с этим возникает потребность в непрерывном доступе к данным радиационного мониторинга как в регионах с особым статусом, так и на всей территории РФ для организации мероприятий аварийного реагирования и защиты населения. В настоящее время на территории Российской Федерации функционирует ряд автоматизированных систем контроля радиационной обстановки (АСКРО). Эти АСКРО создавались на базе разных ведомств, и, несмотря на схожий функционал, имеют разные цели, задачи, а следовательно и состав.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации, для осуществления государственного мониторинга радиационной обстановки на территории РФ используется единая государственная автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки (ЕГАСМРО) [6]. Она предназначена для выявления изменений радиационной обстановки, оценки и прогнозирования возможных негативных последствий для населения и окружающей среды. Данная система включает в себя стационарные посты, которые измеряют естественный радиационный фон в месте их установки несколько раз в сутки и передают измеренные значения в единую базу данных. Причем измерения в некоторых местах производятся ручными приборами. Данная система находится в компетенции Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

На территории организаций, занимающихся потенциально опасными работами, их промышленных площадках и зонах наблюдения существуют объектовые и территориальные или, как в случае ГК «Росатом», отраслевые системы контроля радиационной обстановки. Системы ряда предприятий и АЭС интегри-

руются, сопрягаются или напрямую подключаются в отраслевую систему мониторинга радиационной обстановки ГК «Росатом» (ОСМРО), которая в свою очередь является подсистемой ЕГАСМРО.

На региональном уровне существует ряд систем АСКРО, поддерживаемых подразделениями по экологии и природопользованию, либо управлениями по делам гражданской обороны, защите населения от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности (ГОЧСиПБ). Часть таких систем входит в ЕГАСМРО, часть либо обмениваются данными с системами МЧС России, либо находятся в стадии заключения информационного взаимодействия.

На федеральном уровне для аварийного реагирования в целях защиты и информирования населения на базе управлений МЧС России в большинстве регионов РФ существуют комплексные системы мониторинга состояния защиты населения (КСМ-ЗН) и территориальные системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования (ТСРМиАР).

В данные системы входят стационарные посты радиационного контроля, передвижные радиометрические лаборатории (ПРЛ), комплекты мобильных быстроработоспособных автономных постов радиационного контроля (БРАСКРО). Измерения проводятся несколько раз в час, и значения передаются в центры управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) Главных управлений МЧС России.

Стоит отметить, что в большинстве существующих систем измеряется только мощность дозы гамма-излучения, а ряд мест оснащается только ручными приборами. Специалистами отмечается, что отсутствие автоматизированных постов радиационного контроля существенно ухудшает оперативное реагирование в связи с тем, что время развития чрезвычайной ситуации может составлять несколько часов при мгновенных и кратковременных аварийных выбросах [7], когда наиболее важ-

но следить за изменением уровней мощности дозы или активностей радионуклидов. Другой важный аспект заключается в отсутствии автоматизированного информационного обмена между всем многообразием существующих систем, который необходим для осуществления постоянной экспертной поддержки кризисных центров и применения систем поддержки принятия решений. Поэтому возникает потребность в развитии автоматизированных систем контроля радиационной обстановки для задач аварийного реагирования с использованием опыта эксплуатации существующих систем контроля. Развитие должно включать не только расширение измерительных функций систем, но и увеличение эффективности аварийного реагирования, мероприятия которого разрабатываются заранее с учетом прогностических моделей. В этом случае обеспечивается постоянная готовность системы аварийного реагирования, а в особых условиях такая готовность должна быть наивысшей [8].

Направление развития АСКРО должно осуществляться в соответствии с поставленными ей основными задачами, приведенными в нормативных документах [9] и рекомендациях МАГАТЭ [10-13]:

- измерения в автоматизированном режиме параметров, характеризующих радиационную обстановку в зоне наблюдения АЭС (радиационный мониторинг окружающей среды) во всех режимах эксплуатации и авариях;
- получение информации, необходимой для реконструкции активности радионуклидов, выходящих за пределы АЭС при запроектных авариях;
- обеспечение информационной поддержки групп, проводящих радиационные обследования;
- анализ данных метеорологического и радиационного мониторинга окружающей среды с целью построения карт плотности радиоактивных выпадений и дозы облучения

населения с использованием соответствующих моделей и компьютерных средств;

- определение регионов, требующих эвакуации, переселения населения или ограничения потребления продуктов питания.

В настоящее время основной величиной, измеряемой на постах АСКРО, является мощность дозы гамма-излучения, чего, очевидно, недостаточно для решения пяти сформулированных основных задач. Необходимый и достаточный перечень измеряемых радиационных параметров окружающей среды установлен в документах [9,14]:

- мощность амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения;
- метеопараметры;
- объемная активность радиоактивного аэрозоля (паров) в воздухе;
- объемная активность радиоактивных газов;
- удельная (объемная) активность радионуклидов и различных объектов окружающей среды;
- плотность выпадения радионуклидов на почву;
- энергетическое распределение ионизирующего излучения (спектрометрические измерения).

Перед анализом конкретного инструментария постов АСКРО следует остановиться на одном из важнейших и практически значимом вопросе об обосновании размещения и количества постов радиационного контроля для обеспечения эффективности создаваемых и развиваемых АСКРО.

Заблаговременно момент аварийного выброса радиоактивных веществ при авариях на ОИАЭ и, соответственно, условия их распространения в атмосфере неизвестны. Кроме этого, возможны различные варианты развития аварии, ее динамики и величины выбросов [15,16].

В этих условиях размещение постов АСКРО без учета неопределенности условий развития аварии может оказаться недостаточно обоснованным. Для решения этого требуется

использовать методы, учитывающие вероятную природу аварийных выбросов и условий распространения радиоактивных веществ в окружающей среде, одним из которых является методология ВАБ-3 ОИАЭ [17-19].

Для определения количества постов АСКРО и их эффективности может использоваться система критериев «успеха» АСКРО. Под «успехом» будем понимать регистрацию системой какой-либо радиационной аварии. Тогда критерий «успеха» системы (K_{uc}) определяется как вероятность зарегистрировать мощность дозы от облака или от выпадений радиоактивных веществ при аварийном выбросе, превышающую заданную величину хотя бы для одного поста [17].

Пример определения K_{uc} в зависимости от числа постов быстроразворачиваемой автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (БРАСКРО) для некоторой модельной аварии приведен на рис.1.

Для оценки приоритетности размещения постов контроля территориальных АСКРО субъекта федерации России дополнительно используется индекс эффективности поста (Ep), учитывающий численность населения

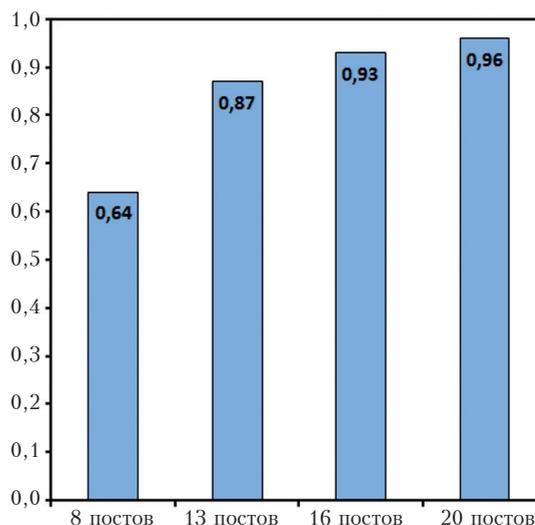


Рис.1. Критерий «успеха» (K_{uc}) БРАСКРО для различного количества постов при установке на оптимальном расстоянии от места выброса РВ.

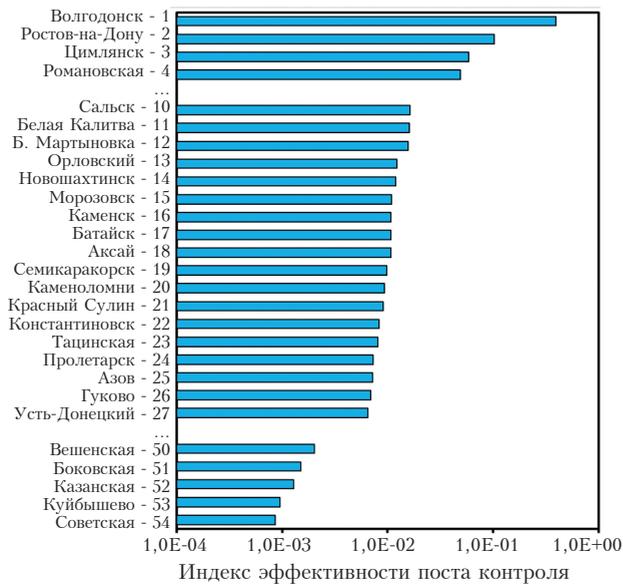


Рис.2. Приоритетный список размещения постов АСКРО на территории Ростовской области.

района – субъекта РФ [18,19]. Пример приоритетного списка размещения постов АСКРО на территории Ростовской области представлен на рис.2.

Эффективность АСКРО определяется интегральным индексом эффективности Es_N [19]. На рис.3 приведены примеры индексов эффективности АСКРО Es_N в зависимости от числа постов на территории при их размещении в порядке убывания величины индекса эффективности поста Ep_i для Саратовской, Смоленской, Ростовской и Нижегородской областей. Приведенные зависимости позволяют определить эффективность системы по критерию Es_N в зависимости от количества постов АСКРО.

Определение приоритетных мест размещения постов контроля по описанной методике использовалось при создании территориальных АСКРО Смоленской, Ростовской, Саратовской и Нижегородской областей (рис.3). В качестве потенциальных источников выбросов РВ рассматривались АЭС, размещенные на территориях субъектов федерации. Специалистами предлагается использовать данный способ

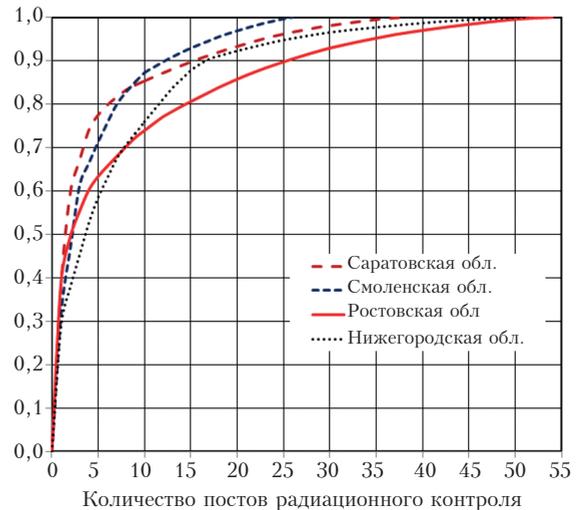


Рис.3. Индекс эффективности территориальных АСКРО Es_N в зависимости от числа постов (при размещении постов с учетом убывания индекса эффективности).

определения количества и мест размещения постов для всех систем АСКРО на территории РФ. Однако описанный метод не является единственным, существует ряд нормативных документов [20] или моделей [21-23], решающих аналогичные задачи с использованием как вероятностных, так и детерминистских методов. Поэтому принятие решений о местах размещения постов АСКРО и их количество должно быть оптимизировано с использованием ряда моделей и в соответствии с другими организационно-техническими факторами: возможность интеграции с другими АСКРО на территории, обеспеченность каналами связи, надежность энергопитания, физическая защита оборудования и тому подобное.

Непосредственно измерительное оборудование постов АСКРО также целесообразно расширить и оптимизировать для увеличения эффективности реагирования на ЧС. На датчики, расположенные на небольшой высоте от земли, очень сильно влияют микроландшафтные особенности, способствующие возникновению процессов переноса, которые очень сложно моделировать, а следовательно, строить прогнозы по

распространению радиационного загрязнения. Поэтому более информативными являются датчики, размещенные на высоте. В связи с этим рекомендуется установка дозиметров мощности дозы гамма-излучения как в приземном слое, так и на крышах зданий, мачтах и прочих высотных сооружениях.

Также во время прохождения облака важно отслеживать динамику его прохождения и определять коэффициент дозовой нагрузки, а через него интегральную дозу. Кроме того, для определения характера выброса, его мощности и нуклидного состава эффективно применение в составе АСКРО постов радиационного контроля с использованием гамма-спектрометров. В процессе моделирования аппаратных гамма-спектров для ряда аварийных ситуаций на АЭС с реактором ВВЭР-1000 была показана возможность использования как полупроводниковых, так и сцинтилляционных спектрометров для регистрации сложных источников ионизирующего излучения [24]. При этом предполагается использование защитных экранов блоков детектирования гамма-спектрометров для создания геометрии регистрации излучения только от облака радиоактивных веществ [25].

Время обнаружения и определения параметров выброса особенно важно в связи с тем, что часто существенная часть получаемой дозы определяется короткоживущими радионуклидами. Непрерывный контроль радиационной обстановки, особенно с применением измерений объемной активности аэрозолей и газов в атмосфере и налаженная координация действий мобильных групп помогают реагировать на такие ситуации.

Использование мобильных групп для уточнения радиационной обстановки, особенно во время острой фазы аварийной ситуации с радиационным фактором, позволяет существенно повысить прогнозируемость развития аварии и адекватность мер реагирования.

В качестве области применений мобильных групп предполагается использование следующих технических средств:

- передвижные радиометрические лаборатории (ПРЛ);
- беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с комплексами аэрогаммасъемки;
- средства контроля радиационной обстановки водной акватории (СКРО ВА);
- быстроразворачиваемые автоматизированные системы контроля радиационной обстановки (БР АСКРО).

ПРЛ играют ключевую роль в составе мобильных средств контроля радиационной обстановки [26]. Использовать ПРЛ можно как для автоматизированного контроля МАЭД по маршруту движения с возможностью анализа гамма-спектров для мест с повышенным фоном, так и для отбора проб окружающей среды, проведения экспресс-анализа проб, уточнения радиационной обстановки с помощью полевых детекторов, а также для доставки БПЛА или БР АСКРО. Кроме этого, ПРЛ может оснащаться установками по контролю объемной активности аэрозолей. Если необходимо проводить разведку вблизи водных преград (рек, каналов), в лесных массивах, где затруднено движение ПРЛ вследствие отсутствия дорог, целесообразно применять беспилотные летательные аппараты. На БПЛА монтируется подвесное оборудование, которое может осуществлять аэрогаммасъемку, видео и тепловое наблюдение. Данный комплекс в рамках контроля РО может решать целый ряд специфических задач, в том числе: оценка характеристик гамма-излучения над заданным участком местности в режиме реального времени, получение спектральных характеристик измеряемого гамма-излучения; выявление в процессе полета радиационных аномалий на подстилающей земной поверхности и их распознавание как точечных или площадных объектов, которые представляют собой источ-

ники гамма-излучения с определенным радионуклидным составом; осуществление фотографирования обследуемых участков местности по командам оператора или по координатам, заданным полетной программой; ведение видеосъемки с помощью цветной видеокамеры, в том числе для осуществления визуальной оценки обстановки; ведение тепловизионной разведки с помощью тепловизионной камеры, в первую очередь, для выявления источников горения. В районе АЭС, где, как правило, имеется акватория водоема, целесообразно применение средств контроля радиационной обстановки водной акватории. СКРО ВА может базироваться на моторной лодке или катере и оснащается приборами для контроля РО в прибрежной зоне и водной среде, средствами для забора проб воды и донных отложений, а также средствами навигации и связи.

Однако доступность данных радиационного мониторинга большой детализации не позволит эффективно реагировать на РА без критически важного компонента АСКРО – системы поддержки принятия решений аварийного реагирования (СППР АР). Эта система решает задачи по обобщению, анализу и обработке данных о состоянии обстановки, полученных со стационарных и мобильных постов контроля. Она позволяет выполнять моделирование и прогнозирование развития РА в целях поддержки принятия обоснованных оперативных решений на действия, направленные на предотвращение ЧС, обусловленную РА или РАС и минимизацию ее негативных последствий. СППР АР должна быть построена таким образом, чтобы обеспечивать экспертную поддержку решений по реагированию на рассматриваемую ЧС. Эта поддержка может осуществляться научно-исследовательскими организациями во взаимодействии со структурами регионального, межрегионального и федерального уровней, которые должны

выполнять задачи в рамках своей компетенции по вопросам аварийного реагирования. Развитие этой системы может осуществляться, в том числе, за счет: разработки новых специальных приложений программного обеспечения; обновления и наращивания аппаратной базы в случае применения более современных высокопроизводительных элементов; проведения необходимой интеграции систем в другие взаимодействующие автоматизированные информационные системы. В СППР АР включается система информирования населения субъекта РФ, а также органов исполнительной власти, органов местного самоуправления по вопросам рассматриваемого аварийного реагирования на ЧС. Эта система должна развиваться, в первую очередь, за счет повышения возможностей по информированию населения через специальные приложения в интернете и социальных сетях. Для систем аварийного реагирования и защиты населения должна быть предусмотрена система обучения персонала для поддержания функционирования программно-технического комплекса и применения мобильных средств. Развитие осуществляется за счет разработки и создания учебно-тренировочных комплексов, а также за счет разработки учебных и методических материалов.

Заключение

Таким образом, развитие атомной энергетики, расширение использования радионуклидных ИИИ в медицине и промышленности, сложившиеся в ряде регионов особые условия требуют новых подходов и практических действий по развитию систем АСКРО.

Потребность в информационном обмене между различными системами АСКРО для максимизации объема данных для оперативно-го использования в программах моделирования и прогноза делает необходимым использование единых баз данных. Безусловно, часть

информации, особенно от объектовых систем, может быть ограниченного доступа, но даже в этом случае требуется заранее разработанный регламент и технические возможности по обмену информацией в случае возникновения ЧС.

Подготовленность и применение таких систем позволит минимизировать возможный ущерб от масштабных и долговременных

негативных факторов ЧС с радиационным фактором, обусловленных РА или РАС. Методология ВАБ-3 ОИАЭ может быть успешно применена для количественной оценки эффективности АСКРО при различных вариантах размещения и количестве постов контроля с учетом неопределенности параметров выброса РВ и условий распространения в атмосфере на момент аварии.

Литература

1. L.M. Voronin. Perspektivy razvitiya atomnoy energetiki Rossii v XXI veke. URL: http://www.wdcb.ru/mining/articles/art_3/perspect.html (accessed March 31, 2019). Rol yadernoy energetiki v sovremennom mire. Bezopasnost i stoimost, YuNIDO v Rossii, 4 (2011). URL: http://www.unido-russia.ru/archive/num4/art4_18/ (дата обращения: 31.03.2019).
2. Попов Е.В., Воронов О.С. Использование мобильных средств комплексной системы мониторинга за состоянием защиты населения при радиологических аварийных ситуациях. В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. М., 2021. С. 481-490.
3. 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.
4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2024. 364 с.
5. Указ Президента Российской Федерации от 19.10.2022 № 757 «О мерах, осуществляемых в субъектах Российской Федерации в связи с Указом Президента Российской Федерации от 19 октября 2022 г. № 756».
6. Описание единой государственной автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки (ЕГАСМРО) URL: <http://egasmro.ru/ru/about> (дата обращения 06.03.2023).
7. Владимиров В.А., Измалков В.И., Измалков А.В. Радиационная и химическая безопасность населения // Деловой экспресс. 2005. 544 с.
8. Арутюнян Р.В., Большов Л.А., Боровой А.А., Велихов Е.П. Системный анализ причин и последствий аварии на АЭС «Фукусима-1». Монография. ИБРАЭ РАН. М., 2018, 408 с.
9. СанПин 2.6.1.24-03 «Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций» (СП АС-03); НП-001-15, «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций».
10. EPR-NPP 2013, Measures to Protect the General Population in the Event of a Severe Accident in a Light-Water Reactor, IAEA, Vienna, 2013.
11. RS-G-1.8, Monitoring the Environment and Sources for Radiation Protection Purposes, IAEA, Vienna, 2016.
12. IAEA-TECDOC-1092/R, Guidelines for Monitoring Nuclear or Radiation Accidents, IAEA, Vienna, 2002.
13. GSR-3, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA, Vienna, 2014.

14. MU 2.6.5.008-2016, Radiation Situation Monitoring: General Requirements, FMBTs im. A.I. Burnazyana FMBA Rossii, 2016.
15. Арутюнян Р.В., Пантелеев В.А., Сегаль М.Д., Панченко С.В. Вероятностный анализ безопасности третьего уровня ВАБ-3 как этап повышения безопасности // Атомная энергия. 2017. Т. 123. Вып. 6. С. 344-349.
16. Пантелеев В.А., Сегаль М.Д., Пименов А.Е. Вероятностный анализ безопасности третьего уровня как средство поддержки принятия решений о размещении АЭС // Атомная энергия. 2021. Т. 130. Вып. 4. С. 188-192.
17. Пантелеев В.А., Сегаль М.Д., Гаврилов С.Л., Пименов А.Е., Попов Е.В., Мартынюк Ю.Н. Оптимизация функциональных возможностей быстроразворачиваемой АСКРО с использованием методов вероятностного анализа безопасности третьего уровня (ВАБ-3) // АНРИ. 2018. № 1(92). С. 40-52.
18. Пантелеев В.А., Попов Е.В., Гаврилов С.Л., Сегаль М.Д., Яковлев В.Ю., Мартынюк Ю.Н. Применение методов вероятностного анализа безопасности третьего уровня (ВАБ-3) ОИАЭ для оптимизации размещения постов радиационного контроля территориальных АСКРО // АНРИ. 2018. № 3(94). С. 48-45.
19. Пантелеев В.А., Сегаль М.Д., Попов Е.В., Гаврилов С.Л., Шикин С.А., Пименов А.Е. Территориальные АСКРО и перспективы использования вероятностного анализа безопасности третьего уровня (ВАБ-3) для оптимизации размещения постов контроля // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2018. № 4. С. 66-79.
20. РБ-053-10. Положение о повышении точности прогностических оценок радиационных характеристик радиоактивного загрязнения окружающей среды и дозовых нагрузок на персонал и население. Утвержден приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 8 июня 2010 г. № 465. МТ 1.1.4.02.999.1720-2020. Размещение постов автоматизированной системы контроля радиационной обстановки вокруг атомных станций. Методика. Утверждена приказом АО «Концерн Росэнергоатом» от 02.10.2020 г. № 9/01/1533-П.
21. Елохин А.П. Принципы размещения датчиков мощности дозы вокруг АЭС // Атомная энергия. 1994. Т. 76. Вып. 3. С. 188-193.
22. Елохин А.П., Жилина М.В., Рау Д.Ф. Метод расстановки постов АСКРО для двух и более энергоблоков АЭС // Глобальная ядерная безопасность. 2012. № 1(2). С. 53-62.
23. Грицюк С.В., Яцало Б.И., Афанасьев Г.И., Пичугина И.А. Оптимизация структуры сети мониторинга радиоактивно загрязненных территорий с использованием многокритериальных генетических алгоритмов и нейронных сетей // Обнинск. Известия вузов. 2010. № 4.
24. R.I. Bakin, A.A. Kiselev, E.A. Plichev, A.M. Shvedov «A new approach for modeling pulse height spectra of gamma-ray detectors from passing radioactive cloud in a case of NPP accident», *Nuclear Engineering and Technology*, vol. 54, issue 12, 2022, pp. 4715-4721, ISSN 1738-5733.
25. Federal Information Foundation for Traceability of Measurements: Information on Approved Types of Measuring Instruments [Electronic resource], Rosstandart, Moscow, 2017.
26. Попов Е.В., Пантелеев В.А., Сегаль М.Д., Гаврилов С.Л., Пименов А.Е. О планировании маршрутов передвижных радиометрических лабораторий при чрезвычайных ситуациях радиационного характера // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2020. № 4. С. 44-53.

Development and Improvement of Automated Radiation Monitoring Systems in the Regions of the Russian Federation

Gavrilov Sergei¹, Panteleev Vladimir¹, Pimenov Artem¹, Segal Mihkael¹, Yakovlev Vladislav¹, Popov Evgeni²

¹ Nuclear safety institute of Russian academy of sciences, Moscow, Russia

² Federal state budgetary scientific institution «Federal Research Center «Nemchinovka», Odintsovo, Moscow region

Abstract. The paper focuses on the development of automated radiation monitoring systems in areas where nuclear facilities are located taking into account current conditions and risks of a radiation accident or incident involving a radiation factor. Possible ways of developing the structure and components of automated radiation monitoring systems are analyzed.

Keywords: RMS, Mobile Radiometric Laboratory, integrated monitoring system for the state of protection of the population, subsystem of radiation situation control, EGASMRO, Level 3 PSA, radiation monitoring, probabilistic safety assessment, emergency, radiation accident, monitoring, emergency response, decision-support system.

С.Л.Гаврилов (зав.отд.)¹, В.А.Пантелеев (к.ф.-м.н., с.н.с.)¹, А.Е.Пименов (с.н.с.)¹, М.Д.Сегаль (д.т.н., в.н.с.)¹, В.Ю.Яковлев (к.ф.-м.н., с.н.с.)¹, Е.В.Попов (к.т.н., доцент, нач. отд.)²

¹ ФГБНУ «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН», г. Москва

² ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», г. Одинцово Московской обл.