

# Стратегия радиационного мониторинга для защиты персонала и населения в случае аварии

Подходы к организации радиационного мониторинга при нормальной эксплуатации и в случае нарушений нормальной эксплуатации АЭС принципиально различны. Средства и методы радиационного мониторинга, предназначенные для нормальной эксплуатации, не всегда применимы в случае радиационной аварии. В статье рассматриваются подходы к реализации стратегии радиационного мониторинга, направленной на получение оперативной информации о радиационной обстановке для принятия решений по мерам защиты населения с учетом рекомендаций, изложенных в документах МАГАТЭ и МКРЗ.

## **Ключевые слова:**

*стратегия радиационного мониторинга, регламент радиационного контроля, нарушение нормальной эксплуатации АЭС, предел безопасной эксплуатации.*

**А.Д.Косов, А.А.Орехов,  
Д.В.Илларионенкова,  
И.В.Смирнов**

(Всероссийский Научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций, Москва, Россия)

В статье рассмотрены аспекты организации радиационного мониторинга в целях принятия решений по защите персонала и населения в условиях радиационной аварии на АС (в ситуации аварийного облучения [1]<sup>1</sup>).

Защита населения в случае чрезвычайной ситуации природного или техногенного характера основана на заблаговременном планировании системы защитных мероприятий [2,3]. Специфика реагирования на чрезвычайные ситуации, обусловленные выходом радиоактивных веществ за пределы площадки объекта использования атомной энергии, в том числе АС, заключается в необходимости характеристики динамично изменяющейся

<sup>1</sup> В [1] рассматриваются три вида ситуаций облучения: ситуации планируемого, аварийного и существующего облучения, а фундаментальные принципы обоснования и оптимизации применяют во всех этих ситуациях.

радиационной обстановки в окружающей среде, которая оказывает многофакторное воздействие на организм человека.

Поэтому в рамках планирования защитных мероприятий на случай радиационной аварии принципиально важно предусмотреть организацию радиационного мониторинга<sup>2</sup> в процессе ее развития. Очевидно, что подходы к организации радиационного мониторинга при нормальной эксплуатации и в случае аварии принципиально различаются.

Аварии на Чернобыльской АЭС (26.04.1986) и АЭС Фукусима-1 (11.03.2011) показали, что отсутствие заранее спланированной стратегии радиационного мониторинга негативно сказывается на оперативности, эффективности и обоснованности мер по защите персонала и населения, что неминуемо приводит к неблагоприятным последствиям для жизни и здоровья людей, экономическим и социальным потерям на территориях,

подвергшихся радиационному воздействию [6].

Например, после аварии на Чернобыльской АЭС [5,6,7] первые ориентировочные карты загрязнения территории отдельными радионуклидами ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ) были получены только через три месяца (в июле 1986 г.) [7], а детальная характеристика радиологической обстановки заняла несколько лет. При этом эвакуационные мероприятия для защиты населения были инициированы более чем через сутки после аварии.

Япония на момент аварии на АЭС Фукусима-1 располагала системой мониторинга радиационной обстановки, а также автоматизированной системой поддержки принятия решений [8]. Однако в результате наложения внешних факторов (потеря электроснабжения, повреждение транспортных путей, дефицит топлива) реализовать их возможности в полной мере не удалось [8]. Реализация первого комплексного

плана мониторинга начата только в августе 2011 года, что позволило оценить общее воздействие аварии на пострадавшие районы и подготовить дополнительные меры, направленные на защиту и безопасность населения.

В соответствии с нормативными требованиями Российской Федерации в области радиационной защиты населения, проектом атомной станции должны быть предусмотрены системы для измерения параметров, характеризующих радиационную обстановку в помещениях и на площадке АС, а также в районе ее расположения, на всех этапах жизненного цикла АС при нормальной эксплуатации и нарушении нормальной эксплуатации<sup>3</sup> [9,10,11,14,16].

При этом цели радиационного мониторинга при нормальной эксплуатации и в случае нарушения нормальной эксплуатации различны.

При нормальной эксплуатации источник выброса находится под контролем (ради-

<sup>2</sup> В рамках данной статьи под термином «мониторинг» понимается определение, представленное в документе [4]. Мониторинг (monitoring) – измерение уровня дозы или загрязнения (радиоактивного загрязнения) для оценки или контроля за облучением в результате воздействия излучения или радиоактивных веществ, а также интерпретация результатов.

- Слово «измерение» применяется здесь в несколько более широком смысле. Под «измерением» дозы часто подразумевается измерение величины эквивалента дозы, представляющей (в качестве замены) величину дозы, которую можно измерить непосредственно. Кроме того, в качестве предварительной меры при измерении может применяться отбор проб.

- Мониторинг можно классифицировать двумя разными способами: в зависимости от того, где проводятся измерения: индивидуальный мониторинг (индивидуальный дозиметрический контроль), мониторинг рабочего места, мониторинг источника и мониторинг окружающей среды; и по цели мониторинга: текущий мониторинг (контроль), связанный с выполнением конкретного задания, мониторинг (контроль) и специальный мониторинг (контроль).

(Примечание переводчика: англоязычному термину «monitoring» не всегда соответствует русскоязычный эквивалент «мониторинг»; в частности, предпочтение отдается термину «контроль» в таких случаях как индивидуальный дозиметрический контроль, текущий контроль, контроль, связанный с выполнением конкретного задания, и специальный контроль.)

<sup>3</sup> В данной статье в контексте нарушений нормальной эксплуатации рассматривается область за пределами безопасной эксплуатации по радиационным параметрам (авария) [11].

оактивные вещества и (или) ионизирующее излучение находятся в границах, предусмотренных проектной документацией АС) [10]. В таком случае основной целью мониторинга радиационных параметров является подтверждение условий и пределов безопасной эксплуатации, в том числе пределов по выбросам и сбросам радиоактивных веществ в окружающую среду, а также контроль целостности физических барьеров [17].

Так как условия мониторинга при нормальной эксплуатации достаточно хорошо прогнозируемы, то объем, виды, периодичность, измеряемые радиационные параметры разрабатываются и обосновываются в проекте АС [14,16] и излагаются в соответствующих Регламентах радиационного контроля АС. В то время как основной целью радиационного мониторинга в случае аварии является количественная оценка величин, характеризующих радиационную обстановку на площадке и в районе размещения АС для обоснования вмешательства.

В случае радиационной аварии средства и методы мониторинга радиационных параметров, предназначенные для нормальной эксплуатации, не всегда применимы по следующим причинам:

- невозможно заранее определить точки пробоотбора

(зона радиационного поражения непосредственно зависит от параметров источника выброса, метеорологических условий и др.);

- отсутствует обоснованный перечень контролируемых величин и объектов контроля в условиях аварийной ситуации;
- трудности при использовании передвижной радиологической лаборатории в результате повреждения зданий, сооружений и дорог в районе расположения АС;
- важность временного фактора с точки зрения эффективности мер защиты;
- высокие значения мощности дозы и, соответственно, повышенные дозовые нагрузки на персонал, занятый в процессе получения данных о радиационной обстановке;
- вероятность превышения верхних границ диапазонов измерений средств измерений, ограниченное время на отбор проб и выполнение измерений и т. д.);
- ограниченность людских и материальных ресурсов для осуществления радиационного контроля (персонал, лаборатории, средства измерений и т. д.);
- другие причины, не позволяющие своевременно осуществить радиационный мониторинг.

## Стратегия радиационного мониторинга в случае аварии

В случае аварии на АЭС, когда радиационная обстановка в районе расположения АС характеризуется высокой вариативностью, целесообразно придерживаться заранее определенной и обоснованной на стадии аварийного планирования стратегии радиационного мониторинга. Основной целью такой стратегии является выявление приоритетных направлений, выбор инструментов и методов измерения радиационных параметров в зависимости от непрерывно изменяющихся условий на АС и внешних условий, а также потребностей в исходных данных для обоснования вмешательства.

При этом для обеспечения принятия решений по мерам защиты персонала и населения возникает необходимость в оперативном представлении большого объема данных радиационного мониторинга, средствах и методах их обработки, а также способах их интерпретации для инициирования той или иной формы вмешательства.

Радиационный мониторинг окружающей среды необходим для получения адекватной картины изменяющейся радиационной обстановки как на площадке АС, так и за ее пределами.

В соответствии с современными международными рекомендациями, учитывающими опыт реагирования на аварию на АЭС Фукусима-1, одним из начальных этапов разработки стратегии радиационной защиты (а следовательно, стратегии радиационного мониторинга) является установление на стадии аварийного планирования территорий [17,18,19,20], в пределах которых может оказаться необходимым принятие решений по защите персонала и населения и другим мерам реагирования.

Масштаб возможных последствий аварии, который напрямую зависит от характеристик и параметров АС, определяет стратегию радиационного мониторинга.

### Критерии принятия решений

Неотъемлемым элементом стратегии радиационного

мониторинга являются критерии принятия решений, позволяющие количественно оценить радиационное воздействие в зависимости от фазы<sup>4</sup> аварии. Величиной, характеризующей радиационное воздействие на человека, является доза облучения (эффективная, эквивалентная, ОБЭ-взвешенная). Критерии, относящиеся к указанным дозиметрическим величинам, называют общими радиологическими критериями [20] (табл.1). Данные критерии применимы для целей аварийного планирования, в том числе для оценки опасности ОИАЭ и обоснования размеров зон аварийного планирования. Однако в процессе развития радиационной аварии они не применимы, так как указанные дозиметрические величины непосредственно неизмеримы, и для перехода к ним требуется сложная процедура интерпре-

тации результатов мониторинга [18,19,20].

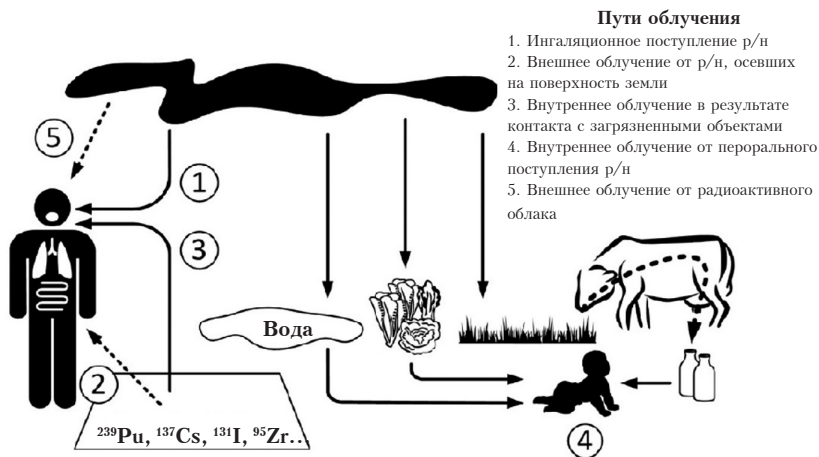
Для обоснования вмешательства и интерпретации результатов мониторинга в процессе развития радиационной аварии рекомендуется [18,19,20] использовать признаки, характеризующие состояние реакторной установки – уровни действия в аварийной ситуации (далее – УДАС), а также измеряемые в окружающей среде величины или действующие уровни вмешательства (далее – ДУВ), разработанные заранее, а не во время развития аварии.

В стандартах МАГАТЭ [19,20] представлены рекомендуемые применительно к тяжелой аварии на легководном ядерном реакторе ДУВ, непосредственно связанные со сценарием облучения и опасностью радиационного воздействия по тому или иному пути облучения.

**Табл.1.** Дозиметрические величины, используемые в ситуациях аварийного облучения [20].

Дозиметрическая величина	Условное обозначение	Назначение
Величины радиационной защиты		
ОБЭ-взвешенная поглощенная доза	$AD_T$	Для оценки детерминированных эффектов, возникающих в результате облучения органа или ткани
Эквивалентная доза	$H_T$	Для оценки стохастических эффектов, возникающих в результате облучения органа или ткани
Эффективная доза	$E$	Для оценки вреда, связанного с возникновением у облученного населения стохастических эффектов

<sup>4</sup> Согласно п.11.2.3 СП АС-03 [14], планирование и осуществление необходимых мероприятий должно проводиться с учетом следующих фаз развития аварии: ранняя, средняя и поздняя фазы. **Ранняя фаза** аварии охватывает период времени от начала аварии до момента прекращения выбросов радиоактивных веществ в атмосферу и окончания формирования радиоактивного следа на местности. **Средняя фаза** аварии продолжается от момента завершения формирования радиоактивного следа до принятия всех мер защиты населения. **Поздняя фаза** аварии длится до прекращения необходимости в выполнении защитных мер. Фаза заканчивается одновременно с отменой всех ограничений на жизнедеятельность населения загрязненной территории и переходом к обычному санитарно-гигиеническому и радиационному контролю сложившейся обстановки.



**Рис.1.** Пути радиационного воздействия [19].

К таким критериям относятся: мощность амбиентного эквивалента дозы на высоте 1 м от уровня земли; мощность дозы на расстоянии 10 см от поверхности кожи человека; концентрация радионуклидов в пищевых продуктах, молоке и питьевой воде; мощность дозы при контакте с кожей в районе щитовидной железы (далее – ЩЖ) [19,20].

### Пути радиационного воздействия

Подходы к определению объемов и видов мониторинга в ситуации аварийного облучения

в случае радиационной аварии основаны на анализе путей воздействия на разных фазах аварии [4,14,17].

Основные пути внешнего и внутреннего радиационного воздействия представлены на рис.1 и в табл.2 [6,17,19].

В случае крупной радиационной аварии внешнее и/или внутреннее облучение обусловлено различными путями воздействия. Внешнее облучение происходит от облака радиоактивного аварийного выброса и от радионуклидов, осевших на землю, здания, одежду и кожу. Внутреннее

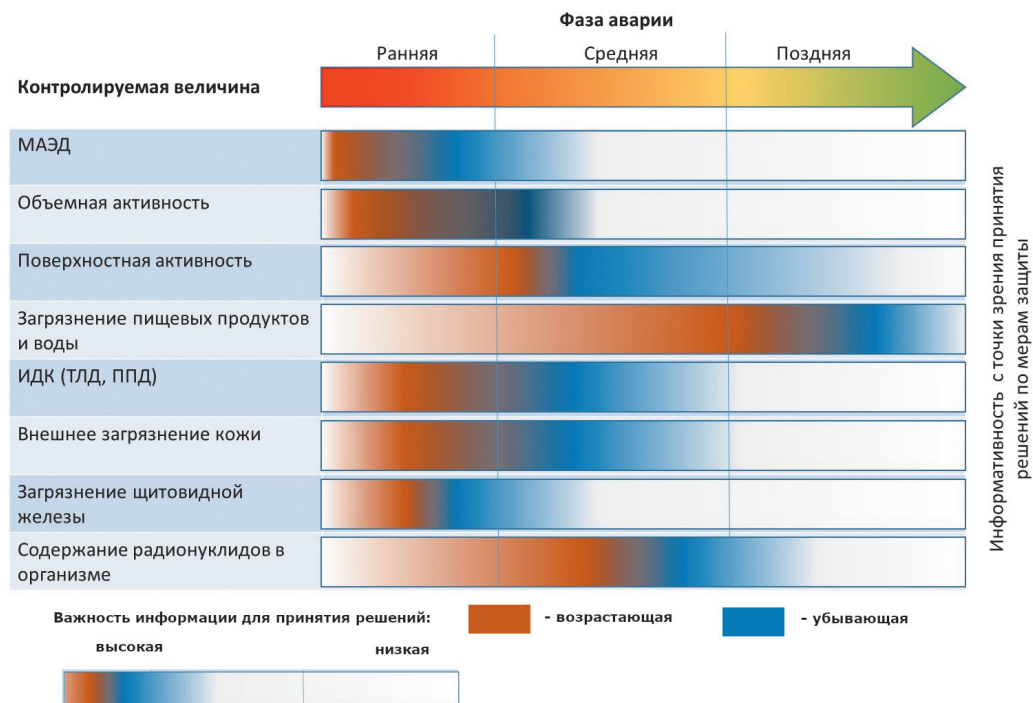
облучение возникает в результате ингаляционного поступления радионуклидов из облака выброса или ресуспендированных с загрязненных поверхностей, или перорального поступления в результате потребления загрязненной пищи и воды, а также от непреднамеренного попадания радионуклидов на землю или предметы.

На разных фазах аварии вклад в дозу внешнего и внутреннего облучения может изменяться в зависимости от пути воздействия. Для принятия решения по мерам защиты персонала и населения может варьироваться приоритетность получения информации о различных измеряемых (контролируемых) величинах (рис.2, табл.3.).

Ключевой величиной, демонстрирующей степень радиологической опасности, является мощность амбиентного эквивалента дозы (далее – МАЭД). На ранней фазе аварии мониторинг, как правило, основан на оценке

**Табл.2.** Пути радиационного воздействия.

Вид облучения	Путь воздействия
Внешнее облучение	1) Прямое воздействие источников ионизирующего облучения на человека
	2) Воздействие от радионуклидов, находящихся в облаке выброса
	3) Контактное воздействие радионуклидов на кожу человека
	4) Воздействие от радионуклидов, осевших на подстилающую поверхность
Внутреннее облучение	1) Воздействие от радионуклидов, поступивших в организм человека по ингаляционному пути
	2) Воздействие от радионуклидов, поступивших в организм с пищей и водой по пероральному пути
	3) Воздействие от радионуклидов трития, находящихся в облаке выброса и поступивших в организм через кожу
	4) Воздействие от радионуклидов, подвергшихся вторичному ветровому подъему с подстилающей поверхности, и поступивших в организм человека по ингаляционному пути



**Рис.2.** Информативность радиационных величин для принятия решений по мерам защиты населения при различных фазах аварии.

**Табл.3.** Радиационные величины, представляющие наибольшую важность для принятия решений на различных фазах аварии.

Вид облучения	Путь воздействия	Контролируемая величина	Фаза аварии		
			Ранняя	Средняя	Поздняя
Внешнее	Внешнее воздействие от проходящего облака и радионуклидов, осевших на землю	МАЭД	✓	✓	✓
		Поглощенная, эффективная, эквивалентная дозы	✓	✓	✓
		Объемная активность радионуклидов в воздухе	✓	✓	✓
		Внешнее загрязнение кожи	✓	✓	●
		Поверхностная активность выпадений	●	✓	✓
Внутреннее	Поступление радионуклидов из облака по ингаляционному пути	Объемная активность радионуклидов в воздухе	✓	●	●
		Содержание радионуклидов в организме	●	✓	●
		Поступление радиоизотопов йода в ЩЖ	●	✓	●
	Пероральный путь в результате потребления загрязненных пищевых продуктов и воды	Содержание радионуклидов в организме	●	✓	✓
		Концентрация радионуклидов в крови, моче и т. д.	●	✓	✓
		Удельная активность радионуклидов в почве, пище и питьевой воде	●	✓	✓

внешнего воздействия от облака выброса путем измерения МАЭД, а также на отборе проб атмосферного воздуха с целью оценки дозы внешнего облучения и внутреннего облучения по ингаляционному пути. Как только формирование радиоактивного следа завершено, мониторинг необходимо сосредоточить на оценке воздействия от радионуклидов, осевших на подстилающую поверхность, путем измерения активности грунта с целью оценки доз внешнего облучения, а также внутреннего облучения ЩЖ по пероральному пути поступления.

На ранней фазе аварии радиационное воздействие в наибольшей степени обусловлено ингаляционным поступлением радионуклидов йода, присутствующих в облаке выброса. Поэтому ключевое значение в этот период играет оценка дозы облучения ЩЖ детей и беременных женщин. При этом мониторинг окружающей среды не может дать точной оценки индивидуального воздействия на ЩЖ человека. Поэтому необходимо предпринять конкретные усилия по срочному мониторингу содержания радиоактивного йода в ЩЖ у детей и беременных женщин. Учитывая сравнительно небольшой период полураспада радиоизотопов йода

(<sup>131-135</sup>I), важно инициировать такие измерения непосредственно после прохождения радиоактивного облака, но не позднее нескольких недель после поступления в организм.

Средняя фаза характерна внешним облучением от подстилающей поверхности, загрязненной радиоактивными выпадениями, и внутренним облучением от поступления радионуклидов в результате употребления загрязненных пищевых продуктов и воды.

Последний вид радиационного воздействия становится доминирующим на поздней фазе аварии, что требует развертывания обширной программы измерений удельной активности радионуклидов в почве, пище и питьевой воде для принятия решений об ограничении использования сельскохозяйственной продукции, а также ограничении товарообмена. Кроме того, на основе этих данных могут быть приняты решения о расширении ранее принятых защитных мер (например, временное переселение). Детальный мониторинг окружающей среды имеет важное значение для понимания радиологической ситуации в результате загрязнения обширных районов и для прекращения срочных защитных мер, осуществляемых на ранней фазе аварии.

По мере того как радиоактивные выбросы прекращаются, становится возможным все более детальный мониторинг в районах, подвергшихся загрязнению, следовательно, увеличивается объем радиационных измерений.

Впоследствии для получения достоверных оценок облучения персонала и населения используется счетчик излучения человека (СИЧ), измерения биологических проб (например, радионуклиды в моче, цитогенетические измерения крови) или ретроспективная дозиметрия. На основании этих данных по оценке полученной дозы конкретным индивидуумом могут быть приняты решения о медицинском вмешательстве.

Результаты контроля радиационной обстановки в помещениях, на промплощадке и в районе расположения АС должны собираться централизованно и должны быть доступны всем заинтересованным организациям, ответственным за реагирование на всех фазах развития аварии с целью принятия решений по мерам защиты.

Рекомендуется, чтобы результаты радиационного мониторинга регулярно доводились до сведения общественности и сопровождались четкими разъяснениями относительно уровня опасности и мер по вмешательству.

## **Инструменты радиационного мониторинга и прогноза в случае аварии**

Для принятия долгосрочных решений, а также моделирования ситуации на обширных территориях необходимо выполнить прогнозные оценки динамики радиоактивного загрязнения окружающей среды во времени и пространстве. Прогнозы радиационной обстановки могут быть сделаны с использованием результатов мониторинга, метеорологической информации и модельных расчетов.

В настоящее время одной из ключевых систем радиационного контроля, предназначенной для поддержки принятия решений по мерам защиты населения в случае аварии на АС АО «Концерн Росэнергоатом», является автоматизированная система контроля радиационной обстановки (далее – АСКРО).

Авария на АЭС Фукусима (2011 г.) стала импульсом для пересмотра требований к техническому оснащению, надежности и размещению автоматизированных постов контроля [8,10]. В связи с этим, на АС проводится масштабная работа по модернизации АСКРО с целью повышения надежности (сейсмостойкости) постов контроля.

В качестве меры эффективности АСКРО выбрана

вероятность регистрации последствий минимального аварийного выброса, приводящего к необходимости защиты населения. Таким образом, АСКРО может рассматриваться как один из элементов стратегии радиационного мониторинга в случае аварии.

## **Примеры реализации программно-технических комплексов поддержки принятия решений в стратегии радиационного мониторинга**

Примерами реализации программно-технических комплексов поддержки принятия решений в случае аварии на АЭС являются системы RODOS (Европейская система), NARAC (США), SPEEDI (Япония).

Европейская компьютерная система поддержки принятия решений в случае радиационных аварий RODOS [21,22] является интегрированной оперативной системой поддержки принятия решений в случае радиационной аварии в Европе, предоставляющей информацию по радиационной обстановке и ее динамике, масштабах и преимуществах различных стратегий защиты и рекомендуемых контрмерах. Главной целью системы RODOS является обеспечение комплексной поддержки принятия решений для периода времени, начи-

ная с ранней фазы развития аварии, и вплоть до нескольких лет после выброса, а также для расстояний от ближайшей зоны источника выброса до сотен километров от него.

Система разработана при поддержке Европейской комиссии и установлена в национальных центрах аварийного реагирования в более чем 20 странах Европы и мира.

Национальный консультативный центр по выбросам в атмосферу (National Atmospheric Release Advisory Center, NARAC) [23] расположен в Ливерморской национальной лаборатории и в режиме реального времени предоставляет Департаменту энергетики США (United States Department of Energy, DOE) и Федеральному агентству по управлению в чрезвычайных ситуациях США (The Federal Emergency Management Agency, FEMA) услуги по оценке воздействия на население опасных факторов (природных, химических, биологических, радиационных) в случае пожаров, взрывов, утечки опасных веществ и аэрозолей, а также по оценке размеров зон поражения и мер защиты населения. Центр NARAC имеет широкий набор расчетных моделей и программных кодов, использующих актуальную географическую, демографическую и

метеорологическую информацию (включая прогнозы погоды), предоставляемую Национальным управлением океанических и атмосферных исследований, BBC, ВМФ США.

Япония также располагает собственной системой поддержки принятия решений о защите населения в случае радиационной аварии – SPEEDI (System for Prediction of Environment Emergency Dose Information). В соответствии с национальной системой аварийного реагирования Японии, решения по мерам защиты во время аварии на АЭС Фукусима-1 (11.03.2011) должны были основываться на оценках прогнозируемой дозы для населения, выполненных с ее помощью. ПТК SPEEDI, в свою очередь, моделирует распространение радиоактивного облака на основе параметров источника выброса, полученных из системы поддержки аварийного реагирования (Emergency Response Support System – далее ERSS) АЭС «Фукусима-1». Однако данные из системы ERSS перестали поступать в SPEEDI по причине утраты энергоснабжения и отказа канала связи АЭС Фукусима-1 и сервером ПТК SPEEDI, что привело к недостатку исходных данных, необходимых

для проведения оценок. ПТК SPEEDI впоследствии была признана неработоспособной по причине отсутствия надежных и автономных средств электропитания постов радиационного мониторинга, а также отсутствия резервирования каналов связи и передачи данных между этими постами и сервером обработки данных [8,24].

Аналогично системе RODOS, в Российской Федерации НПО «Тайфун» разработанная система RECASS-NT. В этой системе применяются признанные на международном уровне модели распространения радиоактивного загрязнения в окружающей среде, но для полноценного использования в качестве средства поддержки принятия решений указанная система должна располагать данными о параметрах источника выброса.

### Заключение

Подходы к организации радиационного мониторинга в условиях нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии, принципиально различны.

При этом в случае аварии на АС в процессе принятия решений о защите персонала и населения сложно переоценить важность оперативной

информации о радиационной обстановке.

Стратегия радиационного мониторинга определяет приоритетные в данный момент усилия и контролируемые величины в зависимости от фазы аварии, а также пути радиационного воздействия. Кроме того, она определяет методическое обеспечение и программные комплексы для обработки и интерпретации результатов измерений, а также базу критериев для оценки радиологической опасности.

Подобная стратегия реализована в ряде зарубежных стран (США, Южная Корея, европейские страны).

Основная задача данной стратегии состоит в оперативном получении информации о радиационной обстановке для принятия решений по мерам защиты населения в случае радиационной аварии.

На случай радиационной аварии в целях обеспечения эффективного реагирования на стадии планирования должна быть разработана стратегия радиационного мониторинга с учетом международных стандартов МАГАТЭ и МКРЗ, а также опыта ведущих стран мира, развивающих атомную энергетику.

## Литература

1. Публикация 103 МКРЗ. Рекомендации 2007 г. Международной комиссии по Радиационной защите.
2. Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.12.2003 N 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».
4. Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности. Терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты, 2007.
5. Абагян А.А., Асмолов В.Г. и др. Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ//Атомная энергия. 1986. Т. 61, вып. 5.
6. ICRP PUBLICATION 146. Radiological protection of people and the environment in the event of a large nuclear accident. Update of ICRP publications 109 and 111.
7. Израэль Ю.А. и др. Радиоактивное загрязнение природных сред в зоне аварии на Чернобыльской атомной электростанции//Метеорология и гидрология. 1987. N 2.
8. Авария на АЭС Фукусима-Дайити. Доклад Генерального директора МАГАТЭ. МАГАТЭ, 2015.
9. Федеральный закон от 9 января 1996 г. N 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения».
10. НП-001-15. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций.
11. РБ-152-18. Комментарии к федеральным нормам и правилам «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15).
12. СанПин 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).
13. СанПин 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010).
14. СанПин 2.6.1.24-03. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03).
15. МУ 1.1.4.01.1531-2018. Организация радиационного контроля в районе расположения атомных станций. Методические указания.
16. СанПин 2.6.1.2216-07. Санитарно-защитные зоны и зоны наблюдения радиационных объектов. Условия эксплуатации и обоснование границ (СП СЗЗ и ЗН-07).
17. Международное агентство по атомной энергии. Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты. Руководство по безопасности N RS-G-1.8, МАГАТЭ, Вена, 2016.
18. Нормы безопасности МАГАТЭ. Общие требования безопасности. GSR, Part 7. Готовность и реагирование в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации. МАГАТЭ, 2016.
19. Международное агентство по атомной энергии. Меры по защите населения в случае тяжелой аварии на легководном реакторе EPR-NPP. Действия по защите населения. МАГАТЭ, 2013.
20. Серия норм МАГАТЭ по безопасности, GSG-2. Критерии для использования при обеспечении готовности и реагирования в случае ядерной или радиологической аварийной ситуации. МАГАТЭ, 2016.
21. The RODOS system version PV6.0. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH Institut für Kern- und Energietechnik (IKET) Hermann-von-Helmholtz-Platz 1, 76344 Eggenstein-Leopoldshafen, Germany, august 2005.
22. C. Rojas-Palma et al. Radiation protection dosimetry. Nuclear technology publishing data assimilation in the decision support system rodos. Vol. 104, no. 1, pp. 31-40, 2003.
23. Michael M. Bradley, «An emergency response resource for predicting the atmospheric dispersion and assessing the consequences of airborne radionuclides», *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 96, issues 1-3, July–September 2007, pp. 116-121.
24. Косов А.Д., Орехов А.А., Коротков А.С., Турлова А.В. Автоматизированная система контроля радиационной обстановки в районе размещения АЭС как инструмент обеспечения безопасности//Атомная энергия. 2018. Том 125.

## Radiation Monitoring Strategy for Personnel and Population Protection in Case of Accident

Kosov Aleksei, Orekhov Aleksandr, Illarionenkova Daria, Smirnov Ilya (All-Russian Research Institute for the Operation of Nuclear Power Plants, Moscow, Russia)

**Abstract.** The approaches to the organization of radiation monitoring during normal and abnormal operation are fundamentally different. In the event of a radiation accident, the means and methods for monitoring radiation parameters intended for normal operation are not always applicable. The article discusses approaches to the radiation monitoring strategy implementation aimed at obtaining timely radiation situation information for decision-making of protective measures taking into account the recommendations given in IAEA and ICRP documents.

**Key words:** *radiation monitoring strategy, radiation monitoring regulations, abnormal NPP operation.*

*А.Д.Косов (нач.отд.), А.А.Орехов (гл.эксп.), Д.В.Илларионенкова (гл.спец.),  
И.В.Смирнов (инж.) – Всероссийский Научно-исследовательский институт по эксплуатации  
атомных электростанций, Москва, Россия.*

*Контакты: тел. +7 (495) 376-00-69; e-mail: IVSmirnov@vniiaes.ru.*