

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-2-128-134>

УДК 621.311.25:614.876:502/504

АНАЛИЗ КОНЦЕПЦИЙ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

М. К. Мукешева^{1*}, С. В. Фесенко²

¹ РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан», Астана, Казахстан

² НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ, Москва, Россия

*E-mail для контактов: mukusheva@nnc.kz

В настоящей статье представлен анализ международных документов по обоснованию систем мониторинга в районах размещения объектов использования атомной энергии. Основной международной организацией, осуществляющей регулирование в области радиационной безопасности, включая требования к организации радиационного контроля и мониторинга радиоактивного загрязнения окружающей среды является Международное Агентство по Атомной Энергии (МАГАТЭ). Устав МАГАТЭ уполномочивает Агентство устанавливать нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму последствия для жизни и имущества, деятельности, связанной с использованием радиационных технологий. Нормы безопасности МАГАТЭ должно использовать в своей собственной работе, а государства члены МАГАТЭ могут применять посредством их включения в свои регулирующие положения в области ядерной и радиационной безопасности. Регулярно пересматриваемые нормы безопасности МАГАТЭ являются ключевым элементом глобального режима защиты человека и окружающей среды.

Ключевые слова: радиоэкологический мониторинг, радионуклиды, годовая эффективная доза, АЭС, нормы безопасности.

ВВЕДЕНИЕ

Во всем мире, особенно в технологически развитых странах, существует большое количество ядерных установок, что определяет необходимость разработки и поддержания систем мониторинга, как на площадке размещения этих предприятий, так и за их пределами. Контролируемый выброс радионуклидов в атмосферу и водную среду является легитимным способом обращения с радиоактивными материалами, применяемым в атомной промышленности и смежных с ней областях.

В Казахстане также функционируют исследовательские ядерные установки, производится добыча урана и имеются территории, на которых проводились ядерные испытания. Следовательно, радиоэкологический мониторинг также является важным компонентом экологического мониторинга окружающей среды. Однако, до настоящего времени не создана

единая государственная система мониторинга радиационной обстановки. Так, например, в Российской Федерации на протяжении многих лет проводится мониторинг радиационной обстановки на радиационно-опасных объектах, включая 11 АЭС, 4 специализированных научно-технических организаций, 6 предприятий ядерного оружейного комплекса и 10 предприятий заключительной стадии жизненного цикла. Для обеспечения единых подходов и критериев оценки радиационной обстановки в России создана Единая государственная автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки, которая объединяет локальные системы мониторинга Росатома, локальные системы мониторинга других ведомств, и в первую очередь – сеть мониторинга Росгидромета и системы мониторинга субъектов Федерации.



Рисунок. Единая государственная автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки Российской Федерации (ЕГАСМРО)

Под анализом концепций, заложенных в основу мониторинга окружающей среды, принято понимать основные принципы его организации, включая анализ целей и задач его проведения, ограничений, рассматриваемые объекты и требования к методическому и аппаратному обеспечению.

Вопросы, связанные с организацией мониторинга радиационных объектов, рассматриваются в документах различного уровня, включая международные стандарты безопасности и технические документы, раскрывающие особенности мониторинга в районах размещения радиационных объектов и опыт его организации. К регулирующим документам в этой области относятся:

- основополагающие принципы безопасности основы безопасности: SF 1 [1].
- Требования безопасности: Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности. Общие Требования Безопасности, № GSR часть 3 [2].
- Руководство по безопасности. Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты, № RS-G-1.8 [3].
- Программы и системы радиационного контроля источников и окружающей среды. Документ серии докладов по безопасности № 64 [4].

Рекомендации по техническим аспектам организации мониторинга также рассматриваются в документах серии Технических докладов МАГАТЭ, в частности в Руководстве по отбору проб почвы и растительности для радиологического мониторинга [5].

Основы безопасности определяют фундаментальные цели обеспечения радиационной защиты и безопасности. Так, в части обеспечения мониторинга источников и установок в этом документе декларируется, что государственные органы должны обеспечить принятие мер по мониторингу выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду.

Представленные выше документы в части организации и ведения радиоэкологического мониторинга согласуются с требованиями других международных организаций, таких как ISO (Международная организация по стандартизации) и ICRU (Международный комитет по радиологическим единицам) [6–11], отражая международный консенсус, существующей в этой области на международном уровне.

АНАЛИЗ КОНЦЕПЦИЙ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Под анализом концепций, заложенных в основу мониторинга окружающей среды, предполагаются основные принципы его организации, включая анализ целей и задач его проведения, ограничений, рассматриваемые объекты и требования к методическому и аппаратному обеспечению.

Преимуществом международных документов по концепции мониторинга окружающей среды является

то, что они образуют строгую вертикаль требований к радиационной безопасности, каждое из которых вытекает из предыдущих и обеспечивает ясное понимание рекомендаций по мониторингу окружающей среды, отличающихся степенью детализации.

Руководство по мониторингу окружающей среды для целей радиационной защиты № RS-G-1.8 МАГАТЭ [3] определяет рекомендации по основным аспектам программ мониторинга, включая основные и дополнительные цели этих программ.

Основные цели мониторинга направлены на проверку результатов мониторинга источников и связанного с ним моделирования, чтобы убедиться, что прогнозы согласуются и пределы облучения не превышены. В работе [12] выполнен обзор и сравнение программных средств, предназначенных для прогнозирования радиационного воздействия на население при нормальной эксплуатации или в случае аварийной ситуации на АЭС.

В числе дополнительных целей, которые обычно должны выполняться программой мониторинга, включен непрерывный мониторинг воздействия установки на изменение содержания техногенных радионуклидов в окружающей среде и проверка моделей с целью их совершенствования для уменьшения неопределенностей в оценке дозы.

Таким образом, программы мониторинга должны включать измерения и сбор соответствующей вспомогательной информации, а также оценку доз для критических групп населения (или репрезентативного человека) в связи с присутствием радиоактивного материала в окружающей среде и демонстрацию соблюдения разрешенных пределов сбросов.

Ситуации вмешательства, в которых требуется осуществление мер для уменьшения или предупреждения облучения, могут представлять собой ситуации аварийного облучения или ситуации хронического (длительного) облучения. Защитные действия и восстановительные меры, как правило, могут не потребоваться в ситуациях, когда уровни вмешательства или уровни действий не превышены или, возможно, не будут превышены.

Исходной информацией для принятия решения в отношении введения защитных или восстановительных мер также обычно являются данные мониторинга. Поэтому необходимо разработать общую стратегию осуществления мониторинга и восстановительных мер и в случае аварийных ситуаций; такая стратегия разрабатывается индивидуально для каждого объекта с учетом всех особенностей аварии и возможных путей облучения людей.

Мониторинг источников или окружающей их среды не требуется, если эти источники обуславливают уровни облучения, которые «исключены» из области регулирующего контроля, поскольку величина облучения или вероятность его возникновения не подлежит контролю согласно требованиям Международных основных норм безопасности (МОНБ) [2]. При-

мером являются газообразные выбросы радона, образующегося в почве, и продуктов его распада через систему вентиляции зданий АЭС.

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СЕТИ МОНИТОРИНГА

При создании сети мониторинга отбора проб необходимо учитывать метеорологические условия в районе расположения объекта, использующего ядерную энергию, текущее и будущее землепользование, особенности сельскохозяйственной практики, почвенные и гидрологические условия [3]. Также необходимо учесть, что точки отбора проб должны быть выбраны в местах, позволяющих оценить степень воздействия на репрезентативного человека. Пробы должны быть отобраны в зонах, где ожидается максимальное выпадение, а также в зоне, где, как предполагается, выпадения не будет, в качестве контрольной. Программы отбора проб для ядерных установок включают в себя предэксплуатационные исследования и маршрутный отбор проб. Основной целью предэксплуатационного отбора проб является определение фоновых концентраций активности в окружающей среде и, по возможности, получение информации необходимой для оценки последствий выбросов и сбросов радионуклидов.

Выбор мест отбора проб должен осуществляться на этапе подготовки проекта размещения ядерной установки, а программы отбора проб до начала эксплуатации должны основываться на прогнозируемых количествах радионуклидов, которые могут содержаться в выбросах объекта использования атомной энергии в ходе его последующей эксплуатации, и потенциальных путях облучения. Программа отбора проб должна осуществляться в течение нескольких лет до ввода объекта в эксплуатацию и обеспечивать получение данных не только об исходных концентрациях активности в различных компонентах окружающей среды, но и об их естественных изменениях.

Такие места отбора проб могут быть выбраны на основе моделирования путей облучения вблизи ядерной установки. Хотя большинство мест отбора проб должно быть выбрано в зонах отбора проб на основе вышеуказанных принципов, точки отбора проб должны также охватывать репрезентативные типы землепользования и почвы для получения полной базовой информации, необходимой для аварийного реагирования. Однако такой отбор проб должен осуществляться только до начала работы установки, в то время как отбор проб на остальных участках должен проводиться ежегодно в течение эксплуатационного периода объекта. На этапе эксплуатации расположение площадок отбора проб может быть изменено на основании фактической информации о радиоактивных выбросах, изменениях в землепользовании вблизи ядерной установки и т.д.

На этом этапе программа отбора проб может быть оптимизирована, что приведет к ее сокращению. Для определения изменений концентраций в почве и оп-

тимизации количества мест отбора проб может также использоваться полевая гамма-спектрометрия.

В качестве основных объектов мониторинга в части оценки наземных природных и аграрных экосистем рассматриваются продукты питания и корма (овощи и фрукты, питьевая вода, молоко, зерно, мясо, дичь и др.) и наземные природные экосистемы и виды-индикаторы (травы, почва, лишайники, мхи и т.п.).

Необходимость и масштаб программы экологического мониторинга должны соответствовать значимостью ожидаемых доз для представительного лица и требований, указанных регулирующим органом в разрешении на сброс от конкретного радиационного объекта.

При организации мониторинга окружающей среды рекомендуется использовать виды-индикаторы, содержания радионуклидов в которых может предоставить информацию о краткосрочных и долгосрочных изменениях концентраций радионуклидов в окружающей среде, которые не могут быть измерены в пищевых продуктах или почве. Виды - индикаторы должны выбираться на основе их способности концентрировать (задерживать) радионуклиды. Типичные примеры в этом контексте включают различные виды мхов, лишайников, грибов, хвою, и некоторые виды наземных растений, которые эффективно накапливают радионуклиды. Эти объекты, как правило, не подходят для определения доз облучения населения, а их роль в системе мониторинга определяется тем, что они предоставляют информацию о тенденциях и накоплении радиоактивного материала в окружающей среде. В программу мониторинга обычно включаются те объекты, которые легко отобрать и измерить. Если индикаторы включаются в программы экологического мониторинга для выявления долгосрочных тенденций, необходимо следить за тем, чтобы каждый год собирались одни и те же виды, в одной и той же точке, на одной и той же стадии роста.

Одни и те же природные виды (отобранные на основе поглощения ими различных радионуклидов) являются хорошими индикаторами загрязнения окружающей среды и могут быть эффективно использованы для оценки вклада радионуклидов, выбрасываемых ядерной установкой. Такие виды могут дать информацию об изменениях концентраций радионуклидов в окружающей среде, которые не всегда могут быть обнаружены в пищевых продуктах. Возможными видами-индикаторами являются лишайники, мхи, листья, хвоя и т.д. Хотя видовые индикаторы не могут быть использованы для оценки дозы, они могут дать ценную информацию о тенденциях и накоплении радионуклидов в окружающей среде.

Пробы сельскохозяйственных культур и соответствующей почвы следует отбирать ежегодно во время сбора урожая, а листовых овощей и травы - ежемесячно в течение вегетационного периода. При проведении мониторинга также должны быть отобраны

биоиндикаторные виды растений, такие как лишайники, мхи, грибы.

КОНТРОЛИРУЕМЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ

Программа радиозоологического мониторинга должна быть разработана таким образом, чтобы контролировались радионуклиды, которые являются значимыми с точки зрения дозы для представительного лица.

Поскольку мониторинг окружающей среды дополняет мониторинг источника – они оба связаны с защитой населения и окружающей среды – программа экологического мониторинга должна быть согласованной с программой мониторинга источника. Периодичность и объем мониторинга должны определяться сложностью окружающей среды, значимостью доз для представительного (репрезентативного) лица и свойствами радионуклидов. Например, если мониторингу подлежат короткоживущие радионуклиды (например, йод-131), то частота мониторинга должна быть достаточной для их обнаружения. Программа мониторинга окружающей среды должна также включать мониторинг фоновых уровней до начала эксплуатации, чтобы можно было определить дополнительный вклад от практики. Это особенно важно для работы предприятий, осуществляющих сброс тяжелых естественных радионуклидов [4].

На территориях, подвергшихся воздействию ядерных установок, потенциально можно измерить содержание различных радионуклидов. Программа отбора проб должна быть адаптирована к составу газоаэрозольных выбросов и сбросных вод, поступающих из ядерной установки. Летучие радионуклиды ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{131}Te , ^{132}Te , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{103}Ru и ^{106}Ru , а также инертные газы могут быть обнаруженными при мониторинге источника, и с определенной вероятностью при мониторинге окружающей среды, особенно в случае незапланированных событий на ядерном реакторе. Продукты ядерной активации, такие как Fe, Zn и Cr, могут быть измерены при орошении почвы на некоторых прилегающих территориях. Природные радионуклиды, являющиеся дочерними радионуклидами рядов U и Th, могут быть обнаружены в районе предприятий по добыче, переработке и обогащению урана, а ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{237}Np и ^{241}Am должны учитываться при оценке последствий выбросов и сбросов перерабатывающих предприятий [13]. Эти радионуклиды ведут себя в окружающей среде совершенно по-разному, и это необходимо учитывать при разработке программы мониторинга окружающей среды.

Мониторинг источников или окружающей их среды не требуется, если эти источники вызывают уровни облучения, которые «исключены» из области регулирующего контроля, поскольку величина облучения или вероятность его возникновения в основном не подлежит контролю согласно требованиям МОНБ [2]. Наглядным примером в контексте настоящей публикации являются газообразные сбросы образую-

щегося в почве радона и продуктов его распада через систему вентиляции зданий.

Полный перечень нуклидов, контролируемых в выбросах 59 действующих АЭС в Европе, включает 101 радионуклид и 5 суммарных показателей. На всех АЭС Европы в выбросах осуществляется контроль 1 радионуклида (^3H) и трех суммарных показателей: $\Sigma \beta$ -активность, Σ активность изотопов I и Σ активность α -излучателей. Для каждого типа реактора (CANDU, AGR, BWR, LWGR, и PWR) определены основные радионуклиды, вносящие более 95% вклад в годовую эффективную дозу от газоаэрозольного выброса в атмосферу.

Существующие оценки облучения населения показывают, что:

- на усовершенствованных газоохлаждаемых реакторах (AGR) — из семи контролируемых радионуклидов вклад в дозу ^{14}C составляет 61%, ^{35}S – 24%, ^{41}Ar – 12%;

- для кипящих реакторов BWR, из 29 контролируемых радионуклидов процентный их вклад в дозу составлял $^{88}\text{Kr}+^{88}\text{Rb}$ – 40%, ^{14}C – 32%, ^{87}Kr – 13%, ^{135}Xe – 8%, ^{60}Co – 2% и ^{131}I – 1%;

- для реакторов большой мощности канальных LWGR из 21 контролируемого радионуклида, вклад ^{41}Ar составил 30%, $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ – 18%, ^{137}Cs ($^{137\text{m}}\text{Ba}$) – 17%, ^{60}Co – 12%, $^{88}\text{Kr}+^{88}\text{Rb}$ – 6%, ^{14}C – 5%, ^{131}I – 1,5%;

- для водо-водяных энергетических реакторов PWR из 27 контролируемых радионуклидов 95% в дозу вносит ^{14}C , и 3% – ^3H ;

- для тяжеловодных реакторов (CANDU) из 27 контролируемых радионуклидов 86% вносит ^3H и 12% приходится на долю ^{14}C .

Радионуклиды, формирующие более 95% эффективной дозы облучения, рекомендованы Европейской комиссией для включения в программы радиационного контроля [14]. Расчеты показали, что при равных условиях минимальное радиационное воздействие на население оказывают АЭС с PWR и LWGR.

Результаты расчета основных дозообразующих радионуклидов выбросов АЭС с PWR и LWGR были использованы для оценки вклада в облучение критической группы населения газоаэрозольных выбросов российских АЭС с ВВЭР и РБМК (таблица 1) [15].

Таблица 1. Вклад радионуклидов, контролируемых на российских АЭС, в эффективную дозу облучения населения, %

Радионуклид	РБМК	ВВЭР
^{137}Cs	10,6	0,35
^{134}Cs	0,45	0,19
$^{58+60}\text{Co}$	12,4	0,26
^{51}Cr	0,001	0,0001
^{54}Mn	0,31	0,001
^{131}I	1,67	0,004
РБГ	50,07	1,49
ВСЕГО	75,51	2,32

Полученные данные позволяют предположить, что контролируемые на АЭС с РБМК радионуклиды отражают облучение критической группы населения, на АЭС с ВВЭР определяют лишь незначительную долю эффективной дозы. Оцененный вклад радионуклидов в облучение критической группы населения от газоаэрозольных выбросов АЭС характеризует смоделированную ситуацию формирования радиационного воздействия. Реальные условия распространения радионуклидов в окружающей среде и облучения населения могут сильно отличаться для каждого конкретного местоположения станции.

Учет метеоданных, ландшафтных особенностей района расположения АЭС, основных характеристик источников выбросов, годовых выбросов радионуклидов, половозрастной структуры и рациона питания населения, проживающего в районе конкретной АЭС, может существенно повлиять на количественный вклад каждого радионуклида в облучение критической группы населения.

В равных условиях радиационного воздействия газоаэрозольных выбросов разных реакторных установок АЭС дозобразующие радионуклиды существенно отличаются. Для всех АЭС значительный вклад в облучение вносят выбросы в атмосферу ^{14}C от 5% для РБМК и до 95% для ВВЭР. Радиоактивные благородные газы доминируют в выбросах усовершенствованных газоохлаждаемых реакторов, кипящих реакторов и канальных реакторов большой мощности. Выбросы в атмосферу ^{35}S усовершенствованных газоохлаждаемых реакторов вносят существенный вклад (24%) в облучение населения, выбросы трития тяжеловодных ядерных реакторов формируют основную дозу на критическую группу населения [15].

Ранжирование по вкладу в облучение населения позволяет сформировать основные дозобразующие радионуклиды, определяющие более 95% эффективной дозы для каждого типа реактора. Так, например, в настоящее время в обязательном порядке в России контролируются выбросы семи радионуклидов: $^{134,137}\text{Cs}$, $^{58,60}\text{Co}$, ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{131}I , суммарная β -активность и суммарный выброс инертных радиоактивных газов [15].

При установлении в Российской Федерации годовых допустимых выбросов (ДВ) радиоактивных газов и аэрозолей в атмосферу предполагалось, что основной вклад (свыше 98%) в дозу облучения населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС вносят инертные радиоактивные газы (аргон, криптон, ксенон) и радионуклиды ^{131}I , ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs (^{24}Na – для реакторов типа БН-600) [16]. Нормирование и контроль активности других радионуклидов, обнаруживаемых в выбросах, признаны нецелесообразными ввиду их незначительного вклада в дозу облучения. Значения годовых допустимых выбросов радионуклидов для АЭС с реакторными установками различных типов с учетом их особенностей в части соотно-

шения активностей нуклидов в выбросе и условий выброса (высоты вентиляционных труб) приведены в таблице 2.

Таблица 2. Годовые допустимые выбросы (ДВ) радиоактивных газов и аэрозолей в атмосферу [16]

Радионуклид	АЭС с РБМК	АЭС с ВВЭР и БН	АЭС с ЭГП-6
ИРГ [ГБк]*	3700	690	2000
^{131}I (газовая + аэрозольная формы) [ГБк]	93	18	18
^{60}Co [ГБк]	2,5	7,4	7,4
^{134}Cs [ГБк]	1,4	0,9	0,9
^{137}Cs [ГБк]	4,0	2,0	2,0

Данные ДВ являются минимально-значимыми и устанавливаются СанПин 2.6.1.24-03 [16] как для проектируемых, так и действующих АЭС.

В то же время в выбросах АЭС явно регистрируются ^3H , ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{106}Ru , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{51}Cr , ^{58}Co , ^{59}Fe , ^{65}Zn , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{131}I , ^{141}Ce , ^{144}Ce . Так, например, исследования активности радионуклидов в атмосферных выбросах российских АЭС, представленные на основе прямых натурных измерений в вентиляционных трубах АЭС в ходе обширного обследования в 2017–2018 гг., показали, что выбросы в атмосферу ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs и других аэрозолей, участвующих в программах регулярного мониторинга российских АЭС, не вносят существенного вклада в годовую дозу.

Однако, выявлено, что основной вклад в годовую дозу от выбросов в атмосферу [17]:

– для реакторов ГВР (LWGR) вносит ^{14}C – почти 98% для реактора ЭГП-6 Билибинской АЭС и до 86% для реакторов РБМК-1000 (Смоленская АЭС).

– для реакторов ВВЭР – в основном формируют ^3H , ^{14}C и благородные газы.

Вследствие этого, в числе радионуклидов, контролируемых в выбросах АЭС, необходимо рассматривать, вместо 5–7 дозобразующих радионуклидов, отмеченных выше, и такие важные дозобразующие радионуклиды, как ^{14}C и ^3H .

При проведении мониторинга необходимо постоянное уточнение перечня контролируемых радионуклидов с учетом локальных поведенческих и пищевых условий, а также природно-климатических факторов. Необходимо включение в государственные нормы радиационной безопасности такие базовые понятия, как ситуации облучения (exposure situations), референтные уровни (reference levels) и представительный человек (representative person).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ концептуальных основ радиоэкологического мониторинга очень важен для гармонизации регулирования нормативных документов государства с международными рекомендациями, что предполагает и учет в нормативных документах рекомендаций публикации МКРЗ 103 и Международных основных

норм безопасности № GSR часть 3, а в контексте мониторинга – требования руководства по безопасности «Мониторинг окружающей среды и источников для целей радиационной защиты», № RS-G-1.8 и рекомендаций документа серии докладов по безопасности № 64 (Программы и системы радиационного контроля источников и окружающей среды) и Руководства по отбору проб почвы и растительности для радиологического мониторинга (документ серии Технических докладов МАГАТЭ № 468).

Последние работы в этой области показывают, что в каждом конкретном случае необходимо уточнения перечня контролируемых радионуклидов с учетом локальных поведенческих и пищевых условий, а также природно-климатических факторов. При этом важное значение имеет конкретная реализация программы мониторинга, которая, собственно, и должна обеспечивать эти данные. Принципиально важным является введение в практику радиационного регулирования концепции «референтного человека», что отразится на допущениях при использовании дозиметрических моделей для обоснования мониторинга [18].

Анализ современных российских подходов особенно важен, поскольку обеспечивает более детальную информацию о концептуальных основах радиологического мониторинга и имеет определенное значение для гармонизации документов в рамках таможенного союза России и Казахстана, что также необходимо в связи Соглашением о взаимодействии государств – участников Содружества Независимых Государств при обмене данными мониторинга радиационной обстановки [19].

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках бюджетной программы 217 «Развитие науки» BR21882185 «Исследования в поддержку создания и безопасного функционирования атомной электростанции в Республике Казахстан».

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Fundamental Safety Principles, IAEA Safety Standards Series No. SF1, IAEA, Vienna (2006).
2. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (2014).
3. Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. RSG1.8, IAEA, Vienna (2005).
4. Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring, Safety Reports Series No. 64, IAEA, Vienna (2010).
5. Guidelines on Soil and Vegetation Sampling for Radiological Monitoring, Technical Reports Series No. 486, IAEA, Vienna (2019).
6. Soil quality Sampling Part 101: Framework for the preparation and application of a sampling plan, ISO 18400101:2017, Switzerland (2017).
7. Soil quality Sampling Part 102: Selection and application of sampling techniques, ISO 18400102:2017, Switzerland (2017).
8. Soil quality Sampling Part 203: Investigation of potentially contaminated sites, ISO/DIS 18400203, Switzerland (Under development).
9. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, ISO/IEC 17025, Switzerland (2005).
10. Sampling for radionuclides in the environment, Report 75. Oxford University Press. Journal of the ICRU, 6(1) (2006).
11. Radiation Monitoring for Protection of the Public after Major Releases of Radionuclides to the Environment. ICRU Report 92. Oxford University Press. Journal of the ICRU, 15(12) (2015).
12. Мукушева М.К., Спиридонов С.И., Микаилова Р.А., Топорова А. В. Сравнительный анализ программных средств для прогнозирования радиологических последствий штатных и аварийных выбросов АЭС для населения // Вестник НЯЦ РК. – 2024. – № 1(97). – С. 89–94. [Mukusheva M.K., Spiridonov S.I., Mikailova R.A., Toporova A.V. Comparative analysis of software tools to predict the radioecological consequences after routine and accidental emissions by NPP for the population // NNC RK Bulletin. – 2024. Vol. 1. – P. 89–95. (In Russ.)] <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-1-89-95>
13. Ibrahim, S. A., Schierman, M. J. and Whicker, F.W., Comparative distribution of ^{241}Am and $^{239,240}\text{Pu}$ in soils around the Rocky Flats Environmental Technology Site// Health Phys. – 1996. – Vol. 70. – P. 520–526.
14. Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment. // Safety Report Series, No. 19. IAEA, Vienna, 2001. – 213 p.
15. Екидин А.А., Жуковский М.В., Васянович М.Е. Идентификация основных дозообразующих нуклидов в выбросах АЭС // Атомная энергия. – 2016. – Т. 120, вып. 2. – С. 106–108. [Ekinin A.A., Zhukovskiy M.B., Vasyanovich M.E. Identifikatsiya osnovnykh dozoobrazuyushchikh nuklidov v vybrosakh AES // Atomnaya energiya. – 2016. – Vol. 120, Issue 2. – С. 106–108. (In Russ.)]
16. СанПин 2.6.1.24-03. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03) (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.04.2003 г.; введены в действие с 20.06.2003 г. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.04.2003 г. № 69). – М.: Минздрав РФ, 2003. – 36 с. [SanPin 2.6.1.24-03. Sanitarnye pravila proektirovaniya i ekspluatatsii atomnykh stantsiy (SP AS-03) (utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 22.04.2003 g.; vvedeny v deystvie s 20.06.2003 g. postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 28.04.2003 g. No. 69). – Moscow.: Minzdrav RF, 2003. – 36 p. (In Russ.)]
17. Vasyanovich M.E. et al. Determination of radionuclide composition of the Russian NPPs atmospheric releases and dose assessment to population // Journal of Environmental Radioactivity. – 2019. – Vol. 208–209. – P. 106006.
18. Фесенко С.В. Уроки радиологического мониторинга в районе расположения атомных электростанций // Мониторинг природных и аграрных экосистем в районах расположения атомных электростанций:

Труды ФГБНУ ВНИИРАЭ. Выпуск 3 / Под ред. проф. С.В. Фесенко. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2020. – С. 158–167. [Fesenko S.V. Uroki radioekologicheskogo monitoringa v rayone raspolozheniya atomnykh elektrostantsiy//Monitoring prirodnykh i agrarnykh ekosistem v rayonakh raspolozheniya atomnykh elektrostantsiy: Trudy FGBNU VNIIRAE. Issue 3 / Pod red. prof. S.V. Fesenko. – Obninsk: FGBNU VNIIRAE, 2020. – P. 158–167. (In Russ.)]

19. Постановление Правительства от 7 июня 2023 года № 454 «О подписании Соглашения о Взаимодействии государств-участников содружества независимых государств при обмене данными мониторинга радиационной обстановки». [Postanovlenie Pravitel'stva ot 7 iyunya 2023 goda No. 454 "O podpisanii Soglasheniya o Vzaimodeystvii gosudarstv-uchastnikov sodruzhestva nezavisimyykh gosudarstv pri obmene dannymi monitoringa radiatsionnoy obstanovki". (In Russ.)]

ЯДРОЛЫҚ ЭНЕРГЕТИКА ОБЪЕКТІЛЕРІ ОРНАЛАСҚАН АУДАНДАРДАҒЫ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГ ТҰЖЫРЫМДАМАЛАРЫН ТАЛДАУ

М. К. Мукүшева^{1*}, С. В. Фесенко²

¹ «Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығы» РМК, Курчатов, Қазақстан

² «Курчатов институты» ФЗО – ВНИИРАЭ, Мәскеу, Ресей

*Байланыс үшін E-mail: mukusheva@nnc.kz

Осы мақалада атом энергиясын пайдаланатын объектілер орналасқан аудандардағы мониторинг жүйелерін негіздеу жөніндегі халықаралық құжаттарға жасалған талдау ұсынылған. Радиациялық бақылауды және қоршаған ортаның радиоактивті ластануын мониторингілеуді ұйымдастыруға қойылатын талаптарды қоса алғанда, радиациялық қауіпсіздік саласындағы реттеуді жүзеге асыратын негізгі халықаралық ұйым Атом энергиясы жөніндегі халықаралық агенттік (МАГАТЭ) болып саналады. МАГАТЭ жарғысы Агенттікке денсаулық сақтау үшін және радиациялық технологияларды пайдаланумен байланысты қызметтің адам өмірі мен мүлікке тигізетін салдарын барынша азайту үшін қауіпсіздік нормаларын белгілеуге уәкілеттік береді. МАГАТЭ қауіпсіздік нормаларын өз жұмысында пайдалануы тиіс, ал МАГАТЭ-ге мүше мемлекеттер оларды ядролық және радиациялық қауіпсіздік саласындағы өздерінің реттеуші ережелеріне енгізу арқылы қолдана алады. МАГАТЭ-нің үнемі қайта қаралатын қауіпсіздік нормалары адам мен қоршаған ортаны қорғаудың жаһандық режимінің негізгі элементі болып саналады.

Түйін сөздер: радиоэкологиялық мониторинг, радионуклидтер, жылдық тиімді доза, АЭС, қауіпсіздік нормалары.

ANALYSIS OF RADIOECOLOGICAL MONITORING CONCEPTS IN AREAS OF NUCLEAR ENERGY FACILITIES

M. K. Mukusheva^{1*}, S. V. Fesenko²

¹ RSE “National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan”, Kurchatov, Kazakhstan

² NRC “Kurchatov Institute” – VNIIRAE, Moscow, Russia

*E-mail for contacts: mukusheva@nnc.kz

This article presents an analysis of international documents on the justification of monitoring systems in areas where nuclear facilities are located. The main international organization that regulates radiation safety, including requirements for the organization of radiation control and monitoring of radioactive contamination of the environment, is the International Atomic Energy Agency (IAEA). The IAEA Statute authorizes the Agency to establish safety standards to protect health and minimize the consequences to life and property of activities involving the use of radiation technologies. The IAEA safety standards must be used in its own work, and IAEA member states can apply them by incorporating them into their nuclear and radiation safety regulations. Regularly reviewed IAEA safety standards are a key element of the global regime for the protection of people and the environment.

Keywords: radioecological monitoring, radionuclides, annual effective dose, nuclear power plants, safety standards.