

РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА И БЕЗОПАСНОСТЬ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна», 123182, Москва;

²Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», 119017, Москва

Статья посвящена основным проблемам радиационной безопасности в атомной отрасли. Приведена краткая справка по истории отечественной атомной отрасли, включая создание ведомственных учреждений (научно-исследовательских институтов, медико-санитарных частей). Описаны основные этапы формирования системы нормирования в области радиационной безопасности, начиная с истоков создания и развития промышленной радиационной гигиены, и этапы введения ограничений облучения и формирования системы радиационной защиты в международных документах. В 1996 г. в России требования обеспечения радиационной безопасности впервые были выведены на уровень федерального закона – был принят Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения». В 2007 г. начался новый этап обновления мировой научно-методической базы по радиационной безопасности. Рекомендации МКРП 2007 г. отошли от прежнего подхода практик и вмешательств, ориентированного на процесс, в сторону подхода, основанного на характеристиках ситуации облучения. В последние годы в связи с появлением новых технологий, в частности, в области энергетического реакторостроения и используемого ядерного топлива, требуется особое внимание к обеспечению безопасности персонала и населения. Это приводит к необходимости проведения соответствующего радиационно-гигиенического сопровождения проводимых работ для безопасной реализации новых технологий. Требуют отдельного анализа проблемы обращения с отработавшим ядерным топливом и образующимися радиоактивными отходами, безопасного вывода из эксплуатации радиационно опасных объектов, обеспечения радиационной безопасности при эксплуатации радиационных объектов в нестандартных условиях. В результате многолетней работы учёных и специалистов разработаны и утверждены нормативно-методические документы по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при разработке и внедрении новых технологий.

Ключевые слова: обзор; радиационная безопасность; радиационная гигиена; радиационно опасный объект.

Для цитирования: Кочетков О.А., Панфилов А.П., Усольцев В.Ю., Клочков В.Н., Шинкарёв С.М., Симаков А.В., Цовьянов А.Г. Радиационная гигиена и безопасность атомной отрасли. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(9): 868-874. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-9-868-874>

Для корреспонденции: Клочков Владимир Николаевич, д-р тех. наук, вед. науч. сотр. лаб. СИЗ отдела промышленной радиационной гигиены ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 123182, Москва. E-mail: siz-fmbc@mail.ru

Kochetkov O.A.¹, Panfilov A.P.², Usoltsev V.Yu.², Klochkov V.N.¹, Shinkarev S.M.¹, Simakov A.V.¹, Tsovyanov A.G.¹
RADIATION HYGIENE AND SAFETY OF NUCLEAR INDUSTRY

I.A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Centre, Moscow, 123182, Russian Federation;

2State Atomic Energy Corporation "Rosatom", Moscow, 119017, Russian Federation

This article covers basic issues of the radiation protection in nuclear industry. It contains an overview of history of the national nuclear industry including the creation of industry-specific facilities (research centers, medical units etc.). Main stages of the creating the regulatory system for radiation protection, starting from the beginning of the industrial radiation protection, stages of introducing exposure limits and implementation of the radiation protection system in international documents are described. In 1996, for the first time, radiation protection requirements in Russia were documented in the form of the Federal Law 3-FZ of 09.01.1996 "Radiation Protection of the Public". A new stage of updating the global methodological foundation of radiation protection began in 2007. ICRP recommendations of 2007 moved from the legacy practice and intervention approach focused on the process to the approach based on characteristics of exposure situation. The evolvement of new technologies (specifically, in the field of reactor engineering and used nuclear fuel) in recent years requires a special focus on the safety of the personnel and the public. This stipulates the necessity of the appropriate radiation protection support of activities for the safe implementation of modern technologies. Handling of spent nuclear fuel and generated radioactive wastes, safe decommissioning of radiation hazardous facilities, radiation protection during operation of radiation facilities in nonstandard conditions are all the issues requiring specific examination. Regulatory and procedural documents on radiation protection of the personnel and the public during development and implementation of new technologies have been developed and approved as a result of long-term work of scientists and other professionals.

Key words: overview; radiation protection; radiation hazardous facility.

For citation: Kochetkov O.A., Panfilov A.P., Usoltsev V.Yu., Klochkov V.N., Shinkarev S.M., Simakov A.V., Tsovyanov A.G. Radiation hygiene and safety of nuclear industry. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(9): 868-874. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-9-868-874>

For correspondence: Vladimir N. Klochkov, MD, PhD, DSci., leading researcher of the Laboratory of personal protective equipment for personnel of hazardous industries of the department of industrial radiation hygiene of the A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Centre, Moscow, 123182, Russian Federation Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA of Russia, e-mail: siz-fmbc@mail.ru

Information about authors: Kochetkov O.A.: <http://orcid.org/0000-0001-8777-4479>; Panfilov A.P.: <http://orcid.org/0000-0002-9284-6470>; Usoltsev V.Yu.: <http://orcid.org/0000-0002-9340-2118>; Klochkov V.N.: <http://orcid.org/0000-0003-3602-6141>; Shinkarev S.M.: <http://orcid.org/0000-0003-0844-4733>; Simakov A.V.: <http://orcid.org/0000-0002-9343-0477>; Tsovyanov A.G.: <http://orcid.org/0000-0001-6994-0701>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 13 June 2017

Accepted: 05 July 2017

Введение

История отечественной атомной отрасли началась 20 августа 1945 г. с секретного постановления Государственного комитета обороны (ГКО) № 9887сс, которым был создан Специальный комитет Правительства СССР с чрезвычайными полномочиями под председательством Л.П. Берии и Научно-технический совет [1, 2]. Научным руководителем атомной программы был назначен И.В. Курчатова.

Новые технологии по добыче и переработке радиоактивных материалов потребовали разработки и осуществления специальных гигиенических мероприятий, мер по профилактике профессиональных заболеваний персонала, обоснования санитарно-гигиенических норм и правил по радиационной безопасности. Для решения данных проблем в августе 1947 г. в СССР было создано Третье Главное управление (3 ГУ) при Министерстве здравоохранения СССР, переименованное в 1992 г. в Федеральное управление «Медбиоэкстрем». С 2004 г. оно носит название «Федеральное медико-биологическое агентство».

В системе 3 ГУ были организованы специальные научно-исследовательские институты, медико-санитарные части (МСЧ), в составе которых были санитарно-эпидемиологические станции (СЭС). Впоследствии СЭС были выделены в самостоятельные учреждения и к настоящему времени реорганизованы в региональные (межрегиональные) управления и центры гигиены и эпидемиологии ФМБА России.

В 1946 году был создан Институт биофизики (ИБФ), который стал ведущим научным учреждением в системе 3 ГУ. На ИБФ было возложено решение всех вопросов, связанных с санитарно-гигиеническим и медицинским обеспечением выполнения атомного проекта. Это потребовало формирования и развития новых научных и практических направлений [3].

Основные этапы формирования системы нормирования в области радиационной безопасности

У истоков создания и развития промышленной радиационной гигиены стояли известные учёные: Г.М. Франк, А.А. Летавет, А.В. Лебединский, Н.Ю. Тарасенко, А.Н. Марей и др. Большой вклад в становление радиационной гигиены внёс крупный организатор здравоохранения А.И. Бурназян. Дальнейшее развитие промышленной радиационной гигиены получила под руководством академика Л.А. Ильина [4].

В 1952 г. в СССР была организована комиссия по допустимым уровням воздействия радиационных факторов под руководством А.А. Летавета. В дальнейшем эта комиссия была преобразована в Национальную комиссию по радиационной защите при Минздраве СССР (НКРЗ). Комиссия работала под руководством Ю.И. Москалева. В начале 1970-х годов НКРЗ возглавил академик Л.А. Ильин, осуществлявший руководство Комиссией в течение 20-ти лет. Под руководством НКРЗ были разработаны СП 333-60¹, НРБ-69², ОСП-72³, НРБ-76⁴, НРБ-76/87⁵, ОСП-72/87⁶ и ряд других документов. С учетом опыта работ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС и рекомендаций новых международных документов был подготовлен проект НРБ-90.

Формирование системы радиационной защиты и установление основных нормативов по ограничению профессионального облучения проходило путем объединения усилий специалистов разных стран. Специалисты ИБФ активно сотрудничали со своими зарубежными коллегами и плодотворно участвовали в работе ведущих международных организаций – НКДАР ООН, МКРЗ, МАГАТЭ, ВОЗ. Академик Л.А. Ильин в течение длительного времени являлся членом главной комиссии МКРЗ.

В табл. 1 представлены основные этапы введения ограниченного облучения и формирования системы радиационной защиты в международных документах [1].

В начале 1992 г. функции НКРЗ были переданы Российской научной комиссии по радиационной защите (РНКРЗ), созданной Постановлением Правительства Российской Федерации от 16.02.1992 № 91^{7,8}.

Первоочередной задачей РНКРЗ явилось приведение российского нормативного законодательства в соответствие с рекомендациями международных организаций, в первую очередь с новой 60-й Публикацией МКРЗ [5].

В 1996 г. в России требования обеспечения радиационной безопасности впервые были выведены на уровень федерального закона – был принят Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения»⁹.

В этом законе были реализованы положения действовавших на тот момент международных документов.

В этом же году требования № 3-ФЗ были реализованы в Нормах радиационной безопасности НРБ-96¹⁰.

Для включения в процесс разработки нормативных документов более широкого круга научных и практических работников в 1997 г. был создан Методический совет по радиационной безопасности при Департаменте ядерной и радиационной безопасности Минатома России. В состав Методсовета вошли ведущие специалисты по радиационной безопасности научно-исследовательских организаций России и предприятий атомной промышленности. Основу Методсовета составили сотрудники ИБФ, рабочей площадкой для работы Методсовета также явился ИБФ. Специалисты Методсовета и РНКРЗ провели большую работу по доработке НРБ-96, итогом которой явилось утверждение в 1999 г. новой версии этого документа под названием НРБ-99¹¹.

В этом же году были разработаны «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99)¹².

В течение 2000–2007 гг. специалистами научных организаций и предприятий атомной отрасли был разработан комплекс методических документов, развивающих и конкретизирующих НРБ-99 и ОСПОРБ-99. Эти документы были изданы отдельным сборником в пяти томах [6]. В новых документах были реализованы основные научные достижения в области радиационной гигиены.

Эволюция основных дозовых пределов облучения для профессиональных работников в СССР и в России представлена в табл. 2 [1, 7].

В 2007 г. начался новый этап обновления мировой научно-методической базы по радиационной безопасности. В разработке основных документов в рамках МКРЗ и МАГАТЭ принимали участие специалисты ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (Шандала Н.К., Шинкарев С.М. и др.). В 2007 г. были приняты новые рекомендации МКРЗ, изложенные в 103 Публикации [8]. В 2011 г. был опубликован проект и затем в 2014 г. утвержден новый стандарт безопасности МАГАТЭ [9].

Рекомендации МКРЗ 2007 г. отошли от прежнего подхода практик и вмешательств, ориентированного на процесс, в сторону подхода, основанного на характеристиках ситуации облучения:

1. Ситуации планируемого облучения;
2. Ситуации аварийного облучения;
3. Ситуации существующего облучения.

Названные выше 3 ситуации облучения охватывают все возможные ситуации облучения персонала и населения при

¹ Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений № 333-60. М.: Госатомиздат, 1960. – 118 с.

² Нормы радиационной безопасности НРБ-69. М.: Атомиздат, 1972. – 88 с.

³ Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72. М.: Атомиздат, 1973. 55 с.

⁴ Нормы радиационной безопасности НРБ-76. М.: Атомиздат, 1978. 56 с.

⁵ Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87. В сборнике: НРБ-76/87 и ОСП 72/87. М.: Энергоатомиздат, 1988. С. 3–90.

⁶ Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП 72/87. В сборнике: НРБ-76/87 и ОСП 72/87. М.: Энергоатомиздат, 1988. С. 91–160.

⁷ Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.1992 № 91 «О Российской научной комиссии по радиационной защите».

⁸ Постановление Правительства РФ от 14.05.1992 № 316 «Вопросы Российской научной комиссии по радиационной защите».

⁹ Федеральный закон от 09.01.1996 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения».

¹⁰ Нормы радиационной безопасности НРБ-96. Гигиенические нормативы ГН 2.6.1.054–96. М., Госкомсанэпиднадзор России, 1996. – 126 с.

¹¹ Нормы радиационной безопасности НРБ-99. СП 2.6.1.758–99. М.: Минздрав России; 1999. 116 с.

¹² Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99. СП 2.6.1.799–99. М.: Минздрав России; 2000. 98 с.

Основные этапы введения ограничений облучения и формирования системы радиационной защиты персонала и населения в международных документах

Год	
1895–1899	Основные открытия в области ионизирующих излучений (ИИ) (Вильям Рентген, Анри Беккерель, Джозеф Томсон, Мария и Пьер Кюри, Эрнест Резерфорд)
Этап 1. От выявления наблюдаемых эффектов от воздействия ИИ к количественному ограничению воздействия ИИ на основании концепции порогового действия ИИ с целью устранения непосредственно наблюдаемых незлокачественных эффектов облучения	
1902	Первые предложения об ограничении облучения
1925	Предложена толерантная доза
1928	2-й Международный радиологический конгресс, доклад МКЗЭРР (Международная комиссия по защите от рентгеновских лучей и радия – предшественница МКРЗ)
1934	МКЗЭРР рекомендована толерантная доза – 200 мР/сут.
1950	МКРЗ введено понятие ОБЭ (относительная биологическая эффективность) Международные рекомендации МКРЗ
Этап 2. Создание фундаментальных основ дозиметрии: введение поглощённой дозы, разделение поглощённой дозы, разделении порогового действия ИИ от отказ от концепции порогового действия ИИ	
1953	МКРЕ определена величина «поглощённая доза» и ее единица измерения – рад
1953–1955	МКРЗ введены в употребление: ОБЭ-доза и ее единица – бэр для выражения облучения в соотношении с допустимыми уровнями
1956	МКРЕ введена величина «ОБЭ доза» с единицей измерения – бэр
1959	МКРЗ опубликованы сводные рекомендации (ICRP-1) и отчёт Комитета 2 МКРЗ о допустимых дозах от внутреннего облучения. Установлен принцип снижения доз «до разумно достижимых уровней с учётом экономических и социальных аспектов», что означало отказ МКРЗ от представления о пороговом действии излучения
Этап 3. Переход к эквидозиметрическим величинам на основе новых знаний о действии ИИ на органы человека, об отдалённых эффектах воздействия ИИ на человека. Основной целью эквидозиметрии было ограничение возникновения рака и наследуемых эффектов, вызванных облучением	
1962	В докладе МКРЕ определена новая величина – эквивалентная доза, равный произведению поглощённой дозы D на модифицирующие коэффициенты: коэффициент качества (QF), коэффициент неравномерности (DF) и другие. Единица эквивалента дозы – бэр
1966	В Публикации 9 МКРЗ задача обеспечения радиационной безопасности сформулирована как предупреждение острых последствий облучения и ограничение появления отдалённых эффектов приемлемым уровнем риска
1977–1978	Публикацией 26 МКРЗ в качестве критерия опасности хронического облучения введена величина «эффективная эквивалентная доза».
Введена единица эффективной эквивалентной дозы – зиверт С учетом новых фактических данных о биологическом действии излучения получила развитие система нормирования облучения, введена научно-обоснованная система пределов доз	
Этап 4. Развитие от системы дозовых ограничений к современной системе радиационной защиты, попытка ограничить не вероятностные отдельные биологических эффектов от воздействия ИИ, а потенциальный ущерб здоровью человека	
1990	Публикацией 60 МКРЗ введено понятие эффективной дозы – радиологической меры потенциального ущерба как необходимой и достаточной для управления источником в области малых доз облучения персонала и населения. Введена новая система дозиметрических величин, уменьшены пределы доз, изменены значения весовых тканевых множителей.
2007	Публикация 103 МКРЗ эволюционно развивает положения Публикации 60

Эволюция основных пределов облучения профессиональных работников в СССР и в России

Дата утверждения, №	Документ	Пределы облучения
24.08.1948 № Т-1031с [7]	Общие санитарные нормы и правила по охране здоровья работающих на объектах А и Б комбината № 817	0,1 Р/сут (30 Р/год). При аварии – 25 Р за 15 мин
10.02.1950 № 2413с [7]	Временные общие санитарные нормы и правила по охране здоровья работающих с радиоактивными веществами	30 Р/год. При аварии – 25 Р за 15 мин
11.04.1954 № 851с [7]	Санитарные нормы проектирования предприятий и лабораторий	15 Р/год (0,05 Р/день). При ликвидации последствий аварии – 25 Р/год
25.06.1960 № 333-60	Санитарные нормы и правила работы с радиоактивными веществами и ИИИ	5 бэр/год (100 мбэр/нед.). При ликвидации последствий аварии – 25 бэр/год
25.08.1969 № 821А-69	Нормы радиационной безопасности (НРБ-69)	5 бэр/год. При ликвидации последствий аварии – 25 бэр/год
07.06.1976 № 141-76	Нормы радиационной безопасности (НРБ-76, НРБ-76/87)	5 бэр/год. При ликвидации последствий аварии – 25 бэр/год
09.01.1996 № 3-ФЗ	Закон о радиационной безопасности населения	20 мЗв/год – средняя за 5 лет (max 50 мЗв/год). При ликвидации последствий аварии – до 200 мЗв/год
19.04.1996, СП 2.6.1.758–99, 07.07.2009, СанПиН 2.6.1.2523–09	Нормы радиационной безопасности (НРБ-96, НРБ-99 и НРБ-99/2009)	20 мЗв/год – средняя за 5 лет (max 50 мЗв/год). При ликвидации последствий аварии – до 200 мЗв/год

сохранении трёх ключевых принципов радиационной защиты. При этом принципы обоснования и оптимизации применимы в каждой из трёх ситуаций облучения. А принцип нормирования (непревышение предела индивидуальной дозы облучения) применим только для ситуации планируемого облучения. Для целей радиационной защиты персонала и населения в ситуации планируемого облучения предложено использовать граничные дозы, а для ситуаций аварийного и существующего облучения – референтные уровни. В Публикации 103 МКРЗ введены 3 категории облучения (облучаемых лиц): профессиональное облучение, облучение населения и медицинское облучение пациентов. А в 2014 г. с разработкой новой Публикации МКРЗ (Публикация 124 «Защита окружающей среды при различных ситуациях облучения») [10] добавлена четвертая категория облучения: облучение окружающей среды.

Наиболее важным, с точки зрения практических последствий нововведений в основном стандарте безопасности МАГАТЭ, является изменение допустимых уровней облучения хрусталика глаза. Годовой предел дозы профессионального облучения хрусталика глаза установлен в виде эквивалентной дозы в хрусталике глаза 20 мЗв в год, усреднённой за 5 последовательных лет (100 мЗв за 5 лет), и 50 мЗв за любой отдельный год. При этом нормативы облучения хрусталика глаза для населения не изменены [9].

Принципиально важные изменения нормирования радиационных воздействий должны быть реализованы и в российских нормативных документах, однако невозможно внести значимые изменения в отечественные НРБ без предварительного внесения изменений в ФЗ «О радиационной безопасности населения», который без существенных изменений действует с 1996 г и за 20 лет по многим позициям устарел. Например, в нем отсутствуют такие понятия, как ситуации облучения, граничная доза для ситуаций планируемого облучения и референтный уровень для ситуаций аварийного и существующего облучения.

За последние 10 лет была осуществлена переработка НРБ-99 и ОСПОРБ-99. Наиболее важные изменения в ОСПОРБ были внесены в 2013 г в связи с принятием Федерального закона¹³ и

¹³ Федеральный закон Российской Федерации от 01 июля 2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Постановления Правительства Российской Федерации по проблеме обращения с радиоактивными отходами¹⁴.

Результатом этой работы стали новые редакции НРБ-99/2009¹⁵ и ОСПОРБ-99/2010¹⁶.

Существенные изменения были внесены в СПОРО-2002¹⁷.

В настоящее время проводится актуализация ряда разработанных ранее методических указаний по методам радиационного контроля. Для контроля соответствия эффективной и эквивалентной доз облучения персонала, установленных нормируемыми величинами¹⁸, введены операционные величины, однозначно определяемые через физические характеристики поля облучения в точке, по возможности, максимально приближенные к нормируемым величинам в условиях планируемого облучения и предназначенные для консервативной оценки нормируемых величин¹⁹.

Установлены критерии введения индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) с помощью индивидуальных дозиметров (для контроля внешнего облучения), спектрометра излучения человека (СИЧ) и контроля биосубстратов (для контроля внутреннего облучения). В методических документах установлено, что ИДК внешнего облучения фотонами с помощью индивидуальных дозиметров осуществляется постоянно при работе с источниками ионизирующего излучения. В случае любых других видов излучения, кроме фотонного, выдача индивидуальных дозиметров обязательна, если годовая эффективная доза внешнего облучения может превысить 1 мЗв, а годовая эквивалентная доза

¹⁴ Постановление Правительства РФ от 19 октября 2012 г. № 1069 «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов» (в ред. Постановления Правительства Российской Федерации от 4 февраля 2015 г. № 95).

¹⁵ Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523–09. М.: Роспотребнадзор, 2009. – 100 с.

¹⁶ Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612–10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ 99/2010. (в ред. изменения № 1 от 16.09.2013).

¹⁷ Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002). Изменения и дополнения № 1 к СП 2.6.6.1168–02 Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.6.2796–10. (в ред. изменения № 2, от 16.09.2013).

¹⁸ Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523–09. М.: Роспотребнадзор, 2009. – 100 с.

¹⁹ МУ 2.6.5.028–2016. Методические указания «Определение индивидуальных эффективных и эквивалентных доз и организация контроля профессионального облучения в условиях планируемого облучения. Общие требования».

облучения хрусталика глаза, кожи, кистей и стоп может превысить 20 мЗв. Критерием введения ИДК с помощью методов СИЧ и контроля биосубстратов является ожидаемая эффективная годовая доза внутреннего облучения, превышающая 1–5 мЗв.

В настоящее время большое внимание уделяется развитию методов аварийного радиационного контроля. Основной проблемой в этой области является то, что для обеспечения эффективной медицинской помощи лицам, получившим аварийное облучение, необходимо знание поглощённой дозы на различные органы и ткани. Но все современные дозиметры откалиброваны в единицах операционных величин, поэтому для интерпретации их показаний в единицах поглощённой дозы необходимо проведение специальных калибровочных работ. Необходимо также использование методов оценки дозы аварийного облучения с использованием результатов измерения содержания в теле и крови радионуклидов ^{24}Na , ^{38}Cl , ^{42}K , методов моделирования аварийной ситуации. Наиболее точную характеристику дозы аварийного облучения органов и тканей можно получить с использованием воксел-фантомной технологии²⁰.

Первый пакет из десяти методических документов утвержден ФМБА России в 2014–2016 гг., переработка ряда других документов продолжается. Все документы публикуются в многотомном сборнике «Методическое обеспечение радиационного контроля в атомной отрасли».

Учеными и специалистами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России проведена большая работа по обобщению результатов научных исследований, выполненных за последние 20 лет, которые представлены в ряде монографий и справочных изданиях [11–15].

Радиационно-гигиеническое сопровождение новых технологий

В настоящее время происходит модернизация атомного промышленного комплекса на основе новых научно-технических решений в области энергетического реакторостроения и используемого ядерного топлива, что требует особого внимания к обеспечению безопасности персонала и населения. Это приводит к необходимости проведения соответствующего радиационно-гигиенического сопровождения проводимых работ для безопасной реализации новых технологий.

Создание ядерных реакторов нового поколения

Одним из примеров является программа разработки нового ядерного реактора ВВЭР-ТОИ, основная цель которой состоит в создании типового проекта двухблочной АЭС на основе технологии ВВЭР. В отличие от действующих АЭС на новых реакторных блоках планируется выполнение работ с отработавшим ядерным топливом под защитной оболочкой реактора во время его работы на мощности. Для обеспечения безопасности персонала, обслуживающего реакторы ВВЭР-ТОИ, были разработаны требования по обеспечению безопасности персонала при работе под защитной оболочкой; актуализированы требования к автоматизированной системе радиационного контроля АС (АСРК), а также к автоматизированной системе учёта результатов индивидуального дозиметрического контроля (АСИДК).

Создание новых материалов и ядерных технологий

Для практической реализации технологии производства и использования новых видов топлива необходимо решить ряд актуальных вопросов, которые непосредственно связаны с обеспечением радиационной безопасности персонала и населения. Это прежде всего:

- радиационно-гигиеническая оценка условий труда на действующих участках производств, реализующих новые технологии изготовления ядерного топлива;
- оценка физико-химических свойств новых радиоактивных соединений, их метаболизма при поступлении в организм персонала;
- оценка радиологической опасности отдельных композиций ядерного топлива;

²⁰ МУ 2.6.5.004–2016. Экспрессная оценка дозы гамма-нейтронного излучения с помощью воксел-фантомной технологии расчётов при возникновении самопроизвольной цепной реакции на ядерно-опасных участках предприятий ядерно-оружейного комплекса. М.: ФМБА, 2016.

– разработка нормативно-методических документов, включая внесение необходимых корректировок в отечественные НРБ.

Требует также отдельного анализа проблема обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и образующимися радиоактивными отходами (РАО). В отличие от существующих технологических циклов новый ядерный топливный цикл заявлен как замкнутый, т. е. практически безотходный. Тем не менее, недостаточно изученные процессы химических, фазовых превращений, взаимодействия с конструкционными материалами, активационные процессы и сам характер множественного рециклирования могут привести к повышенному накоплению особо радиационно-опасных элементов трансплутониевого ряда, радиоактивных изотопов углерода (^{14}C), трития (^3H). Это обстоятельство требует проведения специальных исследований для обеспечения безопасного обращения с образующимися ОЯТ и РАО.

МОКС-топливо

В последнее десятилетие ГК «Росатом» придает большое значение развитию технологий по возврату оружейных материалов в топливный цикл. На протяжении многих лет учёные и специалисты ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна осуществляют медико-гигиеническое сопровождение работ по вовлечению в ЯТЦ соединений урана и плутония, высвобождаемых в результате утилизации ядерных боеприпасов.

С этой целью проводятся научно-исследовательские работы на опытно-промышленных установках по производству МОКС-топлива (уран-плутониевое оксидное и виброуплотненное топливо) по изучению радиационной обстановки на рабочих местах. Проведена санитарно-эпидемиологическая экспертиза допроектных и проектных материалов строительства и производства МОКС-топлива на площадках предприятий ГК «Росатом».

В результате многолетней работы учёных и специалистов разработаны и утверждены нормативно-методические документы по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при разработке и внедрении новых технологий^{21, 22, 23}.

Следует отметить, что в настоящее время рассматривается также вопрос по изготовлению РЕМИКС-топлива (REMIX – REgenerated MIXture of U, Pu oxides) из смеси урана и плутония, выделенных из ОЯТ с добавлением обогащённого природного урана, что также требует разработки соответствующих нормативно-методических документов.

Решение проблем безопасного вывода из эксплуатации радиационно опасных объектов

Одной из главных задач обеспечения ядерной и радиационной безопасности при использовании атомной энергии и дальнейшего развития атомной энергетики и промышленности является решение проблем безопасного вывода из эксплуатации радиационно опасных объектов (РОО). «Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности РФ...»²⁴ относит вопросы вывода РОО из эксплуатации к приоритетным задачам. Проблема вывода из эксплуатации РОО вследствие их старения, выработки проектного ресурса и других причин неизбежно встаёт перед всеми странами, развивающими атомную энергетику.

Осуществление широкомасштабного процесса вывода из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения, а также реабилитации радиоактивно-загрязнённых территорий невозможно без совершенствования существующей нормативно-правовой базы и создания необходимых дополнительных нормативно-методических документов, регламентирующих условия безопасного вывода РОО из эксплуатации в части:

²¹ Методические указания МУ 2.6.1.22–04 «Порядок радиационного контроля на установках конверсии плутония и производства МОКС-топлива» (типовой). Дополнение к порядку радиационного контроля предприятия».

²² Методические указания МУ 2.6.1.74–04 «Порядок дозиметрического контроля на атомных станциях, использующих МОКС-топливо. Контроль за облучаемостью персонала и населения».

²³ Руководство Р 2.6.1.75–04 «Санитарно-эпидемиологические требования к проектированию и эксплуатации атомных станций, работающих на МОКС-топливе».

²⁴ Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. Утверждены Президентом Российской Федерации 01.03.2013 № Пр-539.

– уточнения и разработки нормативной регламентации состояния безопасности объектов на всех этапах их вывода из эксплуатации, в первую очередь, в период после их окончательного останова, когда работы по подготовке к выводу из эксплуатации уже начаты, а ядерные материалы и ОЯТ еще находятся на объекте;

– определения критериев конечного состояния выводимых из эксплуатации РОО и реабилитируемых территорий, зданий и сооружений, исходя из требований обеспечения безопасности населения, на основе накопленного отечественного и зарубежного опыта и рекомендаций международных организаций;

– установления критериев отнесения образующихся отходов к особо низкоактивным с регламентацией последующего обращения с ними;

– определения порядка перехода ответственности в отношении выведенных из эксплуатации объектов и реабилитированных территорий от ФМБА России к органам Роспотребнадзора.

Обеспечение радиационной безопасности при эксплуатации радиационных объектов в нестандартных условиях

В последние годы в России начаты работы по экологической реабилитации радиационно-опасных объектов, эксплуатация которых зачастую осуществляется в нестандартных условиях.

Характерным примером эксплуатации ядерных РОО в нестандартных условиях явилось состояние пунктов временного хранения (ПВХ) ОЯТ атомных подводных лодок и радиоактивных отходов, находящихся в ведении ФГУП «РосРАО». Предусматриваемые работы по обращению с ОЯТ и радиоактивными отходами (РАО) будут осуществляться в относительно нестандартных условиях, которые в общем виде включают в себя:

– недостаточный объём информации о радиационно-гигиеническом и физическом состоянии ОЯТ;

– вынужденное размещение ОЯТ в сооружениях, не предназначенных для этих целей;

– наличие на территории ПВХ и в производственных зданиях повышенных уровней содержания радионуклидов и внешнего гамма-излучения;

– уникальный характер проектируемых технологий и оборудования по обращению с ОЯТ и РАО.

Сотрудники ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в рамках работ по международному сотрудничеству с Государственным Управлением Норвегии по ядерной и радиационной безопасности (NRPA) проводят широкомасштабные исследования и разрабатывают нормативно-методическое обеспечение проведения всех радиационно-опасных работ в Северо-Западном центре по обращению с радиоактивными отходами «СевРАО» [16]. Аналогичные работы за счёт финансирования ФМБА России выполняются в Дальневосточном центре по обращению с радиоактивными отходами «ДальРАО».

Необходимо отметить, что в настоящее время готовится новая Публикация МКРЗ, в которой будут даны рекомендации по обеспечению радиационной защиты персонала и населения в условиях ситуации существующего облучения при проведении реабилитационных мероприятий на территориях, загрязнённых в результате предшествующей деятельности, несоблюдения требований по обеспечению радиационной защиты персонала и населения и аварий на объектах оборонной промышленности (ядерное наследие), прошлой добычи и переработки урановой руды и др. В состав этой рабочей группы входят сотрудники ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна и в новых Публикациях МКРЗ будет учтён накопленный опыт по реабилитации территорий ядерного наследия в России.

Выводы

В целом перед гигиенической наукой в настоящее время стоят большие научно-практические задачи по дальнейшему развитию регулирующих нормативно-методических документов, направленных на решение актуальных проблем обеспечения радиационной безопасности, подготовке предложений по исключению избыточности и дублирования в деятельности органов государственного регулирования радиационной безопасности, повсеместному внедрению принципа оптимизации радиационной защиты и повышения культуры безопасности на радиационно-опасных производствах. Требуется также новые методо-

логические решения принципиальных вопросов обеспечения радиационной безопасности персонала и населения, гигиенического сопровождения при внедрении в производство новых ядерных технологий.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (п.п. 10, 16 см. References)

1. Кочетков О.А., Панфилов А.П. Атомной промышленности 70 лет: вопросы радиационной защиты. В кн.: Ильин Л.А., Уйба В.В., Самойлов А.С., ред. Сборник статей, посвящённых 70-летию ФГБУ ГНЦ ФМБЦ имени А.И. Бурназяна. М.; 2016: 146–57.
2. Электронная библиотека «История Росатома». История атомной промышленности России. Available at: <http://www.rosatom.ru/about-nuclear-industry/history/>
3. Кочетков О.А., Клочков В.Н., Шинкарев С.М., Симаков А.В., Цовьянов А.Г. Роль радиационной гигиены на современном этапе развития атомной промышленности и энергетики. В кн.: Ильин Л.А., Уйба В.В., Самойлов А.С., ред. Сборник статей, посвящённых 70-летию ФГБУ ГНЦ ФМБЦ имени А.И. Бурназяна. М.; 2016: 37–49.
4. Государственный научный центр Российской Федерации – Институт биофизики. Основные итоги деятельности за 50 лет. (1946–1996 гг.). В кн.: Ильин Л.А., ред. Сборник докладов юбилейной научной конференции. М.; 1996.
5. Публикации № 60 и 61. Рекомендации международной комиссии по радиологической защите 1990 года. Пределы годового поступления радионуклидов в организм работающих, основанные на рекомендациях 1990 года. М.: Энергоатомиздат; 1994.
6. Методическое обеспечение радиационного контроля на предприятии. М.; 2001–2005.
7. Отраслевой отчет по безопасности за 2005 год. Управление ядерной и радиационной безопасности Федерального агентства по атомной энергии. М.: Комтехпринт; 2006.
8. Публикация 103 Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ). М.: Алана; 2009.
9. Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности. Общие требования безопасности, часть 3. Международное агентство по атомной энергии. Вена; 2015.
10. Ильин Л.А., ред. Радиационная медицина. Руководство для врачей-исследователей, организаторов здравоохранения и специалистов по радиационной безопасности. В 4-х томах. М.: ИздАТ; 2002.
11. Ильин Л.А., ред. Плутоний. Радиационная безопасность. М.: ИздАТ; 2005.
12. Ильин Л.А., ред. Техногенное облучение и безопасность человека. М.: ИздАТ; 2006.
13. Асмолов О.А., Кочетков О.А., ред. Радиационно-дозиметрические аспекты ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. М.: ИздАТ; 2011.
14. Средства индивидуальной защиты персонала предприятий атомной промышленности и энергетики: Каталог-справочник. М.; 2015.

References

1. Kochetkov O.A., Panfilov A.P. Atomic industry 70 years: issues of radiation protection. In: Il'in L.A., Uyba V.V., Samoylov A.S., eds. Collection of Articles Dedicated to the 70th Anniversary of the FGBU of the SSC Burnazyana [Sbornik statey, posvyashchennykh 70-letiyu FGBU GNTs FMBTs imeni A.I. Burnazyana]. Moscow; 2016: 146–57. (in Russian)
2. Electronic library «History of Rosatom». History of the Russian nuclear industry. Available at: <http://www.rosatom.ru/about-nuclear-industry/history/> (in Russian)
3. Kochetkov O.A., Klochkov V.N., Shinkarev S.M., Simakov A.V., Tsovyanov A.G. The role of radiation hygiene at the present stage of development of the nuclear industry and energy. In: Il'in L.A., Uyba V.V., Samoylov A.S., eds. Collection of Articles Dedicated to the 70th Anniversary of the FGBU of the SSC Burnazyana [Sbornik statey, posvyashchennykh 70-letiyu FGBU GNTs FMBTs imeni A.I. Burnazyana]. Moscow; 2016: 37–49. (in Russian)
4. State Research Center of the Russian Federation – Institute of Biophysics. The main results of activity for 50 years. (1946–1996). In: Il'in L.A., ed. Collection of Reports of the Jubilee Scientific Conference [Sbornik dokladov yubileynoy nauchnoy konferentsii]. Moscow; 1996. (in Russian)
5. Publication N 60 and 61. Recommendations of the international Commission on radiological protection, 1990. The annual limits of intake of radionuclides into the body work, based on the recommendations of 1990. Moscow: Energoatomizdat; 1994. (in Russian)
6. Methodological support of radiation monitoring at the enterprise. Moscow; 2001–2005. (in Russian)
7. Industrial Safety Report for the year 2005. Department of Nuclear and Radiation Safety of the Federal Atomic Energy Agency [Otraslevoy otchet po bezopasnosti za 2005 god. Upravlenie yadernoy i radiatsionnoy

- bezopasnosti Federal'nogo agentstva po atomnoy energii]. Moscow: Komtekhpriint; 2006. (in Russian)
8. Publication 103 of the International Commission on Radiation Protection (ICRP). Moscow: Alana; 2009. (in Russian)
 9. Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards. General safety requirements, Part 3. International Atomic Energy Agency. Vein; 2015. (in Russian)
 10. ICRP, 2014. Protection of the Environment under Different Exposure Situations. ICRP Publication 124. Ann. ICRP. 2014; 43(1).
 11. Il'in L.A., ed. Radiation Medicine. A Guide for Research Physicians, Health Organizers and Radiation Safety Specialists. In 4 Volumes [Radiatsionnaya meditsina. Rukovodstvo dlya vrachey-issledovateley, organizatorov zdravookhraneniya i spetsialistov po radiatsionnoy bezopasnosti. V 4-kh tomakh]. Moscow: Izdat; 2002. (in Russian)
 12. Il'in L.A., ed. Plutonium. Radiation Safety [Plutoniy. Radiatsionnaya bezopasnost']. Moscow: Izdat; 2005. (in Russian)
 13. Il'in L.A., ed. Technogenic Exposure and Human Safety [Tekhnogennoe obлучenie i bezopasnost' cheloveka]. Moscow: Izdat; 2006. (in Russian)
 14. Asmolov O.A., Kochetkov O.A., eds. Radiation-dosimetric aspects of liquidation of consequences of the Chernobyl accident [Radiatsionno-dozimetricheskie aspekty likvidatsii posledstviy avarii na Chernobyl'skoy AES]. Moscow: Izdat; 2011. (in Russian)
 15. Means of Individual Protection of Personnel of Enterprises of Nuclear Industry and Energy: Directory [Sredstva individual'noy zashchity personala predpriyatiy atomnoy promyshlennosti i energetiki: Katalog-spravochnik]. Moscow; 2015. (in Russian)
 16. Sneve M.K., Shandala N., Kiselev S., Simakov A., Titov A., Seregin V., et al. Radiation protection during remediation of the SevRAO facilities: 10 years of regulatory experience. J. Radiol. Prot. 2015; 35(3): 571–96.

Поступила 13.06.17
Принята к печати 05.07.17

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 614.89:621.039.58

Рубцов В.И., Клочков В.Н., Требухин А.Б., Нефёдов А.Ю., Тюнеева Л.И., Клочкова Е.В.

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА РАДИАЦИОННО И ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна», 123182, Москва

Рассмотрены проблемы специфики требований к средствам индивидуальной защиты (СИЗ) персонала в области использования атомной энергии. Изложена краткая история работ по развитию системы и СИЗ, выполненных сотрудниками ФМБЦ им. А.И. Бурназяна (ранее – Институт биофизики) – организации, более 60 лет работающей в области создания и совершенствования СИЗ персонала радиационно опасных объектов. Среди достигнутых создателями СИЗ – разработка легкого респиратора «ШБ-1 Лепесток», с 1950-х годов до настоящего времени применяющегося практически во всех отраслях промышленности: в энергетике, сельском хозяйстве, медицине и др. К новым завоеваниям относятся также разработка материалов, конструкций, технологии изготовления и внедрения в практику многоразовых, дезактивируемых, физиологически приемлемых изолирующих костюмов, шланговых СИЗ органов дыхания, дезактивируемой основной и дополнительной спецодежды и спецобуви для персонала атомной промышленности и энергетики. Серьезную проверку система индивидуальной защиты персонала от радиационного воздействия прошла в период ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. В статье рассмотрены промежуточные итоги существенной перестройки системы индивидуальной защиты персонала радиационно опасных объектов в начале XXI века. В настоящее время работы по созданию систем стандартизации и сертификации СИЗ в атомной отрасли приобретают плановую регулярную основу. За прошедшие годы разработаны и внедрены в практику межгосударственные и национальные стандарты, устанавливающие требования и методы испытаний СИЗ и материалов для их изготовления, а также Технический регламент «О безопасности средств индивидуальной защиты». Ведутся разработки методов испытаний СИЗ по специальным веществам, характерным прежде всего для атомной отрасли, и по созданию отраслевой системы сертификации СИЗ Госкорпорации «Росатом».

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты; радиационно опасный объект; стандартизация; сертификация; технический регламент.

Для цитирования: Рубцов В.И., Клочков В.Н., Требухин А.Б., Нефёдов А.Ю., Тюнеева Л.И., Клочкова Е.В. Средства индивидуальной защиты персонала радиационно и химически опасных объектов атомной промышленности и энергетики. Гигиена и санитария. 2017; 96(9): 874–878. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-9-874-878>

Для корреспонденции: Клочков Владимир Николаевич, д-р тех. наук, вед. науч. сотр. лаб. СИЗ отдела промышленной радиационной гигиены ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 123182, Москва. E-mail: siz-fmcb@mail.ru

Rubtsov V.I., Klochkov V.N., Trebukhin A.B., Nefedov A.Yu., Tyuneeva L.I., Klochkova E.V.

PERSONAL PROTECTION EQUIPMENT FOR THE PERSONNEL OF RADIATION HAZARDOUS FACILITIES

A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Centre, Moscow, 123182, Russian Federation

The article covers issues related to the specifics of requirements for the personal protection equipment (PPE) in the field of the nuclear power usage, and briefly describes the history of the PPE involvement. This work was performed by the employees of the A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Centre (former Institute of biophysics) which has been creating and enhancing PPE for the personnel of radiation hazardous facilities for more than 60 years. Successes of the PPE developers include the creation of the light respirator “ShB-1 Lepestok” which has been in use since 1950s till now in almost all industries, energy engineering, agriculture, medicine, etc., as well as the development of materials, structures, technology of manufacturing and practical application of reusable, decontaminable, physiologically