

УДК 621.039.58(088.4)

А. С. Грачев, Д. В. Швец, Н. И. Лобковская

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ,
Волгодонск, e-mail: nadezhda-lobkovskaya@yandex.ru

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТАХ: ИСТОРИЯ ВОПРОСА

Ключевые слова: радиация, радиационная безопасность, предельно допустимая радиационная доза, Международная комиссия по радиологической защите.

В статье рассматривается вопрос поэтапного развития направления радиационной безопасности на основе разработки нормативной документации Международной комиссии по радиологической защите. Открытие радиации обусловило необходимость исследования ее действия, предупреждения негативных последствий для человека, принятия соответствующих соглашений на международном уровне. Анализируются данные международных документов, позволяющие проследить положительную тенденцию уменьшения предельно допустимой дозы радиации. Систематизируются ключевые пункты нормативных документов, принятых в СССР во второй половине XX в. и основанных на общих рекомендациях Международной Комиссии по Радиологической защите. Согласно этим документам, приведена наглядная таблица зависимости толщины экранировки от энергии исходящих бета-частиц, рассматривается введение значений предельно допустимых доз для разных категорий населения и персонала, работающего с радиоактивными веществами. Уделяется внимание и возникновению радиационной гигиены. В статье проводится обзор ключевых договоров по радиационной безопасности, касающихся как непосредственно радиационной безопасности и мер предосторожности при работе с радиоактивными веществами, так и норм хранения отработанного ядерного топлива, что позволяет проанализировать траекторию развития данного направления и проследить положительный характер изменения мер радиационной безопасности в целом.

Проблема защиты людей от радиации имеет глобальный характер. С целью ее разрешения разрабатываются правовые нормы и проводятся организационные мероприятия не только на уровне отдельных странах, но и в рамках международного сотрудничества. Феномен радиоактивности был открыт в 1896 г. французским физиком Беккерелем. После обнаружения пагубного влияния радиации на организм человека появилась потребность в защите от нее, которая стала наиболее актуальной с распространением использования радиации в различных сферах жизнедеятельности общества. К середине первой половины XX в. международный формат обсуждения проблемы стал основным.

Основы в разработке методов защиты от радиации заложила Международная комиссия по защите от рентгеновских лучей и радия, созданная в 1928 г. на втором Международном конгрессе радиологов, которая впоследствии стала называться Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) [1]. В 1934 г. рекомендацией этой комиссии была установлена толерантная доза радиоактивного излучения – 200 мР в сутки или 73 Р в год [2], однако уже в 1936 г.

этот вывод был пересмотрен в связи с тем, что медицине не были известны отдаленные последствия действия радиации, и норма была снижена до 100 мР в сутки или 31 Р в год.

С течением времени понятие толерантной дозы становилось все более неточным и размытым, позднее оно было заменено на ПДД – предельно допустимую дозу, т.е. не вызывающую каких-либо существенных повреждений организма человека в течение всей его жизни. МКРЗ опубликовала новую ПДД в рекомендациях 1950 года. Этот документ [3] предусматривал снижение ПДД до величины 50 мР в сутки. Также количество радиации, получаемой персоналом, должно систематически проверяться и не превышать указанной величины. Персонал раз в 3 месяца должен сдавать кровь для проведения анализа и раз в год проходить полное медицинское обследование.

С развитием атомной отрасли возникла необходимость введения полных норм безопасности при работе с радиоактивными веществами. В 1953 г. в СССР вышел первый официальный документ «Санитарные правила и нормы при работе с радиоактивными изотопами» [4], выпущенный Главной государственной

санитарной инспекцией Министерства Здравоохранения, в котором прописывались нормы профессионального облучения, правила работы с радиоактивными веществами, нормы транспортировки и хранения радиоактивных веществ, а также меры личной безопасности, для работающих с радиоактивными элементами. Данный документ был не до конца проработанным единственным вариантом концепции полной защиты от радиации. С точки зрения современной радиационной безопасности в нем находились недопустимые значения пороговых доз облучения. Немаловажным пунктом данного документа являлось то, что в нем была прописана защита от бета-частиц различных изотопов путем экранировки (таблица).

Толщина экранировки алюминием зависела от энергии исходящих бета-частиц (первый столбец таблицы). Кроме защиты от бета-частиц экранирование начали применять так же для альфа и гамма лучей. Наибольшей проникающей способностью обладают гамма лучи. Для защиты от них начали использовать тяжелые металлы, такие как свинец, вольфрам, или растворы их гидроксидов.

В 1957 г. по инициативе доктора медицинских наук Ф.Г. Кроткова была создана первая в Советском союзе кафедра радиационной гигиены при ЦОЛИУВ (сейчас – Российская медицинская академия последипломного образования). Она готовила специалистов для данной области, что способствовало развитию отечественной радиационной гигиены. А с 1960 г. в программу подготовки врачей была включена радиационная гигиена как самостоятельная дисциплина [6].

В 1958–1959 гг. МКРЗ и Международный конгресс радиологов выпустили совместную рекомендацию [7], где было утверждено новое значение ПДУ (предельно допустимых уровней облучения) – 5 бэр в год для человека в возрасте не менее 18 лет. Решение было обосновано несоответствием ранее установленного показателя ожидаемой степени допустимого излучения. Важным пунктом этого документа было то, что в нем отменили измерение доз облучения для отдельных частей тела и органов человека и ввели измерение дозы облучения всего тела.

Вместе с развитием атомной энергетики, а, следовательно, и увеличением количества лиц, которые могут быть подвержены воздействию радиации, появилась нужда в совершенствовании норм радиационной безопасности и установлении ПДД для населения в целом. В СССР в 1969 г. в соответствии с рекомендациями МКРЗ, были приняты «Нормы радиационной безопасности НРБ-69», согласно которым ПДД составил 5 бэр в год, а опасной дозой считалась такая доза излучения, при которой некоторые из появившихся изменений в организме могут быть необратимыми [8]. Качественным отличием НРБ-69 [9] от предыдущих принятых норм являлся подход к установлению категорий облучения, который учитывал возможные последствия влияния ионизирующих излучений на организм. В связи с невозможностью в то время полностью исключить выбросы с химических предприятий и объектов атомной отрасли, было введено понятие санитарно-защитной зоны, занимающую 3–5 км вокруг

Зависимость толщины экранировки от энергии исходящих бета-частиц [5]

Еβ (MeV)	Слой воздуха (м)	Слой воды (в мм)	Слой алюминия (мм)	В мягких тканях (мм)
0,01	0,0013	0,002	0,0006	0,00247
0,02	0,0052	0,008	0,0026	0,00841
0,03	0,011	0,018	0,0056	0,0175
0,04	0,019	0,030	0,0096	0,0290
0,05	0,029	0,046	0,0144	0,0431
0,06	0,040	0,063	0,0200	0,0591
0,07	0,052	0,083	0,0263	0,0774
0,08	0,069	0,109	0,0344	0,0974
0,09	0,082	0,129	0,0407	0,119
0,10	0,101	0,158	0,0500	0,143

предприятия. В этой зоне запрещалось размещение жилых или коммерческих зданий, регулярно проводился систематический контроль радиационной обстановки, призванный фиксировать каждый случай нарушения нормального течения технологического процесса. Согласно НРБ-69, суммарная доза облучения, для всего населения, с учетом естественного фона и медицинских процедур, не должна превышать 5 бэр за 30 лет. С современной точки зрения, это половина дозы, вызывающей удвоение числа спонтанных мутаций. Облучение же персонала (согласно НРБ-69, так называемая группа А, т. е. лица, работающие с техногенными источниками ионизирующего излучения) могло достигать 5 бэр в год. Для категории группы Б (лица, проживающие на территории, где возможно превышение установленных доз и где ведется контроль за радиационной обстановкой) доза облучения могла составлять до 0,5 бэр в год.

Нормы радиационной безопасности были пересмотрены с внесением поправок в 1976, 1996 и 1999 годах. Современные нормы (НРБ-99/2009) [10] подразумевают такие принципы радиационной безопасности, как недопустимость превышения пределов индивидуальных доз облучения (принцип нормирования); запрет на все возможные виды деятельности по использованию ионизирующего излучения (принцип обоснования); поддержание доз облучения на предельно возможно низком достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов (принцип оптимизации). Эффективная доза, установленная данными нормами (т. е. такая доза при неравномерном облучении человеческого тела, которая равна эквивалентной дозе при равномерном облучении всего организма) составляет 20 мЗв или 2000 мР в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год для группы А, для группы Б основные пределы доз равны 1/4 значений для группы А, для населения 1 мЗв или 100 мР в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год. Для сравнения отметим, что естественный радиационный фон составляет 1,75 мЗв или 175 мР в год.

В 1979 г. была подписана конвенция «О физической защите ядерного матери-

ала и ядерных установок» [11]. Данная конвенция подписывалась с целью достижения общемирового эффективного уровня защиты ядерного материала, а также установок, использующихся в мирных целях. Результаты данной конвенции распространялись на ядерные материалы, используемые не в военных целях. Каждое государство, участник конвенции, обязалось обеспечивать полную физическую защиту ядерных материалов, защиту от кражи, от возможного акта терроризма. В случае террористического акта с применением радиационных материалов, государство обязано ликвидировать последствия теракта.

Важнейшим документом по ядерной безопасности является «Конвенция о ядерной безопасности», подписанная в Вене 17 июня 1994 г. [12], на дипломатической конференции, созванной Международным агентством по атомной энергии. Все страны с действующими на тот момент АЭС подписали данный договор. основополагающим фактором для созыва данной конференции являлось улучшение уровня ядерной безопасности в мире. В ходе конференции были утверждены стратегические цели в области ядерной безопасности, например, *техническое сотрудничество ядерных государств между собой в области разработки мер ядерной безопасности*. Каждое государство, подписавшее данный документ, обязалось поддерживать законодательную и регулируемую основу для обеспечения безопасности ядерных установок. Одним из решений комиссии было создание отдельного регулирующего органа, отвечающего за реализацию законодательной части в сфере обеспечения ядерной безопасности.

Помимо обеспечения безопасности при работе с ядерными материалами и установками, необходимо было установить нормы обращения с отработавшим ядерным топливом. В 1997 г. в Вене во время 41-й сессии Генеральной конференции Международного агентства атомной энергии, была выдвинута на подписание «Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами» [13]. Заключительный акт конвенции подписали 65 государств только

в 2001 году. Для России положения данной конвенции вступили в силу 19 апреля 2006 года. Главной целью конвенции являлось усиление мер безопасного обращения с отработавшими ядерными материалами, обеспечением надлежащего хранения, с целью оградить среду от вредного воздействия ионизирующего излучения. Данной конвенцией было установлено, что надлежащий уровень безопасности при обращении с отработавшим ядерным топливом может быть достигнут только в рамках международного сотрудничества.

На протяжении десятилетий изменялись нормы радиационной безопасности, оказывавшиеся неприемлемыми с позиции новых достижений медицины. Решающим фактором было отсутствие необходимых знаний о последствиях ра-

диационного облучения. На данный момент установлены два порога безопасности: нижний – наиболее безопасная доза радиации составляет 20 мкР/ч, и верхний допустимый – 50 мкР/ч [14]. Ученые достаточно глубоко изучили воздействие радиации, и человечество может без непредвиденных рисков получать атомную энергию, развивать ядерную медицину, использовать радиацию во многих направлениях науки. История развития вопроса указывает на высокий уровень профессиональной ответственности и необходимость контроля текущего состояния радиационной безопасности. Изложенное выше позволяет утверждать значимость нормативного оформления развития радиационной безопасности, как условия обеспечения физической ядерной безопасности мирового сообщества.

Библиографический список

1. Микшевич Н.В. Радиационная безопасность: учебное пособие по курсу «Основы радиационной безопасности» / Н.В. Микшевич, Л.А. Ковальчук. – Екатеринбург, 2016. – 177 с.
2. International Recommendations for x-ray and radium protection. Revised by the international x-ray and radium protection commission at the fourth international congress of radiology, Zurich, July 1934. – URL: <http://www.icrp.org/publication.asp?id=1934%20Recommendations> (дата обращения: 17.09.2018).
3. International Recommendations on radiological protection. Revised by the International Commission on Radiological Protection at the Sixth International Congress of Radiology, London, July 1950. – URL: <http://www.icrp.org/publication.asp?id=1950%20Recommendations> (дата обращения: 17.09.2018).
4. Санитарные правила и нормы при работе с радиоактивными изотопами, Главная государственная санитарная инспекция Министерства Здравоохранения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456045153> (дата обращения: 23.09.2018).
5. Санитарные правила и нормы при работе с радиоактивными изотопами, Главная государственная санитарная инспекция Министерства Здравоохранения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456045153> (дата обращения: 23.09.2018).
6. Ильин Л.А. Радиационная гигиена: учеб. для вузов / Л.А. Ильин, В.Ф. Кириллов, И.П. Коренков. – 2010. – 384 с.
7. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection 1958. – URL: <http://www.icrp.org/publication.asp?id=1958%20Recommendations> (дата обращения: 28.09.2018).
8. Соловьев Н.В. Основы техники безопасности и противопожарной техники в химической промышленности: учебник для вузов / Н.В. Соловьев и др. – М.: Химия, 1966. – 531 с.
9. Журнал «Атомная энергия», Т. 28, Вып. 6 (Июнь 1970). Нормы радиационной безопасности (НРБ-69). – URL: http://elbib.biblioatom.ru/text/atomnaya-energiya_t28-6_1970/go,6/ (дата обращения: 14.10.2018).
10. СанПин 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902170553> (дата обращения: 19.09.2018).
11. Конвенция о физической защите ядерного материала и ядерных установок. – URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/nucmat_protection.shtml (дата обращения: 25.09.2018).
12. Конвенция о ядерной безопасности. – URL: https://www.iaea.org/sites/default/files/infocirc449_rus.pdf (дата обращения: 8.10.2018).
13. Объединенная конвенция о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами. – URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/infocirc546.pdf (дата обращения: 8.10.2018).
14. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). – URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/6/6853/index.htm> (дата обращения: 30.09.2018).