

К 125-летию открытия радиоактивности: история становления и текущее состояние нормативного обеспечения радиационной безопасности населения

Г.Г. Онищенко^{1,4}, И.К. Романович^{1,2}, О.А. Историк³, А.В. Водоватов^{2,5}, А.М. Библин²,
Т.А. Кормановская²

¹Российская академия наук, Москва, Россия

²Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

³Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ленинградской области, Санкт-Петербург, Россия

⁴Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Россия

⁵Санкт-Петербургский государственный медицинский педиатрический университет, Санкт-Петербург, Россия

Статья посвящена вопросу становления и текущему состоянию нормативного обеспечения радиационной безопасности населения. Последовательно изложены история открытия рентгеновского излучения, радиоактивности и становления атомной энергетики в мире и СССР. Представлены в историческом аспекте вопросы изучения радиобиологического действия ионизирующего излучения на человека и хронология развития и совершенствования нормирования. Показано, что принципы радиационной защиты, нормативы и подходы к обеспечению радиационной безопасности в № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения», НРБ-99/2009 построены на основе Публикации 60 МКРЗ 1990 г. и Международного базового стандарта безопасности МАГАТЭ 1997 г. и полностью им соответствуют. Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» и НРБ-99/2009 на десятилетия гарантированно обеспечили и продолжают обеспечивать радиационную защиту персонала и населения по самым высоким международным стандартам.

Ключевые слова: X-лучи, рентгеновские лучи, радиоактивность, атомная энергетика, радиационная защита, дозы облучения, детерминированные эффекты, тканевые реакции, стохастические эффекты, нормирование.

История открытия X-лучей и радиоактивности

В 2020 г. мировая общественность отметила 125-ю годовщину со дня открытия В.К. Рентгеном X-лучей, а уже в нынешнем, 2021 г., мы отмечаем 125-летие открытия А. Беккерелем естественной радиоактивности урана [1]. Эти два открытия буквально изменили мир. Уже через 3 недели после сообщения В.К. Рентгена «О новом роде лучей» ученые из Военно-медицинской академии (Санкт-Петербург) повторили опыты В.К. Рентгена и стали основоположниками клинического применения рентгеновского излучения. Через год (в начале 1897 г.) при клиническом госпитале академии организуется первый в России рентгеновский кабинет. Профессор М.И. Неменов организует и открывает в 1918 г. в Петрограде Государственный институт рентгенологии и радиологии, а в 1929 г. первую в России кафедру клинической рентгенологии в Военно-

медицинской академии [2]. В настоящее время невозможно себе представить жизнь без повсеместного использования рентгеновских лучей в медицинской практике, промышленности и многих других областях человеческой деятельности.

После обнаружения А. Беккерелем естественной радиоактивности урана уже через 2 года (в 1898 г.) поступили сообщения об открытиях М. Склодовской-Кюри и П. Кюри радиоактивных свойств полония и радия. Вещества, испускающие лучи Беккереля, назвали радиоактивными, а новое свойство вещества, обнаруженное по этому лучеиспусканию, радиоактивностью [1, 3]. Еще через год Э. Резерфорд (1899 г.) открыл α -, β -, γ -излучения, а к 1911 г. создал теорию распада радиоактивных веществ. Проводя эксперименты по бомбардировке ядер бериллия, лития и бора α -частицами, Э. Резерфорд в

Романович Иван Константинович

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева.

Адрес для переписки: 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: I.Romanovich@niir.ru

1930 г. обнаружил неизвестный вид излучения. В дальнейшем было доказано, что это излучение является элементарными частицами, которые были названы нейтронами. Ф. Жолио-Кюри и П. Савич в 1937 г. установили, что при облучении урана нейтронами ядро атома урана делится, образуя осколки. В 1939 г. Э. Ферми, Ф. Жолио-Кюри, Л. Коварски открыли цепную реакцию деления урана. Это означало открытие эпохи атомной энергии. До запуска первого атомного реактора, который осуществил 2 декабря 1942 г. Э. Ферми, прошло всего 3 года, а до атомных бомбардировок американцами японских городов Хиросимы и Нагасаки в августе 1945 г. – всего 6 лет [3].

Первые данные о действии X-лучей и лучей радия на организм человека

Исследования по изучению действия X-лучей и лучей радия на живые организмы начались практически с момента их открытия. В 1896 г. профессор И.Р. Тарханов опубликовал сообщение о действии X-лучей на центральную нервную систему и развитие животных. Им было сделано предположение, что «...X-лучи могут служить не только для фотографирования и для диагноза, как думали до сих пор, но и для воздействия на организм. И мы не удивимся, если в недалеком будущем лучами этими будут пользоваться с лечебной целью» [4]. В дальнейшем С.В. Гольдбергом, Е.С. Лондоном и В.М. Ивановым были детально рассмотрены реакции кожи на лучевые воздействия радия, опубликованные в 1904 г. С.В. Гольдбергом в монографии «К учению о физиологическом действии беккерелевых лучей». Е.С. Лондоном также впервые было установлено, что под влиянием радиации наиболее ранние и выраженные изменения происходят в кроветворных, лимфоидных и половых органах [4]. И. Бергонье и Л. Трибондо в 1906 г. был сформулирован фундаментальный закон клеточной радиочувствительности: ионизирующее излучение тем сильнее действует на клетки, чем интенсивнее они делятся и чем менее они дифференцированы [4].

Не убереглись от радиационных поражений и первооткрыватели радиоактивности. Так, первые лучевые поражения кожи были зафиксированы у А. Беккереля и у П. и М. Кюри, которые работали с радием. Первые исследователи X-лучей и лучей радия и врачи, применявшие их в медицинской практике, не зная природы и свойств открытых явлений, их радиобиологического действия, работали с источниками ионизирующего излучения без каких-либо предосторожностей [1, 3].

С каждым годом сообщений о радиационных поражениях поступало все больше. Наиболее известным стало сообщение о «радиевых девушках» (англ. Radium Girls) – женщинах, работавших в 1917–1926 гг. на предприятии американской корпорации United States Radium Corporation в городе Ориндж и получивших радиационное поражение. При нанесении светосоставов на циферблаты и стрелки часов или других приборов девушки постоянно брали губами кисти, чтобы сделать их тоньше. Через несколько лет работы со светосоставом многие женщины начинали страдать от кровоточащих десен и болей в челюстях. Затем начали выпадать зубы. Среди работниц фабрики участились случаи выкидышей и рождения мертвых детей. Кости становились настолько хрупкими, что женщины не могли ходить, не опасаясь переломов.

Процент заболеваемости раком среди работниц увеличился в десятки раз. Рентгеновские снимки больных женщин показали, что их челюсти были испещрены отверстиями и напоминали пористую губку. Научные исследования «радиевых девушек» стали одним из первых веских доказательств вредного воздействия радиоактивных веществ на человека [5, 6].

В первой половине XX в. радиоактивные вещества получили широкое распространение в косметике, на их основе создавались лекарства, они входили в состав стимулирующих и алкогольных напитков. Эбен Байерс, миллионер и известный спортсмен, за полтора года употребил 1400 бутылок лекарственного препарата «Радитор». В каждой бутылке содержалось до 3,5 мКи радия. Доза облучения на скелет Байерса могла составить около 350 Зв, что привело его к смерти в течение 18 месяцев. Обнаружение данного случая привело к запрещению бесконтрольного распространения радиофармацевтических препаратов в США, а также к запрету на использование радия в тонирующих и спиртных напитках [7].

Одним из массовых способов использования рентгеновских лучей, кроме медицины, стало изобретение флюороскопов, или рентгеновской примерочной для обуви. Одновременно примерку обуви могли наблюдать 3 человека, в том числе покупатель и продавец-консультант. За одну примерку покупатель и продавец подвергались облучению до 20 рентген. В начале 1950-х гг. в мире было установлено порядка 10 000 флюороскопов. Отмечены случаи частых и тяжелых заболеваний продавцов. В 1957 г. первый запрет на использование рентгеновской примерочной для обуви был введен в Пенсильвании, США. К 1960 г. аналогичный запрет был введен уже в 34 штатах [8].

Довоенный период можно назвать этапом накопления данных о биологическом действии ионизирующего излучения на человека и систематизации данных о радиационном воздействии. Созданный в 1928 г. Международный комитет по защите от воздействия рентгеновских лучей и радия (IXRPC) в своей первой рекомендации предостерегал об известных на тот момент эффектах: о повреждениях поверхностных тканей, внутренних органов и изменениях в крови [9, 10].

Первые шаги в нормировании рентгеновских лучей и радия

На раннем этапе работы с рентгеновскими лучами и радием и в период первых попыток разработки и внедрения мер радиационной защиты не существовало методов измерения новых видов лучей и понятия дозы облучения организма. В этой связи основное внимание уделялось разработке методов измерения и количественной оценке ионизирующего излучения. Британское рентгенологическое общество (British Röntgen Society) с 1906 г. начало разрабатывать теоретическое обоснование радиевого стандарта в качестве единицы измерения при проведении лечения рентгеновскими лучами. По результатам работ в 1908 г. в качестве стандарта был предложен 1 мг чистого бромида радия, а в качестве эталонного излучения – гамма-излучение от стандартного образца после прохождения через слой ослабителя в 5 мм свинца [11].

В 1910 г. по итогам работы Международного конгресса по радиологии и электричеству была организована

Международная комиссия по радиевому стандарту под руководством Э. Резерфорда. Первый стандарт был изготовлен в 1911 г. и представлял собой 22 мг чистого хлорида радия, запаянного в стеклянную ампулу. Также на конгрессе была предложена единица для измерения радона – Кюри, определенная как количество радона, находящегося в радиоактивном равновесии с 1 г радия [11].

В эти же годы проводились работы по дозиметрии ионизирующих излучений. Первые концепции дозы облучения, основанные на ионизации воздуха, были предложены во Франции (1908 г.) и США (1914 г.).

Отсутствие подходов к дозиметрии приводило к тому, что, начиная с 1910-х гг., дозы оценивались по клиническим проявлениям, главным образом, по результатам реакции кожи на облучение – так называемым стандартным эритемным дозам (СЭД). 1 СЭД представляла собой дозу облучения, которая приводила к покраснению кожи (эритеме) [11].

Первые подходы к установлению пределов доз были разработаны в США в 1924–1925 гг. Артуром Мутшеллером в виде так называемой «толерантной дозы» – дозы, которую человек переносит без риска прямых радиационных поражений. Тolerантная доза соответствовала 0,01 СЭД в месяц. Параллельно с этим в 1925 г. Рудольф Зиверт предложил установить предел толерантной дозы в 0,1 СЭД в год. В переводе на существующие единицы 0,1 СЭД соответствует диапазону в 600–900 мЗв в год [11].

В 1925 г. был основан Международный комитет по рентгеновским единицам (International X-ray Unit Committee) (с 1950 г. – Международная комиссия по радиационным единицам (МКРЕ) (International Committee for Radiological Units, ICRU)) [12]. В 1928 г. были выпущены рекомендации по использованию новой дозовой величины – экспозиционной дозы, с единицей измерения «рентген». Впервые возникают и используются термин «Доза» (доза облучения) и общее название измерительных приборов – «Дозиметры» [11, 13]. В 1937 г. были внесены изменения в определение экспозиционной дозы, чтобы ее можно было применять и к гамма-излучению.

Первые официальные рекомендации по радиационной защите (Merkblatt über den Gebrauch von Schutzmassregeln gegen Röntgenstrahlen) были выпущены Немецким рентгеновским обществом ((Deutsche Röntgen Gesellschaft) в 1913 г. Рекомендации включали предупреждения об опасности многократного облучения человека и, как следствие, необходимости организации защиты барьерами, временем и расстоянием, а также включали данные по необходимым толщинам свинцовой защиты при работе с различными видами рентгеновских трубок [14].

В период Первой мировой войны произошло стремительное внедрение рентгеновских аппаратов в медицинскую практику, а увеличение числа работников, обладающих крайне низкими знаниями о технике безопасности при работе с рентгеновскими аппаратами, привело к появлению значительного числа острых лучевых поражений [11, 15].

В 1914 г. при Британском рентгенологическом обществе создается Комитет по рентгеновским измерениям и дозам, которому была поручена разработка рекомендаций по радиационной безопасности. Разработанный в 1916 г. документ включал требования по защите рентге-

новских трубок (толщине защитного свинцового стекла) и технике безопасности для персонала [11, 15].

Следующим этапом в становлении системы радиационной защиты стало основание в 1921 г. Британского комитета по защите от рентгеновских лучей и радия и опубликование им отчета о требованиях радиационной безопасности при работе с источниками рентгеновского излучения. Устанавливались требования по ограничению рабочего времени (не более 7 ч работы в день при пятидневной рабочей неделе) и дополнительным отпускам (не менее 1 месяца в год) для персонала. Запрещалось привлекать к проведению рентгенорадиологических исследований неспециализированный персонал медицинских организаций [16].

Требования по радиационной защите пациентов и персонала в этот период устанавливаются также Норвежским радиологическим обществом (1923 г.), Шведским обществом по радиационной защите (1928 г.), в Италии (1925 г.) [11, 17].

С 1928 г. значительную роль в обеспечении радиационной безопасности и разработке рекомендаций, касающихся допустимых уровней профессионального облучения и облучения населения, начинает играть созданный в 1928 г. на II Международном конгрессе радиологов в Стокгольме (Швеция) Международный комитет по защите от рентгеновских лучей и лучей радия (с 1950 г. это Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ)) [3, 18]. Результаты работы конгресса были реализованы в виде приложений к журналу «Acta radiologica», в которых были представлены правила по радиационной безопасности, включающие в себя:

- сведения об известных негативных эффектах ионизирующего излучения;
- требования к продолжительности рабочего дня, дополнительных отпусков для персонала;
- требования к проектированию (организации) отделений лучевой диагностики и терапии;
- требования к проектированию (организации) кабинетов для лучевой диагностики и терапии;
- требования к радиационной защите временем и барьерами для персонала;
- требования по электробезопасности рентгеновских установок;
- требования по работе с радием, защите от ингаляционного поступления радона и бета-облучения персонала;
- требования к защитным контейнерам для транспортирования и хранения радия [19].

В 1931 г. в дополнение к рекомендациям 1928 г. были установлены обязательные требования к проведению регулярных периодических медицинских осмотров персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения (ИИИ) (не реже 2 раз в год). Также было предложено использовать единицу «Кюри» не только для радия, но и для всех дочерних продуктов цепочки распада радия. Было установлено соотношение между активностью в кюри и числом распадов в секунду: 1 кюри был принят равным 37 миллиардам распадов в секунду. В 1934 г. МКРЗ устанавливает первый норматив профессионального облучения в виде толерантной дозы в 0,2 Р в день (1 рентген в неделю, 50 рентген в год), а уже через 2 года (в 1936 г.) уменьшает его в 2 раза [20].

В дореволюционной России также велись интенсивные работы по радиационной защите персонала, рабо-

тающего с рентгеновским излучением. Д.Ф. Решетило (1906) считал неременным условием работы с рентгеновскими лучами защиту глаз очками из свинцового стекла, а всего тела – защитными фартуками и экранами. Кроме того, автор указывал на значимость времени облучения и расстояния от источника для снижения получаемых доз облучения [3].

В 1914 г. на I Всероссийском съезде по борьбе с онкологическими заболеваниями обсуждались не только вопросы лечения злокачественных новообразований рентгеновскими лучами и лучами радия, но и задачи по усилению мероприятий по охране труда медицинского персонала, подвергающегося облучению в профессиональных условиях. В принятой резолюции съезда было указано на необходимость разработки специальных правил по защите лиц, работающих с этими лучами. Это было одно из первых требований в области обеспечения радиационной безопасности человека [21].

После революции 1917 г. основные работы в области радиационной защиты и безопасности в СССР проводились на базе организованного в 1918 г. Рентгенологического и радиологического института. Под эгидой института проводились всесоюзные съезды рентгенологов и радиологов. На третьем съезде (20–25 мая 1925 г.) рассматривались вопросы о защите труда рентгенологов. По результатам съезда и последующей работы Ассоциации рентгенологов и радиологов было утверждено постановление Народного комиссариата труда СССР от 9 сентября 1925 г. № 233/389 «Об охране труда работников в рентгеновских кабинетах», фактически являющееся первым регулирующим документом по радиационной гигиене. В документе представлены требования к устройству рентгеновских кабинетов, свинцовой защите, электробезопасности аппаратов; установлены требования к продолжительности рабочего дня (4 ч) и наличию спецодежды, кратности периодических медицинских осмотров [22]. В 1940 г. законодательно продолжительность рабочего дня была увеличена до 6 ч [23]. Начиная с 1939 г., проводился отдельный учет профессиональных заболеваний, обусловленных воздействием ионизирующего излучения [24].

В 1921 г. академик В.Г. Хлопин получил первые препараты радия и мезотория из руд, добываемых в районе г. Ухты. Этим было положено начало отечественной радиевой промышленности. В 1922 г. открывается Государственный радиевый институт, возглавивший все работы по организации изысканий радиевых руд и получению отечественных препаратов радия. Одновременно возникла необходимость в изучении вопросов гигиены труда в этой новой отрасли, поскольку уже было известно о неблагоприятных и тяжелых поражениях, связанных с воздействием лучей радия [3, 25].

Первые научные исследования условий труда и состояния здоровья работников на заводе по производству радия из тюямунской урановой руды в начале 1930-х гг. внес Центральный институт гигиены труда и промышленной санитарии (ныне Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова РАН) под руководством А.А. Летавета. На основе полученных данных в 1935 г. под редакцией В.А. Левицкого и А.А. Летавета была издана первая в СССР монография, посвященная вопросам радиационной гигиены и

радиационной безопасности [26]. В ней исследователи предложили меры по защите работников радиохимических производств от лучевого поражения. В монографии рекомендовалось для работников химзаводов и завода по переработке радиевых концентратов устанавливать 6-часовой рабочий день и бесплатно выдавать молоко, предписывалось иметь особый надзор за состоянием здоровья работников и подвергать их ежемесячному медицинскому осмотру [26, 27].

Становление современной системы радиационной защиты в мире

Новый этап в обеспечении радиационной безопасности персонала, непосредственно занятого на работах с источниками ионизирующего излучения, и населения связан с проектами в области атомной энергии, в частности, с разработкой ядерной бомбы и первых атомных реакторов в Италии, США, Германии, СССР [3, 17, 27, 28].

Национальная комиссия по радиационной защите США в 1940 г. выпускает отчет № 5, в котором впервые, помимо ограничения внешнего облучения, устанавливаются требования к ограничению внутреннего облучения. Предел содержания радия в организме человека устанавливается равным 0,1 мкг. В 1941–1945 гг. в США ведутся работы по обоснованию перехода от толерантной дозы к предельно допустимой дозе, учитывающей наследственные эффекты. Вводится понятие стохастических эффектов. Обосновывается линейная беспороговая концепция воздействия ионизирующего излучения [29]. В эти же годы Паркером обосновываются подходы к оценке поглощенной дозы с использованием рентген-эквивалента (величина фэр, от английского roentgen-equivalent physical). Вводится понятие биологического эквивалента рентгена – бэр (аналог эквивалентной дозы), учитывающего относительную биологическую эффективность излучения (величина рэм, roentgen-equivalent mammal) [11, 17].

На основании новых данных Шестой Международной конгресс по радиологии в 1950 г. (Лондон) рекомендует недельный профессиональный лимит уменьшить в 2 раза, годовой лимит установить на уровне 15 рентген, а в радиационные эффекты включить поверхностные повреждения, воздействия на кровь и кроветворные органы (анемии и лейкемии), индуцирование злокачественных опухолей, катаракты, нарушение плодовитости и сокращение продолжительности жизни, генетические эффекты [30].

К 1956 г. объемы данных, полученных в результате Манхэттенского проекта, атомных бомбардировок городов Хиросимы и Нагасаки, разработки ядерных реакторов, свидетельствовали, что установленные нормативы не защищают в полной мере работников от действия ионизирующего излучения.

Важную роль в изучении эффектов облучения ионизирующими излучениями и радиоактивными веществами человека и населения, связанных с ним рисков, консолидации и анализа всего мирового опыта внес Научный комитет по действию атомной радиации Организации Объединенных Наций (НКДАР ООН), созданный в 1955 г. в рамках ООН. НКДАР ООН 1 раз в несколько лет публикует итоги работы, содержащие самые подробные и разносторонние оценки воздействия различных доз радиации от всех известных источников ионизирующе-

го излучения, их опасности для населения [31]. В 1957 г. учреждается Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), которое также начинает играть важную роль в обеспечении радиационной безопасности работников, непосредственно занятых с обращением с ИИИ, населения, объектов окружающей среды и нормировании радиационного фактора [32].

На основании вновь полученных данных в Публикации 1 МКРЗ (1958 г.) заменяет недельный профессиональный лимит годовым лимитом в 50 мЗв и допускает превышения до 30 мЗв в квартал. Впервые устанавливается порог облучения для остального населения на уровне 5 мЗв в год [33]. В Публикации 9 МКРЗ эффекты радиационного воздействия разделила на две категории: острые и отдаленные. В последующих публикациях комиссии категории «Острые эффекты» и «Отдаленные эффекты» заменили терминами «Нестохастические эффекты облучения» и «Стохастические эффекты облучения», а нестохастические эффекты разделила на ранние и отдаленные [9, 30, 34–36].

Одним из важных этапов в обеспечении радиационной защиты работников и населения стал выход в 1977 г. Публикации 26 МКРЗ. В данных рекомендациях впервые введены 3 принципа радиационной защиты (обоснование, оптимизация и нормирование) и понятие «Вред» для выявления и количественной оценки всех вредных эффектов излучения. Также в Публикации 26 основу принципа оптимизации сформулировали так: «Держать облучение на разумно низком уровне с учетом экономических и социальных факторов» [35].

Переломным моментом в радиационной защите становится выход в 1990 г. Публикации 60 МКРЗ [37]. Основанием для выхода новой публикации стали результаты переоценки данных по бомбардировкам Хиросимы и Нагасаки, завершившиеся в 1986 г. МКРЗ рекомендует ограничить индивидуальные дозы для населения до 1 мЗв в год, а для рабочих – до 20 мЗв в год (в среднем 100 мЗв в течение 5 лет, но не более 50 мЗв в год). В данной публикации произошел явный отказ от гипотезы порогового значения: «Нет порога, ниже которого не было бы эффекта». Взамен термина «Нестохастический эффект» вводится термин «Детерминированный эффект». МАГАТЭ на основании Публикации 60 МКРЗ выпускает в 1997 г. «Международный базовый стандарт безопасности для защиты от ионизирующего излучения и безопасности источников излучения» и рекомендует странам-членам МАГАТЭ переход на новые стандарты безопасности [38].

Становление системы радиационной защиты в СССР – России

В 2020 г. отмечено 75-летие атомной отрасли России. Однако работы по реализации атомного проекта в СССР начались задолго до 1945 г. Теоретические наработки в области ядерной физики с 1920-х гг. проводились в Радиевом институте, Первом Ленинградском физико-техническом институте, в Институте химической физики в Москве, Харьковском физико-техническом институте. В канун Великой Отечественной войны эти работы были приостановлены. Однако вскоре после начала работ в США по Манхэттенскому проекту постановлением Государственного комитета по обороне (ГКО) СССР № 2352сс от 28 сентября 1942 г. работы по исследова-

нию осуществимости использования атомной энергии путём расщепления ядра урана в СССР возобновились. Началом практических работ по созданию атомной бомбы стало постановление ГКО № 2872сс от 11 февраля 1943 г. Главой атомного проекта был назначен И.В. Курчатов [28, 39, 40]. В апреле 1943 г. в Академии наук СССР создается лаборатория № 2, начальником лаборатории назначается И.В. Курчатов.

Вскоре после атомной бомбардировки Хиросимы постановлением Государственного комитета обороны № 9887сс/оп от 20 августа 1945 г. за подписью И.В. Сталина при ГКО образован Специальный комитет для руководства всеми работами по использованию атомной энергии. Председателем комитета назначен Л.П. Берия. Этим же постановлением для непосредственного руководства научно-исследовательскими и проектными работами создано Первое главное управление при СНК СССР (ПГУ), подчиненное Специальному комитету при ГКО. Начальником ПГУ был назначен нарком вооружений Б.Л. Ванников [28, 39, 40].

Под руководством И.В. Курчатова уже в 1946 г. в реакторе Ф-1 была осуществлена самоподдерживающаяся цепная реакция деления урана, в 1948 г. запущен первый промышленный реактор «А» по производству плутония, а 29 августа 1949 г. на Семипалатинском полигоне был успешно испытан ядерный заряд (РДС-1) [28, 39, 40].

С первых лет разработки и создания ядерного оружия и атомной промышленности вопросы радиационной защиты, разработки нормативных документов и решения практических задач медицинского, в том числе и санитарно-гигиенического обеспечения, в СССР были подняты на государственный уровень [3, 41].

В 1946 г. при Первом главном управлении при СНК СССР создается медико-санитарная служба, начальником отдела назначается А.И. Бурназян. 21 августа 1947 г. Правительство СССР принимает решение о создании при Министерстве здравоохранения СССР Третьего Главного управления для разработки научно-обоснованных норм радиационной безопасности и организации медицинского обслуживания работников атомной отрасли.

Для изучения влияния радиации на человека и разработки средств защиты в 1946 г. по инициативе И.В. Курчатова в системе Академии наук СССР была создана радиационная лаборатория, в 1948 г. переименованная в Институт биофизики, ныне Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна ФМБА России [42].

В 1956 г. для обеспечения радиационной безопасности населения и персонала неядерных объектов создается Институт радиационной гигиены Минздрава РФ, ныне Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Роспотребнадзора [43]. Одновременно с созданием Института радиационной гигиены по всей стране в республиканских и областных санитарно-эпидемиологических станциях создаются лаборатории радиационного контроля.

Государственное нормирование радиационного фактора в СССР берет свое начало с рассмотрения по инициативе И.В. Курчатова на секции НТС ПГУ при СНК СССР в мае 1948 г. проекта временных норм радиационной

безопасности. В августе 1948 г. Главным государственным инспектором 3-го ГУ Минздрава СССР были утверждены «Общие санитарные нормы и правила по охране здоровья работающих на объектах комбината № 817» – Нормы и правила Т-1031с. Этими нормами и правилами были утверждены пределы доз облучения персонала радиационных объектов: устанавливалась дневная норма в 0,1 рентгена и 30 рентген в год. Кроме того, были утверждены предельно допустимые концентрации радионуклидов в воздухе рабочих помещений, допустимые уровни загрязнения спецодежды и оборудования [27, 41].

Необходимо отметить, что нормирование в СССР базировалось на данных всего мирового сообщества, которые собирала и анализировала МКРЗ. Свои труды она издавала в виде публикаций. Пределы доз, установленные Нормами и правилами Т-1031с, полностью соответствовали рекомендациям МКРЗ от 1936 г. [3].

Учитывая международный опыт и рекомендации МКРЗ, в СССР уже через 4 года после установления первых государственных нормативов дневной предел дозы снижается в два раза (1952 г.), а еще через год (1953 г.) вводится годовой предел дозы для персонала в 15 рентген (Нормы 129-53¹). Как менялись дозовые нормативы, рекомендованные МКРЗ и устанавливаемые в СССР, наглядно представлено в Комментариях к Нормам радиационной безопасности [41].

С 1953 г. радиационная безопасность в СССР начала обеспечиваться санитарными правилами, которые, кроме пределов доз облучения, устанавливали требования к проектированию, организации технологического процесса, индивидуальной защите и медицинскому обслуживанию работающих с источниками ионизирующего излучения не только в атомной промышленности, но и во всех других отраслях промышленности и народного хозяйства страны [27, 28, 41]. Санитарные правила (СП № 233-57²), введенные в 1957 г., регламентировали дозу облучения персонала – 15 бэр в год. Через 3 года (в 1960 г.³) в СССР

принимают Правила 333-60, устанавливающие предельный годовой норматив облучения профессионалов 5 бэр в год (50 мЗв) [41].

Указанные нормативы сохранялись вплоть до принятия в России в 1996 г. Федерального закона «О радиационной безопасности населения» и Норм радиационной безопасности (НРБ-96). Этими документами устанавливались пределы доз для персонала 100 мЗв за 5 лет, в среднем 20 мЗв/год, но не более 50 мЗв/год, и пределы доз для населения – 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год. Кроме того, устанавливались пределы эквивалентных доз в хрусталике глаз, коже, кистях рук и стопах^{4,5}. П.В. Рамзаеву, который с 1973 г. был членом МКРЗ и участвовал в подготовке двух базовых публикаций МКРЗ – 26 и 60, удалось в Федеральном законе «О радиационной безопасности населения» реализовать самые передовые научные достижения в области обеспечения радиационной безопасности: впервые дал определение понятия «Радиационная безопасность населения»; впервые в Российской Федерации внедрил понятие эффективной дозы облучения. Одним из достижений этого закона стало включение требований о занесении результатов оценки состояния радиационной безопасности в радиационно-гигиенические паспорта организаций и территорий и учета индивидуальных доз облучения, полученных гражданами от всех источников излучения, осуществляющегося в рамках Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения (ЕСКИД). Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД стали объективной информационной основой принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации [44–47].

Установленные в Федеральном законе «О радиационной безопасности населения» и НРБ-96 нормативы сохранились и в НРБ-99, и в НРБ-99/2009, и действуют до настоящего времени⁶. Реализованные в Федеральном законе «О

¹ Санитарные правила и нормы при работе с радиоактивными изотопами. Утверждены Главной Государственной санитарной инспекцией Минздрава СССР 4 апреля 1953 г. за № 129-53, М., Медгиз, 1953. [Sanitary rules and norms for the work with radioactive isotopes. Approved by the Main State sanitary inspection of the Ministry of Healthcare of the USSR 04.04.1953, #129-53, М.:Medgiz, 1953(In Russ.)]

² Санитарные правила перевозки, хранения, учета и работы с радиоактивными веществами. Утверждены Главным Государственным санитарным инспектором СССР В.М. Ждановым 14 января 1957 г. № 233-57 [Sanitary rules on transportation, storage, accounting and work with radioactive substances. Approved by the Chief Main State sanitary inspector of the USSR V.M. Zdanov 14.01.1957, #233-57(In Russ.)]

³ Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений. Утверждены Главным Государственным санитарным инспектором СССР М. Никитичным 25 июня 1960 г. № 333-60 и Председателем Государственного комитета Совета министров СССР по использованию атомной энергии В. Емельяновым 21 июля 1960 г., М., Госатомиздат, 1960 [Sanitary rules on the work with radioactive substances and sources of ionizing exposure. Approved by the Chief Main State sanitary inspector of the USSR M. Nikitin 25.06.1960 #333-60. М.: Gosatomizdat, 1960 (In Russ.)]

⁴ Федеральный Закон от 09.01.96 № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» с изменениями от 22 августа 2004 г., 23 июля 2008 г. (Собрание законодательства Российской Федерации, 1996, № 3, ст. 141; 2004, № 35, ст. 3607; 2008, № 30 (ч.2), ст. 3616) [Federal State Law #3-FZ, 09.01.1996 “On the radiation safety of the public” (In Russ.)]

⁵ Гигиенические нормативы. ГН 2.6.1.054-96. Нормы радиационной безопасности (НРБ-96) [Hygienic norms GN 2.6.1.054-96. Norms of the radiation safety NRB-96(In Russ.)]

⁶ СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» (зарегистрированы Министерством юстиции Российской Федерации 14 августа 2009 г., регистрационный номер 14534). [Sanitary rules and norms. SanPiN 2.6.1.2523-09. Norms of the radiation safety (NRB 99/2009). Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation 14.08.2009 N 14534. Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90936/ Last accessed 21.11.2021. (In Russ.)]

радиационной безопасности населения», НРБ-96 и НРБ-99 международные подходы по методологии оценки рисков, включающие в себя как количественную оценку возможных вредных последствий воздействия ИИИ на здоровье человека, так и дифференциацию промышленных объектов по степени их потенциальной опасности, прочно вошли в практику радиационной защиты Российской Федерации. Введение эффективной дозы в качестве меры риска возникновения отдаленных последствий для здоровья в рамках отечественной системы обеспечения радиационной безопасности полностью соответствовало международным рекомендациям и отвечало двум главным требованиям к показателям риска – с помощью единого количественного показателя можно было оценить не только вероятность возникновения негативных для здоровья последствий, но и степень их тяжести.

Требования по обеспечению радиационной безопасности в НРБ-96 уже включали все виды источников облучения – техногенные, природные, медицинские. Регламентирование техногенных источников осуществлялось для условий нормальной эксплуатации и в случае радиационной аварии, природных источников – раздельно в производственных и коммунальных условиях. Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» и НРБ-96, а в дальнейшем НРБ-99 в значительной степени учли опыт ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС, смягчили озабоченность общества по поводу радиационной безопасности, повысили радиационную безопасность населения в Российской Федерации, привели к существенному снижению доз облучения персонала и населения.

Заключение

Исполнилось 25 лет с момента принятия в 1996 г. Федерального закона «О радиационной безопасности населения». По свидетельству многочисленных специалистов в области обеспечения радиационной безопасности, данный закон сыграл огромную роль в гармонизации российского законодательства с международными рекомендациями, значительно повысил радиационную безопасность населения страны, смягчил озабоченность общества по поводу радиационной безопасности после аварии на Чернобыльской АЭС, привел к существенному снижению доз облучения персонала и населения. Принятие Федерального закона от 30 декабря 2020 г. № 492-ФЗ «О биологической безопасности в Российской Федерации» и подготовка проекта Федерального закона «О химической безопасности Российской Федерации» лишь подтвердили значимость и необходимость закона «О радиационной безопасности населения».

Следует особо подчеркнуть, что принципы радиационной защиты, нормативы и подходы к обеспечению радиационной безопасности в Федеральном законе «О радиационной безопасности населения» и НРБ-99/2009 построены на основе Публикации 60 МКРЗ и Международного базового стандарта безопасности МАГАТЭ 1997 г. и полностью им соответствуют. Данные документы на десятилетия гарантированно обеспечили и продолжают обеспечивать радиационную защиту персонала и населения по самым высоким международным стандартам.

Литература

1. Романович И.К., Стамат И.П., Кормановская Т.А., и др. Природные источники ионизирующего излучения: дозы облучения, радиационные риски, профилактические мероприятия; под ред. акад. РАН Онищенко Г.Г. и проф. Поповой А.Ю. СПб.: ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, 2018. 432 с.
2. Труфанов Г.Е. Черемисин В.М., Асатурян М.А. Давыденко В.А. История кафедры рентгенологии и радиологии Военно-медицинской академии в лицах и фактах. Санкт-Петербург, 2009. 224 с.
3. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков И.П. Радиационная гигиена: учебник для вузов. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 384 с.
4. Гребенюк А.Н., Стрелова О.Ю., Легеза В.И., Степанова Е.Н. Основы радиобиологии и радиационной медицины: Учебное пособие. СПб.: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2012. 232 с.
5. Мур К. Радиевые девушки. Скандальное дело работниц фабрик, получивших дозу радиации от новомодной светящейся краски; перевод с английского И. Чорного. М.: Бомбора, 2019. 464 с.
6. Clark C. Radium girls, women and industrial health reform: 1910-1935. Univ. of North Carolina Press, 1997. 304 с.
7. Macklis R.M. Radithor and the era of mild radium therapy // Journal of the American Medical Association. 1990. T. 264, № 5. С. 614-618.
8. Duffin J., Hayter C.R. Baring the sole: The rise and fall of the shoe-fitting fluoroscope // Isis. 2000. Vol. 91, № 2. P. 260-282.
9. Стюарт Ф.А., Аклеев А.В., Хауэр-Дженсен М. Труды МКРЗ. Публикация 118. Отчет МКРЗ по тканевым реакциям, ранним и отдаленным эффектам в нормальных тканях и органах – пороговые дозы для тканевых реакций в контексте радиационной защиты / под ред.: Аклеева А.В., Киселева М.Ф.; пер. с англ.: Е.М. Жидкова, Н.С. Котова. Челябинск, 2012. 384 с.
10. ICRP. International Recommendations for X-ray and Radium Protection. A Report of the Second International Congress of Radiology. P.A. Nordstedt & Soner, Stockholm, 1989. P. 62–73.
11. Lindell B. The history of radiation, radioactivity, and radiological protection. Part 1. The time before World War II. Pandora's box. URL: http://www.nks.org/download/pandoras_box_2019-05-31.pdf (дата обращения: 08.11.2021).
12. History of ICRU. URL: <https://www.icru.org/about-icru/history> (дата обращения: 08.11.2021).
13. Recommendations of the International X-Ray Unit Committee // Acta Radiologica. 1928. Vol. 9, № 3.1. P. 60-60.
14. Merkblatt über den Gebrauch von Schutzmassregeln gegen Röntgenstrahlen. URL: <https://energisch.ch/wp-content/uploads/2013/12/1913-Merkblatt-1913-der-D.-R.-G.--%C3%BCber-den-Gebrauch-von-Schutzma%C3%9Fregeln-gegen-R%C3%B6ntgenstrahlen-zitiert.pdf> (дата обращения: 08.11.2021).
15. Oliver R. Seventy-five years of radiation protection // The British journal of radiology. 1973. Vol. 46, № 550. P. 854-860.
16. Hendee W.R. History, current status, and trends of radiation protection standards // Medical Physics. 1993. Vol. 20, № 5. P. 1303–1314. DOI:10.1118/1.597153.
17. Lindell B. The history of radiation, radioactivity, and radiological protection. Part 2. The 1940s. The sword of Damocles. URL: <http://www.nks.org/scripts/getdocumecnt.php?file=111010214696393> (дата обращения: 08.11.2021).
18. Грачев А.С., Швец Д.В., Лобковская Н.И. Становление и развитие радиационной безопасности в нормативных документах: история вопроса // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2018. № 5. С. 255-258.

19. International Recommendations for X-Ray and Radium Protection // Acta Radiologica. 1928. Vol. 9, № 3.1. P. 62-65.
20. ICRP, 1934. 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. British Journal of Radiology. 1934. VII, 83.
21. Тюгин Л.А., Трофимова Т.Н., Карлова Н.А., и др. Первый в мире рентгенорадиологический институт и российская ассоциация рентгенологов и радиологов отмечают вековой юбилей // REJR. 2019. Т. 9, № 2. С. 8-16. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-8-16.
22. Народный комиссариат труда СССР. Постановление от 9 сентября 1925 г. № 233/389 Об охране труда работников в рентгеновских кабинетах.
23. Совет народных комиссаров СССР. Постановление от 1 июля 1940 г. № 1120 Об утверждении списка профессий с вредными условиями труда, для которых устанавливается шестичасовой рабочий день.
24. Наркомздрав СССР. Положение об извещении и регистрации профессиональных отравлений и профессиональных заболеваний. Утверждено 16 февраля 1939 года.
25. Романовский В.Н., Шашуков Е.А. Радий в Радиовом институте // Радиохимия. 2009. Т. 51, № 2. С. 191-192.
26. Гигиена труда в производстве радия: под ред. В.А. Левицкого и А.А. Летавет. М.-Л., 1935. 176 с.
27. Панфилов А.П. Эволюция системы обеспечения радиационной безопасности атомной отрасли страны и её современное состояние // Радиация и риск. 2016. Том 25, № 1. С. 47-64.
28. Панфилов А.П. Исторические аспекты создания и развития основных объектов атомной отрасли страны. Радиационное воздействие на персонал в разные периоды времени // АНПИ. 2020. № 3 (102). С. 3-25.
29. Cantril S.T., Parker H.M. The Tolerance Dose. Manhattan District Report MDDC-1100. Oak Ridge Associated Universities. 1945.
30. International recommendations on radiological protection. Revised by the International Commission on Radiological Protection at the Sixth International Congress of Radiology, London, July 1950 // British Journal of Radiology. Vol. 24, № 277. P. 46-53. DOI:10.1259/0007-1285-24-277-46.
31. Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации (НКДАР ООН). United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation НКДАР ООН. URL: https://www.unscear.org/unscear/en/about_us.html (дата обращения: 08.11.2021).
32. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ). International Atomic Energy Agency (IAEA). URL: <https://www.iaea.org/ru/o-nas/istoriya> (дата обращения: 08.11.2021).
33. ICRP. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 1. Pergamon Press. New York. 1959.
34. ICRP. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 9. Pergamon Press, Oxford. 1966.
35. ICRP. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 26. 1977.
36. ICRP. Non-stochastic effects of irradiation. ICRP Publication 41. 1984.
37. ICRP. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 60. 1990. 1991.
38. International Basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. Vienna: IAEA (Safety series, 115). 1997.
39. Андришин И.А., Чернышёв А.К., Юдин Ю.А. Укрощение ядра. Страницы истории ядерного оружия и ядерной инфраструктуры СССР. Саров: Красный Октябрь, 2003. 481 с. ISBN 5-7439-0621-6.
40. Гончаров Г.А., Рябев Л.Д. О создании первой отечественной атомной бомбы // Успехи физических наук. 2001. Т. 171. № 1. С. 79-104.
41. Комментарии к Нормам радиационной безопасности (НРБ-99-2009) / Под ред. академика РАН Г.Г. Онищенко. М., 2012. 216 с.
42. Григорьев Ю.Г. К истории становления и развития Института биофизики МЗ СССР на протяжении 70 лет (эссе очевидца) // Сборник статей, посвященных 70летию Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» (1946–2016 гг.). Под общей редакцией Л.А. Ильина, В.В. Уйба, А.С. Самойлова. М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2016. С. 73-80.
43. Романович И.К., Архангельская Г.В., Тихонова А.И. Санкт-Петербургскому научно-исследовательскому институту радиационной гигиены – 50 лет // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2007. № 2. С. 75-78.
44. Онищенко Г.Г., Звонова И.А., Балонев М.И., и др. Научное наследие профессора Павла Васильевича Рамзаева // Радиационная гигиена. 2019. Том 12, № 2 (спецвыпуск). С. 9-19.
45. Онищенко Г.Г., Романович И.К. Основные направления обеспечения радиационной безопасности населения Российской Федерации на современном этапе // Радиационная гигиена. 2014. Т. 7, № 4. С. 5-22.
46. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К., и др. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации: Сообщение 1. Основные достижения и задачи по совершенствованию // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10, № 3. С. 7-17.
47. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К., и др. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации: Сообщение 2. Характеристика источников и доз облучения населения Российской Федерации // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10, № 3. С. 18-35.

Поступила: 22.11.2021 г.

Онищенко Геннадий Григорьевич – доктор медицинских наук, профессор, академик Российской академии наук; заведующий кафедрой экологии человека и гигиены окружающей среды, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Россия

Романович Иван Константинович – доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, директор Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru

Историк Ольга Александровна – руководитель Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ленинградской области, Санкт-Петербург, Россия

Водоватов Александр Валерьевич – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией радиационной гигиены медицинских организаций, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; доцент, кафедра общей гигиены, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

Библин Артем Михайлович – руководитель Информационно-аналитического центра, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Кормановская Татьяна Анатольевна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории дозиметрии природных источников Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования: Онищенко Г.Г., Романович И.К., Историк О.А., Водоватов А.В., Библин А.М., Кормановская Т.А. К 125-летию открытия радиоактивности: история становления и текущее состояние нормативного обеспечения радиационной безопасности населения // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 4. С. 6-16 DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-4-6-16

On the 125th anniversary of the discovery of radioactivity: history of development and current state of regulation of the provision of the radiation safety of the public

Gennadiy G. Onischenko ^{1,4}, Ivan K. Romanovich ^{1,2}, Olga A. Istorik ³, Aleksandr V. Vodovatov ^{2,5}, Artem M. Biblin ², Tatyana A. Kormanovskaya ²

¹Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

³ Federal service of surveillance on consumer rights protection and human Well-Being in Leningrad region, Saint-Petersburg, Russia

⁴I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russia

⁵ Saint-Petersburg State Medical Pediatric University, Saint-Petersburg, Russia

This paper is focused on the history of development and current state of regulation of the provision of radiation safety of the public. It includes data on the history of discovery of the X-rays, radioactivity and development of the atomic industry in the USSR and in the world as well as the issues of evaluation of the radiobiological effects of the ionizing radiation on the human and history of the development of regulations. It is indicated, that the principles of the radiation safety, norms and approaches to the provision of the radiation protection presented in the Federal state Law № 3-FZ “On the radiation safety of the public” and NRB 99/2009 fully comply with the ICRP Publication 60 (1990) and International Basic Safety Standard (IAEA, 1997). For decades, FZ-3 and NRB 99/2009 have allowed provisioning the high level of radiation safety of the personnel and the public.

Key words: X-rays, roentgen rays, radioactivity, nuclear power, radiation safety, doses of ionizing radiation, deterministic effects, tissue reactions, stochastic effects, regulation.

Ivan K. Romanovich

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

Address for correspondence: Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru

References

- Romanovich IK, Stamat IP, Kormanovskaya TA, Kononenko DV, Balabina TA, Bashketova NS, et al. Natural sources of ionizing exposure: doses, radiation risks, prophylactic measures; ed. by academician of RAS Onischenko G.G. and prof Popova A.Yu." FBUN NIIRG after prof. P.V. Ramzaev; 2018. 432 p. (In Russian).
- Trufanov GE, Cheremisin VM, Asaturyan MA, Davydenko VA. History of the department of roentgenology and radiology of the Military-medical Academy in faces and facts. Saint-Petersburg, 2009. 224 p. (In Russian).
- Ilyin LA, Kirillov VF, Korenkov IP. Radiation hygiene: a handbook. Moscow: GEOTAR-Media; 2010. 384 p. (In Russian).
- Grebenyuk AN, Strelova OYu, Legeza VI, Stepanova EN. Basics of radiobiology and radiation medicine: a handbook. Saint-Petersburg: JSC "FOLIANT publishing"; 2012. 232 p. (In Russian).
- Mur K Radium girls. A shocking case of factory workers exposed by the novel luminous paint. Translation from English by I. Chorniy. Moscow: Bombora; 2019. 464 p. (In Russian).
- Clark C. Radium girls, women and industrial health reform: 1910-1935. Univ. of North Carolina Press; 1997. 304 p.
- Macklis RM. Radithor and the era of mild radium therapy. *Journal of the American Medical Association*. 1990;264(5): 614-618.
- Duffin J, Hayter CR. Baring the sole: The rise and fall of the shoe-fitting fluoroscope. *Isis*. 2000;91(2): 260-282.
- Styuart FA, Akleev AV, Khauer-Dzhensen M. Annals of ICRP. Publication 118. ICRP Statement on Tissue Reactions. Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. Ed. by Akleev A.V., Kiselev M.F.; translation from English by E.M. Zhidkov, N.S. Kotov. Chelyabinsk; 2012. 384 p. (In Russian).
- ICRP. International Recommendations for X-ray and Radium Protection. A Report of the Second International Congress of Radiology. P.A. Nordstedt & Soner, Stockholm: 1989. P. 62–73.
- Lindell B. The history of radiation, radioactivity, and radiological protection. Part 1. The time before World War II. Pandora's box. Available on: http://www.nks.org/download/pandoras_box_2019-05-31.pdf (Accessed: 08.11.2021).
- History of ICRU. Available on: <https://www.icru.org/about-icru/history> (Accessed: 08.11.2021).
- Recommendations of the International X-Ray Unit Committee. *Acta Radiologica*. 1928;9(3.1): 60-60.
- Merkblatt ber den Gebrauch von Schutzmassregeln gegen Rntgenstrahlen. Available on: <https://energisch.ch/wp-content/uploads/2013/12/1913-Merkblatt-1913-der-D.-R.-G.-%C3%BCber-den-Gebrauch-von-Schutzma%C3%9Fregelngegen-R%C3%B6ntgenstrahlen-zitiert.pdf> (Accessed: 08.11.2021).
- Oliver R. Seventy-five years of radiation protection. *The British journal of radiology*. 1973;46(550): 854-860.
- Hendee WR. History, current status, and trends of radiation protection standards. *Medical Physics*. 1993;20(5): 1303–1314. DOI:10.1118/1.597153.
- Lindell B. The history of radiation, radioactivity, and radiological protection. Part 2. The 1940s. The sword of Damocles. Available on: <http://www.nks.org/scripts/getdocumecnt.php?file=111010214696393> (Accessed: 08.11.2021).
- Grachev AS, Shvets DV, Lobkovskaya NI. Development of the radiation safety in legislative documents: history. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava = Bulletin of the Altay academy of economy and law*. 2018;5: 255-258. (In Russian).
- International Recommendations for X-Ray and Radium Protection. *Acta Radiologica*. 1928;9(3.1): 62-65.
- IXRPC, 1934. 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. *British Journal of Radiology*. 1934. VII, 83.
- Tyutin LA, Trofimova TN, Karlova NA, Boytsova MG, Zorin YaP. World first radiological institute and Russian association of roentgenology and radiology commemorate a century jubilee. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2019; 9(2): 8-16. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-8-16. (In Russian).
- People Commissariat of Labor of the USSR. Decree № 233/389, 09.09.1925 "On the labor guard of the workers in the X-ray rooms". (In Russian).
- Council of People's Commissars of the USSR. Decree № 1120, 01.07.1940 "On the establishment of the list of professions with hazardous working conditions with six-hour working day". (In Russian).
- Narcomzdrav of the USSR. Decree on the notification and registration of the professional poisonings and professional diseases. Established 16.02.1939. (In Russian).
- Romanovsky VN, Shashukov EA. Radium in the Radium Institute. *Radiokhimiya = Radiochemistry*. 2009;51(2): 191-192. (In Russian).
- Hygiene of labor in the radium production: Ed. by VA. Levitsky, AA. Letavet. Moscow-Leningrad; 1935. 176 p. (In Russian).
- Panfilov AP. Evolution of the system of provision of the radiation safety of the nuclear branch of the country and its current condition. *Radiatsiya i risk = Radiation and risk*. 2016;25(1): 47-64. (In Russian).
- Panfilov AP. Historical aspects of the development of the main facilities of the nuclear branch of the country. Radiation impact on the staff in different time periods. *ANRI = ANRI*. 2020;3(102): 3-25. (In Russian).
- Cantril ST, Parker HM. The Tolerance Dose. Manhattan District Report MDDC-1100. Oak Ridge Associated Universities. 1945.
- International Recommendations on Radiological Protection. Revised by the International Commission on Radiological Protection at the Sixth International Congress of Radiology, London, July 1950. *British Journal of Radiology*. 1950;24(277): 46–53. DOI:10.1259/0007-1285-24-277-46.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Available on: https://www.unscc.org/unscc/en/about_us.html (Accessed: 08.11.2021). (In Russian).
- International Atomic Energy Agency (IAEA). Available on: <https://www.iaea.org/ru/o-nas/istoriya> (Accessed: 08.11.2021).
- ICRP. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 1. Pergamon Press. New York. 1959.
- ICRP. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 9. Pergamon Press, Oxford. 1966.
- ICRP. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 26. 1977.
- ICRP. Non-stochastic effects of irradiation. ICRP Publication 41. 1984.
- ICRP. Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 60. 1990. 1991.
- International Basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources. Vienna: IAEA (Safety series, 115). 1997.
- Andryushin IA, Chernyshev AK, Yudin YuA. Taming of the nucleus. Pages of history of the nuclear weapons and nuclear infrastructure of the USSR. Sarov: Krasnyy Oktyabr; 2003. 481 p. ISBN 5-7439-0621-6. (In Russian).
- Goncharov GA, Ryabev LD. On the development of the first indigenous atomic bomb. *Uspekhi fizicheskikh nauk = Successes of physical sciences*. 2001;171(1): 79–104. (In Russian).
- Comments to the Norms of the Radiation Safety (NRB-99/2009). Ed. by academician of RAMS G.G. Onischenko. Moscow; 2012. 216 p. (In Russian).
- Grigoriev YuG. To the history of development of the Institute of biophysics MZ USSR during 70 years (essay of the witness) //

- Compendium of manuscripts devoted to the 70th anniversary of the Federal state budgetary facility "State scientific center of the Russian Federation – Federal medical biophysical center after A.I. Burnazyan" (1946-2016). Edited by LA. Ilyin, VV. Uyba, AS. Samoylov. Moscow: FGBU GNC FMBC after A.I. Burnazyan FMBA of Russia; 2016. P. 73-80. (In Russian).
43. Romanovich IK, Arkhangelskaya GV, Tikhonova AI. 50 years of Ramzaev Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene. *Meditinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical radiology and radiation safety*. 2007;2: 75-78. (In Russian).
44. Onischenko GG, Zvonova IA, Balonov MI, Ramzaev VP, Repin VS. Scientific legacy of professor Pavel Vasilyevich Ramzaev. *Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene*. 2019;12(2)(special issue): 9-19. (In Russian).
45. Onischenko G.G., Romanovich I.K. Current trends of the provision for radiation safety of the population of the Russian Federation. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2014;7(4): 5-22. (In Russian).
46. Onischenko GG, Popova AYu, Romanovich IK, Barkovsky AN, Kormanovskaya TA, Shevkun IG. Radiation-hygienic passportization and USIDC-information basis for management decision making for radiation safety of the population of the Russian Federation. Report 1. Main achievements and challenges to improve. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2017;10(3): 7-17. (In Russian) <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2017-10-3-7-17>.
47. Onischenko GG, Popova AYu, Romanovich IK, Barkovsky AN, Kormanovskaya TA, Shevkun IG. Radiation-hygienic passportization and USIDC-information basis for management decision making for radiation safety of the population of the Russian Federation Report 2: Characteristics of the sources and exposure doses of the population of the RF. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2017;10(3): 18-35. (In Russian) <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2017-10-3-18-35>.

Received: November 22, 2021

Gennadiy G. Onischenko – Doctor of Medical Science, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences; Head of the Department of Human Ecology and Environmental Hygiene, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia

For correspondence: Ivan K. Romanovich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: I.Romanovich@niirg.ru)

Olga A. Istorik – Head of the Directorate of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being in the Leningrad Region, Saint-Petersburg, Russia

Aleksandr V. Vodovatov – Head of Medical Protection Laboratory, Leading Researcher, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Artem M. Biblin – Head of Information Analytical Center, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Tatyana A. Kormanovskaya – PhD, Leading researcher, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

For citation: Onischenko G.G., Romanovich I.K., Istorik O.A., Vodovatov A.V., Biblin A.M., Kormanovskaya T.A. On the 125th anniversary of the discovery of radioactivity: history of development and current state of regulation of the provision of the radiation safety of the public. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021. Vol. 14, No. 4. P. 6-16. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-4-6-16