

Л.А. Ильин, В.Ф. Кириллов, И.П. Коренков

РАДИАЦИОННАЯ ГИГИЕНА

УЧЕБНИК ДЛЯ ВУЗОВ

Рекомендовано ГОУ ВПО «Московская медицинская академия имени И.М. Сеченова» в качестве учебника по дисциплине «Радиационная гигиена» для студентов учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по специальности 060104.65 «Медико-профилактическое дело»



Москва
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА
«ГЭОТАР-Медиа»
2010

УДК 615.849(075.8)
ББК 53.6я73-1
И46

Ильин Л. А., Кириллов В. Ф., Коренков И. П.
И46 Радиационная гигиена : учеб. для вузов / Л. А. Ильин, В. Ф. Кириллов, И. П. Коренков. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. — 384 с. : ил.
ISBN 978-5-9704-1483-5

В учебнике рассмотрены теоретические основы радиационной гигиены. Освещены вопросы радиобиологии, влияния малых доз на организм, миграции радионуклидов в окружающей среде. Особое внимание уделено проблемам гигиены труда при использовании источников ионизирующих излучений в различных сферах хозяйственной деятельности. Большой раздел учебника посвящен последствиям различных аварий, которые произошли при эксплуатации ядерно-энергетических комплексов. Изложены также научные и правовые основы радиационной защиты персонала и населения, системы контроля радиационной безопасности.

Предназначен студентам медицинских вузов, обучающихся по специальности «Медико-профилактическое дело», может быть также полезен для курсов «Безопасность жизнедеятельности» и специалистам, работающим в области радиационной безопасности.

УДК 615.849(075.8)
ББК 53.6я73-1

Права на данное издание принадлежат ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа». Воспроизведение и распространение в каком бы то ни было виде части или целого издания не могут быть осуществлены без письменного разрешения ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа».

ISBN 978-5-9704-1483-5

© Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков И.П., 2010
© ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа», 2010
© ООО Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа»,
оформление, 2010

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ

Ильин Леонид Андреевич, почетный директор Федерального государственного учреждения «Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства (ФГУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России), д-р мед. наук, проф., акад. РАМН, специалист в области радиобиологии и радиационной медицины. Основные научные исследования Л.А. Ильина посвящены разработке методов и средств профилактики радиационных поражений, защите людей в условиях радиационных аварий, регламентации пределов доз облучения, эпидемиологии низкоинтенсивного излучения.

За исследования в области радиационной защиты профессионалов и населения удостоен Ленинской и Государственной премий СССР, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Герой Социалистического Труда.

Кириллов Владимир Федорович, начальник отдела Московского научно-исследовательского радиационно-экологического центра ГУП МосНПО «Радон», д-р мед. наук, проф., специалист в области радиационной безопасности персонала и населения, член бюро комиссии по санитарно-эпидемиологическому нормированию Роспотребнадзора, заместитель главного редактора журнала «Медицина труда и промышленная экология».

Лауреат премии РАМН им. Ф.Г. Кроткова и Правительства РФ в области науки и техники

Коренков Игорь Петрович, директор Научно-исследовательского центра геоэкологии и реабилитации территории ГУП МосНПО «Радон», д-р биол. наук и канд. техн. наук, проф., специалист в области радиоэкологии, радиационной защиты персонала и населения, участник ликвидации последствий аварий на Чернобыльской атомной электростанции, Новомосковске (Тульская обл., 1982), Грозном (1998), член редколлегий журналов «Гигиена и санитария» и «АНРИ».

Награжден орденом Трудового Красного Знамени и орденом Мужества.

Лауреат премии РАМН им. Ф.Г. Кроткова за исследования в области радиационной защиты персонала и населения. Лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	7
Введение.....	9
Часть I. Теоретические основы радиационной гигиены.....	17
Глава 1. История развития радиационной гигиены.....	18
Контрольные вопросы.....	25
Глава 2. Элементы ядерной физики.....	26
2.1. Радиоактивные превращения.....	26
2.2. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом.....	31
2.3. Базовые дозиметрические величины.....	40
Контрольные вопросы.....	43
Глава 3. Основы биологического действия ионизирующих излучений.....	44
3.1. Первичные процессы при действии ионизирующих излучений.....	45
3.2. Действие ионизирующих излучений на клетку.....	49
3.3. Действие ионизирующих излучений на многоклеточный организм.....	55
3.4. Особенности действия ионизирующих излучений на организм теплокровных животных.....	57
Контрольные вопросы.....	66
Глава 4. Фундаментальные основы регламентации и прогнозирования радиационных воздействий на человека.....	67
4.1. Детерминированные и стохастические эффекты облучения.....	67
4.2. Концепция беспорогового действия ионизирующих излучений. Рабочая гипотеза о линейной зависимости эффекта от дозы излучения.....	71
4.3. Проблемы эпидемиологических исследований по выявлению влияния малых доз радиации на человека.....	76
4.4. Общие представления о математических моделях зависимости доза—эффект.....	81
4.5. Количественная оценка риска стохастических эффектов облучения. Модели абсолютного и относительного риска.....	82
4.6. Концепция приемлемого риска.....	90
Контрольные вопросы.....	96
Глава 5. Гигиеническая регламентация облучения человека.....	97
5.1. Понятие о дозовых пределах и принципы радиационной защиты.....	97

5.2. Основные регламентируемые величины техногенного облучения в контролируемых условиях	102
5.3. Допустимые пределы внутреннего облучения.....	105
5.4. Предел годового поступления, допустимая среднегодовая активность	112
5.5. Допустимые уровни загрязнения поверхности	114
5.6. Требования к защите от природного облучения в производственных условиях.....	114
5.7. Требования к ограничению облучения населения	116
5.8. Требования к контролю за выполнением норм радиационной безопасности	127
Контрольные вопросы.....	130
Часть II. Гигиена труда при работе с источниками ионизирующих излучений	131
Глава 6. Основы радиационной защиты при использовании ионизирующих излучений.....	132
6.1. Закрытые источники.....	132
6.2. Открытые источники	145
Контрольные вопросы.....	164
Глава 7. Гигиена труда при использовании источников ионизирующих излучений в медицине	165
Контрольные вопросы.....	178
Глава 8. Гигиена труда при применении источников ионизирующих излучений в промышленности	179
8.1. Радиоизотопная и рентгеновская дефектоскопия.....	179
8.2. Радиационный и медицинский контроль.....	190
8.3. Санитарно-дозиметрический контроль.....	195
Контрольные вопросы.....	198
Часть III. Основы радиационной защиты населения.....	199
Глава 9. Природный радиационный фон.....	200
9.1. Естественный радиационный фон	201
9.2. Фоновое облучение человека	220
Контрольные вопросы.....	228
Глава 10. Гигиеническая характеристика потенциальных источников загрязнения окружающей среды	230
Контрольные вопросы.....	240
Глава 11. Поведение радионуклидов искусственного происхождения в окружающей среде	241
11.1. Поведение радиоактивных газов и аэрозолей в атмосферном воздухе.....	241

11.2. Поведение радионуклидов в почве и их миграция в наземную флору и фауну	251
11.3. Поведение и пути миграции радионуклидов в открытых водоемах.....	255
11.4. Поведение радионуклидов в подземных водах.....	259
Контрольные вопросы.....	264
Глава 12. Гигиеническая характеристика радионуклидных загрязнений окружающей среды.....	265
Контрольные вопросы.....	281
Глава 13. Радиационные аварии	282
13.1. Аварии, не связанные с эксплуатацией атомных электростанций	282
13.2. Аварии на объектах атомной энергетики и промышленности.....	292
Контрольные вопросы.....	310
Глава 14. Проблемы радиационной безопасности на атомных электростанциях	311
Контрольные вопросы.....	327
Глава 15. Охрана окружающей среды от радиоактивных загрязнений.....	328
15.1. Методы обезвреживания радиоактивных отходов.....	329
15.2. Организация санитарно-защитных зон, зон наблюдения и радиационный производственный контроль	349
15.3. Санитарно-дозиметрический контроль.....	352
Контрольные вопросы.....	354
Глава 16. Медицинские диагностические исследования как источник облучения населения.....	355
16.1. Рекомендуемые дозовые контрольные уровни для пациентов разных категорий.....	360
Контрольные вопросы.....	367
Глава 17. Современные уровни облучения человека	368
17.1. Коллективные дозы облучения населения	368
17.2. Влияние радиационного фона на здоровье	371
Контрольные вопросы.....	374
Глава 18. Государственный санитарно-эпидемиологический надзор в области радиационной гигиены	375
Контрольные вопросы.....	380
Литература.....	381

ПРЕДИСЛОВИЕ

Немногим более 50 лет прошло с тех пор, как радиационная гигиена сформировалась как самостоятельная дисциплина, включающая такие направления, как дозиметрическое (изучение источников и уровней облучения) и радиобиологическое (изучение в эксперименте и с помощью эпидемиологических исследований эффектов и последствий воздействия излучений на здоровье), теорию и методологию гигиенического регламентирования уровней допустимого облучения и, наконец, санитарно-организационное направление, разрабатывающее конкретные меры противорадиационной защиты. Третье и четвертое направления иногда объединяют и рассматривают в качестве единого — обоснование и разработка санитарно-гигиенических регламентов и мер защиты.

Радиационная гигиена включает радиационную гигиену труда, которая изучает условия труда и разрабатывает защитные и профилактические мероприятия при работе с источниками ионизирующих излучений, и коммунальную радиационную гигиену окружающей среды, освещающую проблемы радиационной безопасности населения.

Одна из особенностей радиационной гигиены, отличающая ее от других гигиенических наук, состоит в том, что она выделена по признаку изучения действующего фактора (ионизирующих излучений). Это обусловлено особой значимостью и большим разнообразием источников, видов и путей воздействия различных излучений и нуклидов на человека, высокой специфичностью действия, большой сложностью проблемы. Указанными факторами определяются и особенности преподавания радиационной гигиены, курс которой может быть организован при любой кафедре гигиенического профиля, о чем свидетельствует опыт организации в Центральном институте усовершенствования врачей (ЦОЛИУВ) первой в стране кафедры радиационной гигиены, которую организовал и длительное время возглавлял акад. АМН СССР Ф.Г. Кротков. Как показал опыт ликвидации аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС), основы радиационной гигиены должны знать врачи любых специальностей, так как, обладая определенным уровнем знаний, они могут на первом этапе существенно повлиять на размер последствий, обусловленных чрезвычайными ситуациями.

В последние годы в России приняты важные федеральные законы — «О радиационной безопасности населения» и «Об использовании атомной энергии», которые определяют правовые основы обеспечения охраны окружающей среды и радиационной безопасности населения. В федеральном законе «О радиационной безопасности населения» сказано: «Радиационная безопасность населения — состояние защищенности настоящего и будущего поколения людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующих излучений. Граждане Российской Федерации, иностранные граждане и лица без гражданства, проживающие на территории РФ, имеют право на радиационную безопасность. Это право обеспечивается за счет проведения комплекса мероприятий по предотвращению радиационного воздействия на организм человека ионизирующего излучения выше установленных норм, правил, нормативов...».

На основе указанных законов и с учетом рекомендаций Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) были разработаны и утверждены «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99, СП 2.6.1.758-99), регламентирующие требования законов в форме основного дозового предела, допустимого уровня воздействия ионизирующих излучений и других требований по ограничению облучения человека. В последние годы в отечественной и зарубежной печати опубликован ряд материалов, уточняющих отдельные положения этих документов. Они нашли свое отражение в НРБ-99/2009.

Учитывая вышеизложенное, авторы сочли необходимым подготовить новое издание учебника, в котором были бы отражены изменения, произошедшие в области нормирования облучения, и научные материалы последних лет, касающиеся системы защиты и смягчения последствий радиационных аварий.

ВВЕДЕНИЕ

Конец прошлого века был ознаменован двумя выдающимися открытиями: в 1895 г. В.К. Рентген обнаружил новый, неизвестный до этого вид излучения, названный впоследствии рентгеновскими лучами, а в 1896 г. А. Беккерель установил, что уран самопроизвольно испускает невидимые лучи — явление, которое было названо радиоактивностью, а само излучение — ионизирующим излучением. Одновременно было установлено, что оба вида этих излучений обладают способностью ионизировать атомы и молекулы, а также приводить их в возбужденное состояние, вследствие чего ионизированные и возбужденные атомы и молекулы приобретают новые свойства, в частности способность вступать в реакции и образовывать соединения, ранее им несвойственные.

Выдающийся английский физик Э. Резерфорд в 1899 г. открыл α - и β -излучения, испускаемые при распаде радионуклидов. В дальнейшем он создал теорию распада радиоактивных веществ и разработал теорию планетарной модели строения атома (1911). В последующие годы были проведены многочисленные исследования реакций, происходящих в различных химических элементах при их бомбардировке α -частицами. В 1918 г. Э. Резерфорд установил, что при облучении α -частицами атомов азота образуются атомы кислорода, т.е. впервые была открыта возможность искусственных ядерных превращений (превращений одних элементов в другие). В 1930 г. было обнаружено, что при бомбардировке ядер бериллия, лития и бора наряду с протонами образуется особый неизвестный вид излучения, названный вначале бериллиевыми лучами, так как при использовании бериллия это излучение оказывалось особенно интенсивным.

Ф. Жолио-Кюри, изучавший это излучение, пришел к выводу, что оно представляет собой элементарные частицы, не имеющие заряда и обладающие высокой проникающей способностью, так как они не притягиваются и не отталкиваются ядрами облучаемых атомов. Английский физик Дж. Чедвик также подтвердил, что данное излучение — это нейтральные частицы, обладающие массой, очень близкой к массе протонов. Он назвал эти частицы нейтронами. Так было сделано одно из крупнейших открытий в области атомной физики — открытие нейтрона.

Применение нейтронов для бомбардировки различных элементов показало их преимущество по сравнению с α -частицами. В то время как α -частицы, как и протоны, имея положительный электрический заряд, отталкиваются атомными ядрами, также заряженными положительно, нейтроны, не имея заряда, могут свободно проникать в ядра атомов и вызывать ядерные реакции. Благодаря такому преимуществу нейтронов и их применению в эксперименте для атомной бомбардировки вскоре было получено большое количество искусственных радиоактивных изотопов. Помимо этого, открытие нейтронов позволило высказать гипотезу, что атомные ядра состоят только из нейтронов и протонов. Это предположение, выдвинутое впервые в 1932 г. советским физиком Д.Д. Иваненко, сейчас является общепризнанным и лежит в основе учения об атомном ядре.

С момента открытия нейтрона в разных странах велась напряженная работа по изучению ядерных реакций с помощью облучения нейтронами. В 1934 г. во Франции Ф. Жолио-Кюри открыл возможность получения искусственных радиоактивных нуклидов, облучая нейтронами стабильные изотопы. В том же году в Италии Э. Ферми не только установил возможность получения искусственных радиоактивных изотопов, но и обнаружил, что этот процесс происходит гораздо быстрее при облучении стабильных изотопов медленными нейтронами. В 1937 г. Ф. Жолио-Кюри и П. Савич сообщили о том, что при облучении урана нейтронами возникают радиоактивные элементы, которые по химическим свойствам близки к лантану; это указывало на принципиально новый вид ядерных реакций, т.е. на то, что ядро атома урана делится, образуя осколки — ядра радиоактивных нуклидов, стоящих в середине периодической системы Менделеева.

В январе 1939 г. немецкие радиохимики О. Ган и Ф. Штрассман опубликовали результаты своих исследований по облучению нейтронами урана. Как оказалось, при этом происходит распад ядра урана. В том же году Л. Мейтнер, О. Фриш и Ф. Жолио-Кюри доказали, что при распаде ядра урана испускаемые осколки деления обладают суммарной кинетической энергией около 200 МэВ. В этот период Э. Ферми, Ф. Жолио-Кюри, Л. Коварски и другие ученые установили, что при делении ядра урана на осколки выделяется несколько свободных нейтронов, которые, попадая в соседние ядра атомов урана, могут вызывать их деление, т.е. реакция в этом

случае приобретает цепной характер, и, раз начавшись, деление ядер урана может продолжаться само собой с лавинообразным нарастанием.

Открытие цепной реакции деления урана предоставило невиданные возможности практического использования ядерных реакций в самых различных областях: энергетической, химической, технической, медицинской и др. Исполнилось предсказание акад. В.И. Вернадского, который еще в 1922 г. писал: «Мы подходим к великому перевороту в жизни человечества, с которым не может сравниться все им ранее пережитое. Недалеко время, когда человек получит в свои руки атомную энергию, такой источник силы, который даст ему возможность строить свою жизнь, как он захочет. Это может случиться в ближайшие годы, может случиться через столетие. Но ясно, что это должно быть».

Открытие атомной энергии совершилось менее чем через 20 лет после высказывания В.И. Вернадского. Сразу же в разных странах (США, Англия, Франция, Германия, СССР) были предприняты поиски конкретных путей осуществления таких возможностей. С этого момента начался новый период в области ядерной физики, когда наряду с научными исследованиями в лабораториях и институтах быстрыми темпами создавалась атомная промышленность. К этому побуждали вторая мировая война и связанная с ней опасность появления ядерного оружия в гитлеровской Германии, где широко велась изыскания по созданию такого оружия. Неограниченные средства, отпускаемые в то время в США на решение атомной проблемы, позволили эмигрировавшему из фашистской Италии Э. Ферми уже 2 декабря 1942 г. пустить в Чикаго первый атомный реактор. В августе 1945 г. США сбросили первые атомные бомбы на японские города Хиросиму и Нагасаки. Эквивалентная мощность этих снарядов равнялась соответственно 12 500 и 20 000 т тринитротолуола.

В этот же период в результате плодотворных усилий ученых при разработке основных процессов ядерной физики теоретически была установлена возможность осуществления реакции синтеза легких ядер — термоядерной реакции. Сразу же после создания атомных бомб и окончания второй мировой войны правящие круги США переключили своих ученых-физиков на изыскание практических возможностей изготовления термоядерного оружия. Американская администрация всеми силами стремилась утвердить

атомную монополию на всей планете. Однако эта политика потерпела крах.

После известия о применении ядерного оружия в Японии перед учеными, инженерами и конструкторами нашей страны была поставлена задача создать отечественное ядерное оружие в кратчайший срок. Под руководством акад. И.В. Курчатова была проведена напряженнейшая теоретическая, экспериментальная и прикладная работа в области ядерной физики. 25 декабря 1946 г. в нашей стране осуществлена управляемая цепная реакция деления ядер урана на первом ядерном реакторе Ф-1. Миф о научно-технической отсталости был развеян испытанием первой советской атомной бомбы 29 августа 1949 г.

В результате претворения в жизнь широкой программы освоения атомной энергии в Советском Союзе были созданы ядерные реакторы различных систем и мощностей, сооружена в 1954 г. первая в мире атомная электростанция (АЭС) и впервые создано термоядерное оружие.

Аналогичные успехи в освоении атомной энергии были достигнуты в последующие годы в Англии и Франции.

Таким образом, происшедшие в конце прошлого столетия и особенно в последующие десятилетия XX века научные открытия глубоко отразились на условиях жизни человечества. Это прежде всего касается открытий в области ядерной физики, позволивших уже теперь использовать атомную энергию во всех областях народного хозяйства, науки и техники. Колоссальные успехи в этой области могут быть проиллюстрированы следующими примерами: если в 20-х годах XX века во всем мире имелось всего несколько сотен граммов радия, а в России до 1917 г. — лишь 1000 мг этого препарата, то в настоящее время мировая атомная промышленность ежегодно производит такое количество радионуклидов, которое по своей активности эквивалентно сотням тысяч тонн радия.

Через 25 лет после пуска первой АЭС в 20 странах мира уже работали 200 АЭС с суммарной мощностью свыше 100 тыс. МВт. Только за 1976–1980 гг. в СССР на долю АЭС приходилась 1/5 всех вводимых в строй электроэнергетических мощностей, причем темпы ввода АЭС опережали развитие всей электроэнергетики страны в целом. На начало 2009 г. в мире находилось в разной стадии эксплуатации около 450 энергетических реакторов. В нашей

стране намечено разработать и освоить производство энергоблоков мощностью 800 тыс. кВт, а затем и 1600 тыс. кВт с реакторами на быстрых нейтронах, решить научно-технические проблемы, связанные с созданием энергоблоков мощностью 1500 тыс. кВт с реакторами на медленных (тепловых) нейтронах. Авария на ЧАЭС в 1986 г. по существу приостановила развитие атомной энергетики в России на многие годы. В настоящее время АЭС России делают около 17% общей электроэнергии, вырабатываемой в стране за счет всех источников. Во Франции эта доля достигает 85%, в Германии — 45%.

В недалеком будущем наука, несомненно, овладеет управляемой термоядерной реакцией и человечество получит неисчерпаемый источник энергии.

Широкие возможности использования радионуклидов и источников ионизирующих излучений во многом обогатили науку и практику. Ионизирующие излучения позволяют значительно повысить качество продукции химического производства, например облуживание автомобильных шин увеличивает их пробег на 20–30%.

С помощью атомной энергии можно получать вещества и материалы с заранее заданными свойствами, чего обычными химическими способами добиться невозможно. Радиационные методы окисления парафинов в производстве моющих средств заменяют пищевые жиры синтетическими продуктами. Радионуклиды (меченые атомы), введенные в химические соединения, дают возможность изучать и совершенствовать технологические процессы. Метод меченых атомов прочно вошел в практику научных исследований (метод изотопного разделения, радиометрическое титрование, нейтронный активационный анализ и др.).

Широкое применение в промышленности нашли приборы для контроля и автоматизации производственных процессов, в которых измерительный элемент не контактирует с измеряемой средой. В легкой промышленности радиоактивные изотопы используются в установках для снятия зарядов статического электричества, особенно в производстве искусственного волокна.

Для обнаружения дефектов в отливках, сварных швах деталей в качестве наиболее эффективного метода применяют γ - и рентгенодефектоскопию. В металлургии, судостроении, при строительстве газо- и нефтепроводов и т.д. качество изделий контролируют с помощью рентгеновского и γ -излучения.

Неуклонный рост потребности в пресной воде заставляет мировое сообщество искать все новые водные ресурсы. Неисчерпаемые возможности в этом направлении открывает применение ядерной энергии для опреснения воды. На 3-й Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии в 1964 г. ученые высказывались в пользу строительства комбинированных установок, рассчитанных на выработку электроэнергии и опреснение воды. Примером сооружений такого рода может служить АЭС с реактором на быстрых нейтронах типа БН-350, сооруженная для обеспечения электроэнергией и пресной водой г. Шевченко (Казахстан).

Создан новый арсенал средств борьбы с насекомыми. Так, массовая стерилизация насекомых посредством облучения (с целью предотвращения дальнейшего их размножения) позволила резко сократить в США численность мясной мухи, причинявшей значительные убытки скотоводам. При этом основным способом борьбы является стерилизация облучением искусственно выращенных самцов плодовых мух, количество которых превышает число мух, обычно обитающих в природных условиях.

Воздействие ионизирующей радиации на семенной материал позволяет получить более продуктивные и устойчивые виды мутантов. Облучение зерна повышает сроки его хранения, уничтожает насекомых-вредителей.

В ряде стран облучают картофель с целью предупреждения его прорастания. Облучением можно уничтожить трихинеллы в свинине и ленточных паразитов в мясе. Облучение тропических фруктов и овощей задерживает их созревание, уничтожает грибы и насекомых. Использование ионизирующих излучений в промышленности и сельском хозяйстве дает громадную экономию, исчисляемую в миллиардах рублей.

Особенно следует подчеркнуть важность применения источников ионизирующего излучения в медицине, которое практически началось с момента открытия рентгеновского излучения и явления радиоактивности. Значимость рентгеновского излучения в медицине в настоящее время трудно переоценить, а диагностика и лечение с помощью радиоактивных изотопов ряда заболеваний сегодня спасают жизнь тысячам больных. Полезное применение ионизирующего излучения расширяется с каждым годом во всех областях хозяйственной деятельности.

Итак, человечество прочно вступило в атомный век. Однако вместе с этим неизбежно растет число лиц, имеющих непосредственный профессиональный контакт с радионуклидами, а при некоторых технологических процессах получения и применения атомной энергии возможно поступление радиоактивных отходов в окружающую среду. Если к этому добавить, что испытания атомно-водородного оружия создают на всей планете новый нерегулируемый фактор радиационного воздействия на громадные массы человечества, то с полным правом можно сказать, что при всех благах, которые несет человеку атомная энергия в мирных целях, она содержит в себе потенциальную возможность переоблучения значительных коллективов и загрязнения радионуклидами окружающей среды, если, разумеется, не будут приниматься меры радиационной защиты.

Таким образом, перед наукой, в первую очередь перед гигиеной, стоит огромной важности проблема защиты человека от поражающего воздействия ионизирующей радиации. Для успешного ее решения необходимо знать физическую природу ионизирующего излучения, явления радиоактивности, процессы взаимодействия ионизирующего излучения с материей, т.е. основы ядерной физики.

Вторым неперенным условием, без чего немисливо развитие радиационной гигиены, является знание механизмов и закономерностей биологического действия ионизирующей радиации, т.е. основ радиобиологии.

Наконец, необходимо иметь полное и всестороннее представление о санитарно-гигиенических условиях любых контактов человека с источниками ионизирующей радиации и радионуклидами.

Следовательно, радиационная гигиена — комплексная, сложная наука, базирующаяся на ряде фундаментальных дисциплин. Однако глубоко освоить всю сумму знаний по этим дисциплинам врачу-гигиенисту невозможно, поэтому возникла необходимость их объединения для решения вопросов, входящих в компетенцию радиационной гигиены. В настоящее время во всех научных институтах радиационной гигиены, центрах санэпиднадзора вместе с гигиенистами работают физики, радиохимики и радиобиологи. Их тесное содружество в разработке вопросов защиты является ярко выраженной закономерностью, обусловленной развитием атомной физики и радиобиологии, прогрессом использования ионизиру-

шего излучения во всех областях деятельности человека, созданием медицинской защиты как комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безопасных условий труда при применении радионуклидов и источников ионизирующих излучений, на охрану окружающей среды от радиоактивных загрязнений.

Таким образом, радиационная гигиена — наука, изучающая условия, виды и последствия воздействия ионизирующих излучений на человека и разрабатывающая мероприятия, направленные на охрану его здоровья.

Глава 1

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РАДИАЦИОННОЙ ГИГИЕНЫ

Радиационная гигиена как самостоятельная гигиеническая наука получила развитие сравнительно недавно — в начале 40-х годов XX в. Однако вопросы защиты человека от повреждающего воздействия ионизирующего излучения возникли почти одновременно с открытием рентгеновского излучения и радиоактивного распада.

Основными предпосылками для этого явились два фактора: чрезвычайно быстрое применение вновь открытых излучений в науке и практике и обнаружение повреждающего действия этих излучений на организм.

В дальнейшем, по мере расширения сфер использования источников ионизирующего излучения и накопления фактов поражающего действия радиации, эти вопросы усложнялись.

Впервые повреждающее действие ионизирующего излучения на человека было описано в 1896 г., когда у ряда больных, которым производили рентгеновские снимки, а также у врачей, их выполнявших, были обнаружены рентгеновские дерматиты. Лучевые поражения кожных покровов сопровождались гиперемией, отеком, образованием пузырей и язв, потерей эластичности, шелушением, повреждением ногтей, выпадением волос, болевыми ощущениями, потерей чувствительности. Кроме того, эти лучевые поражения кожи, во-первых, наступали не сразу после воздействия рентгеновского излучения, а спустя определенный промежуток времени в зависимости от величины полученной дозы, во-вторых, само заболевание протекало длительно и с замедленным заживлением.

Такая же картина поражения кожных покровов была выявлена после воздействия радия. Пьер Кюри, желая выяснить действие

излучения радия на кожу, облучил собственную руку. В сообщении, сделанном им в Французской академии наук, он подробно описал процесс поражения. На месте, где был приложен радий, сначала появилось покраснение кожи, интенсивность которого с течением времени увеличивалась. Через 3 нед на этом месте образовался струп, после отпадения которого осталось длительно незаживающее изъязвление. Полное рубцевание на месте воздействия излучения радия наступило только через несколько месяцев. Аналогичное поражение кожи рук было и у Марии Кюри, которая в процессе работы часто брала в руки препараты радия большой активности.

Помимо резко выраженных поражений кожи, Пьер и Мария Кюри отмечали, что кончики пальцев их рук, которыми приходилось брать лабораторную посуду, содержащую радиоактивные препараты, становились твердыми, иногда болезненными, кожа шелушилась, боль ощущалась примерно в течение 2 мес. Несмотря на то что описанные поражения кожных покровов в первые годы после открытия рентгеновских лучей и лучей радия встречались весьма часто, это ни в коей степени не препятствовало дальнейшему изучению свойств этих излучений и их применению в первую очередь в медицине для диагностики заболеваний и лечения.

Еще в 1901 г. французский врач Данло, впервые с успехом применивший радий для лечения злокачественных новообразований, привлек внимание многих врачей-клиницистов Англии, Америки, Германии, Швеции, России и других стран. В медицинской литературе сообщалось о методах лечения больных раком препаратами радия. Вначале применяли метод аппликации, а вскоре начал развиваться метод внутритканевой радиевой терапии, т.е. введение в ткань опухоли радия в виде растворов или препаратов радия, заключенных в трубочки. В те годы использование ионизирующих излучений с лечебной целью носило эмпирический характер, так как физические свойства и механизмы биологического действия этих излучений еще не были изучены. Оставались неясными и основные вопросы дозирования, поэтому применение рентгеновского излучения и препаратов радия было произвольным и малоэффективным, с частыми осложнениями в виде лучевых поражений. И все же большинство клиницистов считали ионизирующее излучение вполне оправданным методом лечения злокачественных новообразований. Поэтому в первые два десятилетия лучевая те-