

РОЛЬ РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЙ И ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОБЛЕМЕ ЛУЧЕВЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Лучевые повреждения, представляет собой значительную медицинскую проблему, в связи с отсутствием эффективных методов лечения, связанных с недостатком знаний патогенеза. Резко повышает актуальность проблемы – распространенность причины возникновения лучевых повреждений – ионизирующего излучения воздействующего на человека. С целью выявления роли некоторых обуславливающих факторов, проведен анализ масштабов их влияния и показано, что они не только имеют глобальный уровень, но и со временем увеличиваются.

Ключевые слова: лучевые повреждения; радиационные аварии; радиохимические технологии; радиобиологические технологии; радиационный неразрушающий контроль.

Актуальность проблемы лучевых повреждений обусловлена, прежде всего, широтой медицинского применения ионизирующего излучения, в основном при лечении онкологических больных, и фактом, что у большинства, лучевая терапия вызывает нежелательные последствия в виде ранних и поздних лучевых повреждений (1).

Вместе с тем, определение актуальности проблемы немислимо без выяснения ее масштабов, определяемой распространенностью влияния ионизирующего излучения (ИИ) на жителей Земли.

В мире источники радиации применяются в различных отраслях практической деятельности и в перспективе использование их будет возрастать, что в большой мере увеличивает вероятность развития повреждений у значительного контингента людей.

В предыдущей части исследования нами проанализированы возможные причины лучевых повреждений, которые могут быть вызваны действием естественного и техногенно усиленного радиационного фона Земли (2).

С целью выявления масштабов проблемы, проведен анализ некоторых ситуаций, при которых возможно немедицинское воздействие ионизирующих излучений в пределах, вызывающих лучевые повреждения.

Объект исследования: определение вероятных радиационных опасностей при авариях на атомных производствах и применении источников ионизирующего излучения в промышленности, сельском хозяйстве и других разделах практической деятельности, не связанных с медицинским облучением.

Аварии на атомных электростанциях, один из самых серьезных факторов, который может стать причиной масштабных лучевых поражений у миллионов людей по всему миру.

В процессе работы реактора АЭС суммарная активность делящихся материалов возрастает в миллионы раз. Так, при полной загрузке реактора ВВЭР-440 (более 30 т урана) суммарная активность топлива, с обогащением 3 % по ^{235}U , составляет 6×10^{11} Бк (16 Ки). Через год эксплуатации радиоактивность продуктов, образовавшихся в процессе деления ядер, составит $4 \cdot 10^{19}$ Бк (10^9 Ки). При производстве 1 ГВт/год электроэнергии в реакторе АЭС образуется 10^{19} Бк (300 млн Ки) продуктов деления.

По этой причине, аварии на АЭС представляют собой самую большую радиационную опасность из всех возможных на предприятиях ядерного топливного цикла.

Несмотря на пристальное внимание к безопасности и все меры, применяемые в этой связи, сложное оборудование и технологические процессы атомных электростанций, агрессивные процессы, происходящие в реакторной зоне, неучтенные или неизвестные факторы, факторы непреодолимой силы и другие причины создают большой риск радиационных аварий (3, 4).

Любая по масштабу радиационная авария от промышленной – последствия которой не распространяются за пределы территории производственных помещений и промплощадки объекта, а аварийного облучения испытывает лишь персонал, до трансграничной – когда зона аварии распространяется за пределы государственных границ страны, в которой она произошла, является фактором, обуславливающим вероятность развития лучевых повреждений (5).

За все время использования атомной энергетики в мире официально зафиксировано около 150 аварийных случаев выбросов радионуклидов в биосферу, но только 11 значительных аварий, из которых 4 связаны с работой АЭС (6).

Вместе с тем, последствия масштабных радиационных аварий, 5–7 уровня по международной шкале ядерных событий (INES), в части фактора радиационного повреждения – колоссальны (7).

Наибольшей радиационной аварией в истории гражданской атомной энергетики считается авария на Чернобыльской АЭС 1986 года.

По официальным данным, двое работников умерли непосредственно после аварии; высокие дозы радиации, полученные 134 сотрудниками станции и членами аварийных бригад, вызвали острую лучевую болезнь (ОЛБ), оказавшуюся смертельной для 28 из них.

Зарегистрированные дозы, участников ликвидации аварии в период между 1986 и 1990 годами, в основном за счет внешнего облучения, составляли от менее 10 мЗв до более 1000 мЗв. Около 85 % зарегистрированных доз находились в диапазоне 20–500 мЗв. Средняя эффективная доза оценивается сейчас примерно в 120 мЗв.

Коллективная эффективная доза у 530 тыс. ликвидаторов составляет примерно в 60 тыс. чел.-Зв.

Несоизмеримо больший вклад в развитие последствий облучения, внесло радиационное загрязне-

ние окружающей среды, куда попало около 3 % радионуклидов четвертого энергоблока ЧАЭС, что составляет более 300 МККи, или $1,3 \cdot 10^{19}$ Бк (8).

Авария привела к загрязнению сотен тысяч квадратных километров территорий с миллионами, проживающими на них, жителями, что привело к беспрецедентному облучению населения (9).

У миллионов жителей загрязнённых территорий изотопы йода, избирательно накапливаясь в щитовидной железе, обуславливали поглощенные дозы от 100 до 5000 мГр и более. У детей дошкольного возраста она была в 2–4 раза выше, чем у взрослых.

Международной комиссией радиационной защиты (МКРЗ) определены общие коэффициенты риска рака вследствие хронического облучения, составляющие 5 % на 1 Зв, которые стали международным стандартом радиационной профилактики (10).

НКДАР ООН выведена зависимость повышения риска смерти на протяжении всей жизни, от злокачественных опухолей при разных уровнях облучения (11).

Повышенный риск смертности на протяжении всей жизни (в среднем по обоим полам)^a

Доза острого облучения (Гр)	Солидные раковые заболевания в целом (% при конкретной дозе)	Лейкемия (% при конкретной дозе)
0,1	0,36-0,77	0,03-0,05
1,0	4,3-7,2	0,6-1,0

Источник: Действие ионизирующей радиации: Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации – доклад Генеральной Ассамблеи за 2006 год с научными приложениями А и В, том I (издание Организации Объединенных Наций, в продаже под № R.08.IX.6), приложение А, пункт 593.

^a – Повышенный риск смертности на протяжении всей жизни в размере 1,0 процента означает один дополнительный случай на 100 человек.

Для более чем 6 млн. жителей загрязненных территорий пострадавших областей (т. е. с уровнями ^{137}Cs более 37 кБк/м²), которые не были эвакуированы, средняя доза на щитовидную железу составляла примерно 100 мГр, а примерно для 0,7 процента из них дозы на щитовидную железу превышали 1000 мГр (9, 12).

В связи с облучением, в десятки раз увеличилась онкологическая и неонкологическая заболеваемость.

В Беларуси заболеваемость раком щитовидной железы среди детей в возрасте до 10 лет резко возросла и составила до 35 случаев на 1 млн при фоновой заболеваемости в этой группе – 2-4 случая.

В Украине заболеваемость онкологической патологией у детей, увеличилась по всем нозологиям в 5–10 и более раз. Заболеваемость раком щитовидной железы до 1986 года среди детей составляла до 5 случаев в год. Рост заболеваемости детей раком щитовидной железы (РЩЖ) началось с 1989 г. К 1998 году зафиксировано 937 случаев, в 1999–1217, 2000–1400 заболевших.

Наиболее пострадавшими от радиационной аварии территориями Украины считают 13 районов севера Киевской, Житомирской и Черниговской областей. При этом максимального влияния (как доз облучения, так и возможных радиологических последствий) понесли дети и подростки на момент аварии. Дозы на щитовидную железу достигали 4–7 Гр, а в некоторых

районах, превышали 7 Гр. Индивидуальные дозы облучения щитовидной железы в ряде случаев составляли приблизительно 50 Гр (13).

По данным Института эндокринологии и обмена веществ АМН Украины, за 1989-2004 гг. только в Украине прооперировано 3400 лиц, которые были детьми и подростками на момент аварии. Из числа заболевших умерло 11 человек. В 2001 г. было зарегистрировано 369 случаев заболеваний, в 2002 г. – 311, в 2003 г. – 337, в 2004 г. – 374, то есть заболеваемость вышла на определенное плато без ожидаемого снижения.

После 2001 г. зарегистрировано прогнозируемый экспертами избыток тироидного рака у ликвидаторов 1986-1987 гг. (среди мужчин превышение общенационального уровня в течение 1990-1997 гг. в 4 раза, а в 1998-2004 гг. – в 9 раз, среди женщин – ликвидаторов – соответственно 9,7 и 13 раз).

Лейкемии у ликвидаторов, по отдельным нозологиям, увеличились в 2,4–3,2 раза.

В 1,9 раза увеличилась заболеваемость раком молочной железы у женщин УЛНА 1986–1987 гг. – на протяжении 1990-2004 гг., по сравнению с показателями соответствующих возрастных групп женского населения Украины.

Результаты проведенных эпидемиологических исследований свидетельствуют, что в период 1988-2003 гг. доля здоровых среди УЛНА 1986-1987 гг.

уменьшилась с 67,6 % до 7,2 %, а доля больных хроническими болезнями увеличилась с 12,8 % (1988) до 81,4 % (2003). В структуре неопухоловой заболеваемости ведущими являются классы болезней систем кровообращения, пищеварения и нервной.

Так заболеваемость системы кровообращения возросла с 95,6 ‰ в 1988 г до 932,6 ‰ в 2003; пищеварительной – с 96,8 ‰ до 887,9 ‰, соответственно; мочеполовой – с 9,8 ‰ до 98,4 ‰; пищеварительной – с 96,8 ‰ до 887,9 ‰.

В настоящее время в структуре заболеваемости детей 0-14 лет ведущими являются болезни органов дыхания; нервной системы; органов пищеварения, кожи и подкожной жировой клетчатки; инфекционные и паразитарные болезни; болезни крови и кроветворных органов, иммунный дисбаланс, снижение уровня интеллекта (8).

В соседней с Украиной Беларуси, последствия аварии на ЧАЭС, тоже внушительны.

По данным Института радиобиологии НАН Беларуси за последние годы зафиксирован рост у ликвидаторов (а это в основном мужчины в возрасте 25-49 лет) болезней эндокринной системы в 6,3 раза (при этом болезней щитовидной железы – более чем в 10 раз, сахарного диабета – в 3,5 раза), системы кровообращения – в 7,8 раза, органов пищеварения – в 7,3 раза, нервной системы – в 2,7 раза, болезней крови и кроветворных тканей – в 4,7 раза, катаракты глаза – в 4,4 раза (14–19).

Приведенные некоторые данные о масштабах радиационного поражения, связанного с аварией, по разным причинам, не могут отразить его в полной мере. Более того, еще сейчас, уровень радиоактивного загрязнения почвы и пресноводных экосистем Украины, Беларуси и России достаточно высоки и со временем, за счет образования дочерних продуктов ядерного распада, будет увеличиваться, что не снижает актуальности этого вопроса (20–26).

Через 25 лет, поле аварии на ЧАЭС, 11 марта 2011 г. на АЭС Фукусима-1 в Японии произошла тяжелая авария (7-й уровень по шкале INES) с повреждением активной зоны реакторных установок энергоблоков № 1–3 и приреакторного бассейна выдержки отработавшего ядерного топлива энергоблока № 4, с радиоактивным выбросом ядерного топлива в окружающую среду (27, 28).

Выброс радионуклидов йода составил 10^5 ТБк, а $^{134,137}\text{Cs}$ – 10^4 ТБк. Мощность дозы во время прохождения радиоактивного шлейфа возрастала на пять порядков величины от фонового уровня. Уровни загрязнения почвы ^{131}I составляли более 1МБк/кг, плотность выпадений составила порядка 4МБк/м² по ^{131}I и около 0,7МБк/м² по ^{137}Cs . Количество людей, проживающих в высоко загрязненных районах, вне установленной вначале зоны эвакуации радиусом 20 км вокруг станции Фукусима (874 км² с плотностью выпадений $^{134,137}\text{Cs}$ выше 600,000 Бк·м²), составляло 70000 человек, включая 9500 детей возрастом до 14 лет. Из зоны радиусом 20 км от АЭС было эвакуировано 140 тысяч человек. Ряд районов из-за высокого уровня заражения, как ожидается, будет признан непригодным для жизни. Загрязненные территории находятся в интенсивном сельско-

хозяйственном использовании. Полная ликвидация аварии с демонтажем реакторов займет, по прогнозам, около 40 лет (24, 28, 29).

Авария на АЭС Фукусима-1 показала, что даже в такой технически и экономически высокоразвитой стране, как Япония, роль человеческого фактора при обеспечении безопасности на АЭС в должной мере не учитывалась, а культура безопасности еще не стала главным принципом при эксплуатации ядерно-опасных объектов.

Вместе с тем, радиационная авария в Японии, по сути, еще продолжается, т.к. массивное загрязнение обширных территорий и прежде всего акватории прилегающего океана, радиоактивными веществами, не прекращено.

Сегодня, на Украине, расчет выбросов при возможной аварии для блоков №№ 2–4 на Хмельницкой АЭС (ХАЭС), показал, что интегральный выход биологически значимых радионуклидов в окружающую среду составит, Бк: ^{131}I – около $2,0 \cdot 10^{13}$, ^{137}Cs – $3,0 \cdot 10^{14}$, ^{90}Sr $2,5 \cdot 10^{13}$, т. е. от 20 до 300 ТБк.

В этом случае, мощность дозы для населения, проживающего на загрязненной территории вблизи АЭС, может достичь 10 мкЗв/ч, а эффективная доза за один год пребывания на этой местности с учетом всех путей поступления радионуклидов – 10^3 мЗв (30).

Таким образом, вероятность лучевых повреждений при радиационных авариях на атомных производствах и прежде всего АЭС, с учетом развития этой отрасли энергетики, со временем может только возрастать.

Продолжая анализ возможных факторов инициации лучевых повреждений, следует отметить, что в неэнергетических областях источники ионизирующего излучения активно используются в сельском хозяйстве, пищевой, химической и легкой промышленности, металлургии, строительной индустрии, геологии и др. по всему Земному шару.

В радиобиологических технологиях сельского хозяйства, пищевой промышленности, мутагенное, стимулирующее и цитотоксическое действие радиации применяется давно и чрезвычайно широко. Еще в 1925 году в Ленинградском радиовом институте впервые были получены индуцированные мутации на дрожжевых грибах. В 1934 году, Делоне Л. Н. описал положительные мутации, полученные при облучении пшеницы (31).

Среди направлений, практического применения ионизирующего излучения в сельском хозяйстве, можно выделить: селекционно-генетические исследования в растениеводстве и животноводстве для улучшения свойств растительных и животных объектов; стимуляцию роста и развития животных и растений с целью повышения хозяйственно полезных качеств; селекционно-генетические исследования в микробиологии и вирусологии для улучшения свойств вакцин и сывороток, получения высокопроизводительных мутантов-продуцентов антибиотиков, витаминов и т. д.; борьбы с вредными насекомыми и оздоровления окружающей среды; стерилизации животноводческих стоков; стерилизации биологических и фармакологических препаратов (вакцин, сывороток, питательных сред, витаминов и т. д.); стерилизации хирургического шовного и перевязоч-

ного материалов, приборов, устройств и инструментария, которые не подлежат температурной и химической обработке; стерилизации, консервирования, увеличения сроков хранения и обеззараживания пищевых продуктов и фуража, сырья животного происхождения; применение радиофармпрепаратов и меченых соединений в исследованиях по физиологии и биохимии животных и растений, а также в разработке методов диагностики и лечения животных.

Комбинированным воздействием радиации и химических мутагенов выведены многочисленные штаммы высокоактивных плесневых грибов – продуцентов антибиотиков, дающих их выход в десятки раз превосходящий таковой у исходных рас. В настоящее время вся мировая промышленность пенициллина, стрептомицина, ауреомицина, биомицина, тетрацицина и др. основана на использовании радиационных мутантов. В других отраслях микробиологической промышленности, для получения высокоактивных продуцентов витаминов, различных ферментов и органических кислот применяют радиохимические технологии.

Ионизирующее излучение, в определенном диапазоне доз, обладает стимулирующим действием, которое обнаруживается у всех биологических объектов, начиная с одноклеточных и кончая высокоорганизованными растениями и животными.

Это позволяет в разы увеличить всхожесть, урожайность, прививаемость и сократить сроки созревания множества сельскохозяйственных культур.

Радиостимуляцию изучают и широко применяют в скотоводстве, свиноводстве, звероводстве (32, 33).

В сельском хозяйстве, в радиационно-биологических технологиях в качестве источников излучения используют гамма-установки с радионуклидами ^{60}Co и ^{137}Cs , ускорители электронов с энергией до 10 МэВ, а также радиационные контуры ядерных реакторов, частично или полностью отработанные твэлы. Эти установки могут быть передвижными, стационарного применения и в виде целых радиотехнических комплексов. (34-38).

В пищевой промышленности, ионизирующее излучение применяют для увеличения хранения мяса, полуфабрикатов и кулинарных изделий из них, рыбы и других продуктов моря, овощей, скоропортящихся ягод и фруктов, концентратов фруктовых соков и т. д., а так же для оздоровления окружающей среды, стерилизации животноводческих стоков и др. (33).

Применение ионизирующего излучения в химической промышленности развивается по множеству направлений и объединено понятием радиохимические технологии. В нее включают: 1) радиационное модифицирование полимеров, например, для получения проводов и кабелей с термостойкой полиэтиленовой изоляцией, термически и химически стойких полиэтиленовых труб и других санитарно-технических изделий, заменяющих металлические в системах горячего водоснабжения и др.; 2) радиационная вулканизация эластомеров (РТИ, детали автомобильных шин, силиконовые самослипающиеся термостойкие изоляционные материалы и др.); 3) радиационная полимеризация и сополимеризация мономеров и олигомеров на поверхностях (отверж-

дение покрытий на металлических и древесных изделиях, получение гранулированных удобрений с полимерным покрытием), а также в гомогенных (синтез полиакриламида, полиэтилена и др.) и в гетерогенных системах (в древесине, бетоне, туфе) для производства бетон-полимерных, древесно-полимерных изделий, обладающих термической и химической стойкостью, ценными механическими и другими свойствами; 4) радиационно-химический синтез – окисление, хлорирование, сульфохлорирование, сульфокисление, теломеризация органических соединений; 5) радиационная деструкция органических полимеров для получения добавок к смазочным веществам, целлюлозы в отходах лесной и деревообрабатывающей промышленности и отходов сельского хозяйства – для получения кормовых добавок; 6) радиационного обеззараживания и очистки природных и сточных вод, твердых отходов и отходящих газов; 7) радиационного модифицирования неорганических материалов (полупроводников, катализаторов и др.) (39-52).

Еще одно из направлений – использования ИИ для нужд горнодобывающей промышленности; черной и цветной металлургии; химической промышленности; промышленности строительных материалов; легкой и пищевой промышленности; безопасности и других отраслей, это средства радиационного неразрушающего контроля (РНК).

Методы РНК: радиография, радиоскопия, метод радиоактивных индикаторов, метод радиационно-структурного анализа, метод радиационного анализа. радиационная толщинометрия, флюорография, флюороскопия, электрорадиография, кинорадиография, стереорадиография, цветовая радиография, цветовая радиоскопия, радиационная томография, вычислительная томография, стереорадиоскопия.

Средства РНК: радиационнотелевизионная установка, радиационнотелевизионная установка с электронно-оптическим преобразователем, радиационный толщиномер, радиационный уровнемер, радиационный плотномер, радиационный влагомер, радиационный концентратомер, альбедный радиационный толщиномер, абсорбционный радиационный толщиномер, абсорбционный односторонний радиационный толщиномер, альбедно-абсорбционный толщиномер, эмиссионный радиационный толщиномер, флюорограф, радиационный интраскоп, флюороскоп (53).

Номенклатура и ареал применения РНК чрезвычайно широки. Выделяют классы стационарного, передвижного и переносного оборудования. В передвижных и переносных аппаратах самых разных типов действия, преимущественно используются источники рентгеновского и гамма-излучения (54).

Источниками рентгеновского, в промышленности служат – рентгеновские аппараты, бетатроны, микротроны, линейные ускорители и источники бета-излучения. В качестве источников гамма-излучения применяют радиоактивные элементы. Источниками нейтронов являются ядерные реакторы, радиоактивные элементы и ускорители заряженных частиц.

Сегодня распространённо применяются методы – рентгенография, гаммаграфия, радиоскопия, радиометрия, радиационно-спектральный метод, радиационно-структурный анализ, позитронный метод.

На практике, наиболее широко используют микро-рентгенографию, рентгенографию, электрорентгенографию с энергией источников от 15-20 кэВ, до свыше 300 кэВ.

Применяют источники на основе ^{60}Co имеющие активность – 40–12 ТБк (1000–3000 Ки) с помощью которых просвечивают стальные объекты толщиной 100–200 мм; ^{137}Cs – при радиографии объектов из стали толщиной 40–100 мм; ^{192}Ir ; ^{170}Tm ; ^{169}Yb ; ^{75}Se и др.

Ускорители электронов (линейные, бетатроны, микротроны и др.) с энергией от 1 до 12 МэВ и выше, мощностью дозы до 100 Гр/мин на расстоянии 1 м от мишени, применяют для радиографии объектов контроля на основе железа и стали с толщиной от 1 мм до 600 мм и больше.

В практике радиационного контроля в качестве основного источника нейтронов используют ядерные реакторы; радионуклидные источники нейтронов – прежде всего ^{252}Cf и ускорители заряженных частиц, создающие потоки нейтронов порядка 10^{10} – 10^{12} нейтронов/с энергией 14 МэВ.

Радиоскопия, радиометрия, флюороскопия – с рентгеновским излучением до 200 кВ. Вычислительная томография 150 кэВ – 16 МэВ (55-66).

Таким образом, востребованность методов РНК, мощные источники ионизирующего излучения, применяемые в них, возводят этот фактор в риск развития лучевого повреждения до степени – существенного.

Следует упомянуть еще один из факторов, рассматриваемой нами проблемы – возможность инициации лучевого повреждения вследствие облучения

источниками ИИ, применяемыми для борьбы со статическим электричеством, возникающим при переработке изделий в химической, бумажной, полиграфической, текстильной и других отраслях промышленности, где успешно используются радиоизотопные нейтрализаторы, на основе α -частиц, испускаемых ^{239}Pu , или β -частиц ^3H .

Известен и широко применяется в разных отраслях промышленности, большой класс приборов радиоизотопного контроля, в частности, для блокировки агрегатных станков и машин и на автоматических линиях (67).

Приборы радиоизотопного контроля, применяемые в промышленности принято разделять по типуна следующие: абсорбционный радиоизотопный прибор, альбедный радиоизотопный прибор, альбедно-абсорбционный радиоизотопный прибор, эмиссионный радиоизотопный прибор, релейный радиоизотопный прибор; по функции: радиоизотопный толщиномер, радиоизотопный влагомер, радиоизотопный плотномер, радиоизотопный влагомер-плотномер, радиоизотопный уровень, радиоизотопный сигнализатор, радиоизотопный сигнализатор уровня, радиоизотопный концентратомер, пожарный радиоизотопный извещатель. (3, 68, 69)

Кроме того, стремительно возрастает применение источников ИИ для решения задач досмотра, безопасности, в радиоэлектронной промышленности и т. д. (70-72).

Таким образом, сегодня трудно найти отрасли научной и практической деятельности, где бы широко не использовалось ИИ, а так, проблема лучевых повреждений, их профилактики, лечения, выглядит чрезвычайно масштабной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стаханов М. Л., Вельшер Л. З., Савин А. А. Постмастэктомический синдром: патогенез, классификация // Российский онкологический журнал. – 2006. – № 1. – С. 24–32.
2. Кихтенко И. Н., Хворостенко Ю. М. Роль естественного и техногенно усиленного радиационного фона земли в проблеме лучевых повреждений // Наукові праці. – 2014, вип. 226. – С. 59-66.
3. Денисевич К. Б., Ландау Ю. А., Нейман В. А. и др. Энергетика: история, настоящее и будущее. Развитие атомной энергетики и объединенных энергосистем. – К. : Ред. изд. «Энергетика : история, настоящее и будущее», 2011. – 304 с
4. Базеев Е. Т., Билека Б. Д., Ваильев Е. П. и др. Энергетика: история, настоящее и будущее. – К., 2005. Т. 3 : Развитие тепловой и атомной энергетики. – К., 2008 – 528с. : ил.
5. Наказ 02.02.2005 N 54 Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 20 травня 2005 р. за N 52/10832 Про затвердження державних санітарних правил «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України»
6. Гордиенко В. А., Показеев К. В., Старкова М. В. Экология. Базовый курс для студентов небиологических специальностей: учеб. пособие. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2014. – 633 с. : ил.
7. Бекман И. Н. Ядерная индустрия. – М. : МГУ. – 2005. – 870 стр
8. 20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє: Національна доповідь України. – К. : Атіка, 2006. – 224 с.
9. Последствия облучения для здоровья человека в результате чернобыльской аварии/ Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации Научное приложение D к Докладу НКДАР ООН 2008 года Генеральной Ассамблеи Организация объединенных наций. – Нью-Йорк, 2012 год
10. Присяжнюк А. Е., Базыка Д. А., Романенко А.Е., и др. Риск рака в группах населения, пострадавшего вследствие аварии на Чернобыльской АЭС// Environmnt &Health. – № 3. – 2013. – С. 34–41.
11. Доклад Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации Организация Объединенных Наций – Нью-Йорк, 2010.
12. Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации Пятьдесят шестая сессия Вена, 10–18 июля 2008 года Последствия облучения в результате Чернобыльской аварии для здоровья человека Информация.
13. Наследие Чернобыля: Медицинские, экологические и социально-экономические последствия и рекомендации правительствам Беларуси, Российской Федерации и Украины. Чернобыльский Форум: 2003-2005 г. Второе издание. – ВОЗ/МАГАТЭ/ПРООН. 2005. – 58 стр.
14. Конопля Е. Ф. Радиоэкологические и медико-биологические последствия чернобыльской катастрофы // Проблемы ликвидации в Республике Беларусь последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. Парламентские слушания 21 апреля 1999 г. – Минск : Нац. собрание Респ. Беларусь, 1999. – С. 12.
15. Основные закономерности заболеваемости злокачественными новообразованиями когорты, подвергшейся радиационному воздействию в детском возрасте Prusyszchnyk et al. / International Journal of Radiation Medicine 2004, 6(1-4): 16-23.

16. ЕКРР-2003. Рекомендации Европейского Комитета по Радиационному Ризику. Выявление последствий для здоровья облучения ионизирующей радиацией в малых дозах для целей радиационной защиты. Регламентирующее издание. Брюссель, 2003. Пер. с англ. 2004, Москва, Центр экологической политики России, 218 с. (www.euradcom.org2003).
17. Рекомендации Европейского Комитета по радиационному риску / Под ред. А. В. Яблокова. Москва 2004. – 220 с
18. Доклад о состоянии ядерной и радиационной безопасности в Украине в 2009 году. – С. 92. <http://www.snrc.gov.ua/nuclear/doccatalog/document?id=132444>
19. Карпов А. Б., Семенова Ю. В., Тахауов Р. М. и др. Роль «малых» доз ионизирующего излучения в развитии неонкологических эффектов: гипотеза или реальность? Бюллетень сибирской медицины, № 2, 2005. – стр. 63-70.
20. Миронов В. П., Ильяшук А. Ю. Плутоний и америций на территории Беларуси: уровни загрязнения и физико-химические формы/ Материалы Международной научно-практической конференции «Радиоэкология XXI века» 10–12 мая 2012 года, Красноярск, СФУ, СибГАУ. Стр 320–324.
21. Національна Академія Наук України Інститут Ядерних Досліджень Щорічник – 2008 Київ – 2009 Друкується за постановою вченої ради інституту Інститут ядерних досліджень НАН України, 2009. – 189 стр.
22. Оптимизация международных усилий по изучению, смягчению и минимизации последствий чернобыльской катастрофы Доклад Генерального секретаря Distr.: General 4 October 2007.- 31с.
23. Радиация. Дозы, эффекты, риск / Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 79 с, ил.
24. Яблоков А. В., Нестеренко В. Б., Нестеренко А. В. и др. ЧЕРНОБЫЛЬ: последствия Катастрофы для человека и природы. Киев, Универсаріум. 2011. 592 с.
25. Басби К. (Ред.) ЕКРР. Рекомендации 2003 Европейского Комитета по Радиационному Ризику / Пер. с англ. – Товарищество научных изданий «КМК». – 2004. 218 с.
26. Гуманитарные последствия аварии на Чернобыльской АЭС. Стратегия реабилитации // Отчет представлен по заказу ПРООН и ЮНИСЕФ при поддержке УКГД ООН и ВОЗ. – Нью-Йорк ; Минск ; Киев ; Москва, 2002, 6 февраля. – 94 с.
27. Гашев М. Х., Громов Г. В., Дыбач А. М., и др. Вопросы целевой переоценки безопасности действующих энергоблоков АЭС Украины в свете событий на АЭС Фукусима-1 в Японии / Ядерна та радіаційна безпека 3 (51).2011 стр. 3-8.
28. Арутюнян Р. В., Павловский О. А., Панченко С. В и др. Авария на АЭС «Фукусима-1»: оперативный прогноз и оценка радиационных и радиологических последствий /Авария на АЭС «Фукусима-1»: опыт реагирования и уроки / науч. ред. Р. В. Арутюнян. – 2013. – 246 с. : ил.
29. Пристер Б. С. Соблюдение принципа «Безопасность – абсолютный приоритет атомной энергетики» необходимо обеспечить законодательно / ENVIRONMENT & HEALTH. – 2013. – № 1. – стр 4 – 11
30. Барбашев С. В., Скалозубов В. И. Радиационное воздействие аварии на АЭС «Фукусима-1» на окружающую среду и население и основанная на ее последствиях оценка радиационных рисков от запроектных аварий на АЭС с ВЭР-1000/ Ядерна та радіаційна безпека 1 (53). 2012. – стр. 10-15.
31. Делоне Л. Н. Экспериментальное получение мутаций у пшениц. – Харьков, Укрсельхозгиз. – 1934. – 56 с.
32. Белов А. Д. и др. Радиобиология. – М.: Колос, 1999. – 384 с
33. Казиахмедов А. С. Ветеринарно-санитарная оценка качества и безопасности мяса цыплят-бройлеров при обработке ионизирующим излучением : автореферат дис. ... кандидата ветеринарных наук : 06.02.05. – Москва, 2012. – 22 с.
34. Лурье А.А. Сельскохозяйственная радиология и радиоэкология. Конспект лекций. – М. : РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2007. – 228 с.
35. Бекман И.Н. Ядерная физика Издательство: МГУ Год: 2010. – С. 511 (по применению в промышленности и с. х).
36. Степанов В. Г. Ветеринарная радиология : учебное пособие. – Симферополь : ИТ «Ариал», 2011. – 360 с
37. Ежегодный доклад МАГАТЭ за 2010 год http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC55/GC55Documents/Russian/gc55-2_rus.pdf.
38. Ежегодный доклад МАГАТЭ за 2002 год http://icne.mephi.ru/wp-content/uploads/2011/02/2-7lecture_RU.pdf.
39. Химическая энциклопедия Том 4: Советская энциклопедия / Под ред. И. Л. Кнунянца. – М. : ПОЛ-ТРИ, 1995.
40. Круль Л. П. Особности гетерогенной структуры и физико-химические свойства радиационно-привитых полимерных материалов : Д... докт. хим. наук. – М., 1989. – 496 с
41. Артамонов Н. А., Хатипов С. А. Способ радиационно-химического модифицирования политетрафторэтилена и материал на его основе (патент РФ № 2304592 Патент РФ № 2304592 с приоритетом от 31.03.2006 г).
42. Антипов С. А., Сичкарь В. П., Воронина Е. Н. Способ терморadiационной обработки изделий из политетрафторэтилена Патент РФ № 2211228 с приоритетом от 19.02.2001 г.
43. Морозов С. В. Экспериментальный комплекс для исследования радиационной стойкости волокнистых наполнителей полимерных композиционных материалов дис. к. т. н. – Барнаул, 2004. – 99 стр.
44. Головина Е. А., Маркин В. Б. Основы радиационного материаловедения Учебное пособие. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2008. – 145 с.
45. Гордиенко В. П. Радиационное модифицирование композиционных материалов на основе полиолефинов. – Киев : Наук, думка, 1986. – 176 с.
46. Гордиенко В. П. Действие ионизирующего излучения на наполненные полимеры. // Тез. докл. V Респ. конф. по высокомолекуляр. соединениям. – Киев : Наук, думка, 1984. – С. 36 – 37.
47. Сухинина А. В. Разработка радиационно-сшиваемых наполненных композиций на основе сэвилена для кабельных термоусаживаемых изделий. Дис к. т. н. – М., 2009. – 130 стр.
48. Балдина М. С., Долгих О. О. Радиационная очистка природных и сточных вод – Режим доступа: <http://www.polar.mephi.ru/gu/conf/2002>
49. Слабыня Г. Н. Технология консервирования хлеба с использованием ионизирующего излучения Дис. к. т. н. Санкт-Петербург. – 2008. – 162стр.
50. Подзорова Е. А. Комбинированные радиационные методы очистки воды и сточных вод/дис. доктор химических наук.- 2001. – М. – 299 с. <http://www.dissercat.com/content/kombinirovannye-radiatsionnye-metody-ochistki-vody-i-stochnykh-vod>
51. Козарь А. А. Радиохимические и ядерно-физические параметры технологии рециклирования трансмутационных мишеней. Дис. Д. т. н. – 2007. – Москва. – 251стр.
52. Пустовит В. Т. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность. Часть II: Курс лекций. – Мн. : Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2005. – 196 с.
53. ГОСТ 24034-80 Контроль неразрушающий радиационный. Термины и определения.

54. Алексеев С. В., Усенко В. Р. Гигиена труда. – М. : Медицина, 1988. – 576 с.
55. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. Ред. В. В. Клюева. Т 1: В 2 кн. Кн. 2 Соснин Ф. Р. Радиационный контроль. – 2-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 2008. – 560 с.: ил.
56. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, А. В. Ковалев и др. ; Под ред. В. В. Клюева. 2-е изд., испр. и доп. – М. : Машиностроение, 2003. – 656 с., ил.
57. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий Соединения сварные. Радиографический метод
58. ГОСТ 25113-86 Аппараты рентгеновские для промышленной дефектоскопии Общие технические условия
59. ГОСТ 23764-79 Гамма-дефектоскопы. Общие технические условия
60. Щелкунов Г. П., Данилов В. Д., Симановский М. Ф. и др. Оценка возможности построения мобильного таможенно-досмотрового рентгеноскопического комплекса для контроля большегрузных автомобилей. 15 Российская научно-техническая конференция «Неразрушающий контроль и диагностика», 28 июня – 2 июля 1999 г. Тезисы докладов, т. 2. – С. 194.
61. Щелкунов Г. П. Группа новых СВЧ-приборов для генерации рентгеновского излучения и их применения. – Электронная техника. Сер. 1. СВЧ-техника, 2007, вып. 1 (489), с. 91.
62. Бабилов С. А., Москалев Ю. А., Темник А. К. и др. Радиационный интроскоп с цифровой обработкой изображения для диапазона энергии излучения до 20 МэВ/ 8-я Международная конференция: Неразрушающий контроль и техническая диагностика в промышленности. Москва, 18–20 марта 2009 г. – с. 38–40;
63. Волков В. Г., Звонцов А. А., Зрелов Ю. Д. и др. Дефектоскопический бетатрон с энергией 9 МэВ. – Там же. – С. 48–51
64. Богданов Е. А. Основы технической диагностики нефтегазового оборудования : Учеб. пособие для вузов. – М. : Высш. шк., 2006. – 279 с: ил.
65. Неразрушающий контроль: Справочник : В 8 т. / Под общ. ред. В. В. Клюева. Т. 1: В 2 кн. Кн. 1: Ф. Р. Соснин. Визуальный и измерительный контроль. Кн. 2: Ф. Р. Соснин. Радиационный контроль. – 2-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 2006. – 560 с.: ил.
66. Гетман А. Ф., Козин Ю. Н. Неразрушающий контроль и безопасность эксплуатации сосудов и трубопроводов давления. – М. : Энергоатомиздат, 1997. 288 с.
67. Ильин Л. А., Кириллов В. Ф., Коренков И. П. Радиационная гигиена : учеб. для вузов. – 2010. – 384 с.
68. ГОСТ 14336-87 Приборы радионизотопные. Термины и определения
69. Корнилович Б. Ю. Некоторые аспекты развития прикладной радиохимии и радиэкологии // Украинский химический журнал. – 2006. – № 5-6. – С. 3-10.
70. Карагезов Э. И. Способ ионно, ионизационно, термодинамического твердофазного объемного сращивания и обогащения кристаллов диффузионной сваркой / Патент РФ № 2145366. – 2000 г.
71. Ковалев А. В. Поисквые технические средства на основе методов интроскопии. Рентгеновские системы Часть 2) // Специальная Техника. – №1, 2000 г. <http://www.bnti.ru/dbtexts/ipks/old/analmat/2/kovalev2/kovalev2.pdf>.
72. Кельман І. І. та ін. Технічні засоби митного контролю : підручник. – Львів-Київ : Тріада плюс, Алерта, 2007. – 392 с.

I. M. Kikhtenko,

Dnipropetrovsk medical Academy, m. Dnipropetrovsk, Ukraine

РОЛЬ РАДІАЦІЙНИХ АВАРІЙ І ПРОМИСЛОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДЖЕРЕЛ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ПРОБЛЕМІ ПРОМЕНЕВИХ УШКОДЖЕНЬ

Променеві ушкодження, являє собою значну медичну проблему, у зв'язку з відсутністю ефективних методів лікування, пов'язаних з нестачею знань патогенезу. Різко підвищує актуальність проблеми поширеність причини виникнення променевих ушкоджень – масштабність впливу на людей, іонізуючого випромінювання. З метою виявлення ролі окремих факторів, що обумовлюють актуальність, проведено аналіз масштабів їх впливу і показано, що вони не тільки мають глобальний рівень, але і з часом збільшуються.

Ключові слова: променеві ушкодження; радіаційні аварії, радіохімічні технології, радіобіологічні технології; радіаційний неруйнівний контроль.

I. N. Kikhtenko,

Dnepropetrovsk medical Academy of Health Ministry of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine

THE ROLE OF RADIATION ACCIDENTS AND INDUSTRIAL APPLICATIONS OF IONIZING RADIATION SOURCES IN THE PROBLEM OF RADIATION DAMAGE

Subject of research – the relevance of radiation damage at modern development of industry and medicine. In the world of radiation sources used in different fields of practice and their application in the future will increase, which greatly increases the likelihood of injury in a significant contingent of people.

Research topic – the definition of the role of nuclear energy and the industrial use of ionizing radiation sources in the problem of radiation damage. The purpose of research – identifying the scale of the problem of radiation damage in situations in which it is possible exposure to ionizing radiation in the range causing radiation damage. Methodology – analysis of situations in which the possible effects of ionizing radiation in the range causing radiation damage. Scientific novelty – development of nuclear energy and nuclear production, expanding the range of application of ionizing radiation sources in practice, identify new risks of radiation damage. Application: medicine, oncology, radiology, nuclear medicine, radiobiology, therapeutic radiology, radiation therapy, hygiene, ecology and other. Conclusions: development of nuclear energy, increasing the risk of accidents at nuclear power plants with radiation of

large masses of the population, extension of the range of application of ionizing radiation sources in practical activities, identify new risks for the development of radiation damage, which can be a significant, large-scale risk that determines the level of problems in scale – global, and relevance is significant and growing.

Key words: *radiation damage; radiation accidents, radiochemical techniques, technology radiobiology, radiation non-destructive testing.*

Рецензенти: *Бондаренко І. Н.*, д-р мед. наук, професор;
Ковтуненко О. В., д-р мед. наук, професор.

© Кіхтенко І. М., 2015

Дата надходження статті до редколегії 14.07.2015