doi: 10.33266/2070-1004-2026-3-25-32
УДК 614.876:504.064

Оригинальная статья
© ФМБЦ им.А.И.Бурназяна

РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ, КОНТРОЛЬ И МОНИТОРИНГ В ПРОЦЕССЕ ПРЕОДОЛЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Н.К.Шандала[1], А.В.Титов[1], О.В.Паринов[1], Е.Г.Метляев[1], А.А.Филонова[1]

[1] ФГБУ «ГНЦ – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна» ФМБА России, Москва, Россия

Резюме. *Цель исследования* – проанализировать характер, содержание, сроки и последовательность проведения радиационно-гигиенических защитных мероприятий при ликвидации последствий радиационной аварии на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г. и в последующие годы.
Материалы и методы исследования. Материалы исследования – задокументированный опыт работы по ликвидации последствий радиационной аварии на Чернобыльской АЭС.
Методы исследования – методы анализа и прогнозирования.
Результаты исследования и их анализ. Рассмотрены разработанные специалистами в этот период радиационно-гигиенические нормативы, показатели контроля и методология мониторинга радиационной ситуации и обеспечения безопасности при выполнении работ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС и в последующие годы. Представлены задачи и перспективы дальнейшего регулирования и совершенствования системы радиационной безопасности в Российской Федерации.

Ключевые слова: *авария на Чернобыльской АЭС, атомные электростанции, временные допустимые уровни, йодная профилактика, защитные мероприятия, контроль, оптимизация радиационной защиты, оценка состояния здоровья, пищевые продукты, предел дозы для населения, радиационно-гигиенический мониторинг, радиационно-гигиеническое нормирование, ФГБУ «ГНЦ – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна» ФМБА России*

Конфликт интересов. Авторы статьи подтверждают отсутствие конфликта интересов

Для цитирования: *Шандала Н.К., Титов А.В., Паринов О.В., Метляев Е.Г., Филонова А.А.* Радиационно-гигиеническое нормирование, контроль и мониторинг в процессе преодоления последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции // Медицина катастроф. 2026. №3. С. 25-32. doi: 10.33266/2070-1004-2026-3-25-32

doi: 10.33266/2070-1004-2026-3-25-32
UDC 614.876:504.064

Original article
© Burnasyan FMBC FMBA

RADIATION AND HEALTH PHYSICS REGULATION, CONTROL AND MONITORING IN THE PROCESS OF ELIMINATING THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT ACCIDENT AFTERMATH

N.K.Shandala[1], A.V.Titov[1], O.V.Parinov[1], E.G.Metlyaev[1], A.A.Filonova[1]

[1] State Research Center – Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

Summary. *The purpose of the study* is to analyze the nature, content, timing and sequence of radiation and hygienic protective measures in the aftermath of the radiation accident at the Chernobyl nuclear power plant in April 1986 and in subsequent years.
Research materials and methods. Research materials - documented experience in eliminating the consequences of the radiation accident at the Chernobyl nuclear power plant.
Research methods - analysis and forecasting methods.
Research results and analysis. The radiation and health physics standards, control indicators and methodology for monitoring the radiation situation and safety assuring during the activities aimed at elimination of Chernobyl nuclear power plant accidental aftermath developed by professionals during this period are presented. The objectives and prospects for further regulation and improvement of the radiation safety system in our country are considered and substantiated.

Key words: *Chernobyl nuclear power plant accident, control, foodstuffs, iodine prophylaxis, health state assessment, nuclear power plants, protective measures, public dose limit, radiation and health physics monitoring, radiation protection optimization, temporary permissible levels, the use of radiation and health physics dose limits, State Research Center – Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency*

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

For citation: *Shandala N.K., Titov A.V., Parinov O.V., Metlyaev E.G., Filonova A.A.* Radiation and Health Physics Regulation, Control and Monitoring in the Process of Eliminating the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident Aftermath. *Meditsina Katastrof* = Disaster Medicine. 2026;3:25-32 (In Russ.). doi: 10.33266/2070-1004-2026-3-25-32

Контактная информация:
Шандала Наталья Константиновна – докт. мед. наук, профессор, зав. отделом ФГБУ «ГНЦ – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна» ФМБА России
Адрес: Россия,123098, Москва, ул. Живописная, д. 46
Тел.: +7 (916)101-01-62
E-mail: shandala-fmbc@bk.ru

Contact information:
Natalia K. Shandala – Dr. Sc. (Med.), Professor, Head of the Department of State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency
Address: 46, Zhivopisnaya str., Moscow, 123098, Russia
Phone: +7 (916)101-01-62
E-mail: shandala-fmbc@bk.ru

Введение

Авария 1986 г. на Чернобыльской АЭС явилась важнейшей вехой в развитии как отечественной, так и мировой радиационной гигиены.

Радиационная гигиена и радиационная безопасность в дочернобыльский период

С начала становления атомной промышленности одним из основополагающих направлений деятельности Института биофизики Минздрава СССР (ИБФ МЗ СССР) – в настоящее время – ФГБУ «ГНЦ – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна» ФМБА России (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России) – традиционно является научное обеспечение радиационной безопасности персонала и населения. Одной из важнейших задач развития «атомного проекта» в СССР была организация санитарно-гигиенического обеспечения, в связи с чем с конца 40-х – начала 50-х гг. XX в. стали проводиться радиационно-гигиенические исследования по обоснованию безопасности для работников атомной промышленности и населения, проживающего в районах функционирования радиационно опасных объектов. Радиационно-гигиенические исследования сформировались в качестве самостоятельного научного направления к 1955 г., когда в ИБФ МЗ СССР был переведен большой отдел Института гигиены труда и профзаболеваний под руководством академика А.А.Летавета. В результате такого слияния была образована первая лаборатория радиационной коммунальной гигиены, главной задачей которой являлась разработка методологии санитарного надзора за радиационной обстановкой в районах размещения предприятий атомной энергетики и промышленности [1].

Пионерскими исследованиями в этот период стали радиационно-гигиенические работы, связанные с проведением испытательных ядерных взрывов на атомных полигонах СССР, при спуске атомных ледоколов, атомных подводных лодок (АПЛ) и при работе по снятию «нулевого фона» практически на всех первых строящихся в СССР атомных электростанциях. В дальнейшем сформировались новые научные подразделения, занимающиеся вопросами оценки радиационной обстановки вокруг предприятий и на загрязненных территориях, изучающие последствия воздействия на окружающую среду атмосферных выпадений радиоактивных продуктов ядерных взрывов и осуществлявшие оценку доз облучения населения практически за счёт всех источников ионизирующего излучения [2].

Регулирование радиационной безопасности на ранних стадиях развития радиационной гигиены

Среди различных методов и способов защиты человека от техногенного облучения исключительную роль играет регламентация и нормирование радиационного воздействия на людей и их жёсткое соблюдение. В 1949 г. по инициативе И.В.Курчатова сотрудники Института биофизики обосновали и разработали временные предельно допустимые уровни облучения профессиональных работников от воздействия продуктов деления урана и плутония. В 1952 г. при Минздраве СССР была создана Национальная Комиссия по радиационной защите (НКРЗ), основной задачей которой стала разработка общегосударственных норм радиационной безопасности, выполнение которых было обязательно для всех предприятий, где применяются, производятся, перерабатываются, хранятся и транспортируются радиоактивные вещества. В 1960 г. были утверждены первые допустимые уровни, а затем были разработаны «Нормы радиационной безопасности» и «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» [3].

В историческом контексте следует напомнить, что ещё в 1967 г., т.е. за 19 лет до чернобыльской аварии, отечественными учёными под руководством академика Л.А.Ильина на основании собственных экспериментальных данных и испытаний на добровольцах была составлена и утверждена Минздравом СССР Инструкция по йодной профилактике в случае радиационных аварий на ядерных реакторах. В 1970 г. Минздравом СССР были утверждены Временные методические указания для разработки мероприятий по защите населения в случае аварий ядерных реакторов.

В целом, к 1986 г. в СССР была сформирована целостная система регулирования радиационной безопасности персонала и населения.

Цель исследования – проанализировать характер, содержание, сроки и последовательность проведения радиационно-гигиенических защитных мероприятий при ликвидации последствий радиационной аварии на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г. и в последующие годы.

Материалы и методы исследования. Материалы исследования – задокументированный опыт работы по ликвидации последствий радиационной аварии на Чернобыльской АЭС.

Методы исследования – методы анализа и прогнозирования.

Результаты исследования и их анализ.

Деятельность специалистов в первые дни после аварии на Чернобыльской АЭС

Аварийная бригада Института биофизики, состоящая из врачей-радиологов, гигиенистов, дозиметристов и других специалистов, имевшая в своем распоряжении специальные укладки с дозиметрической аппаратурой, медикаментами и реактивами, прибыла в г.Припять в 14 ч 30 мин 27 апреля 1986 г., т.е. спустя 13 ч после аварии. В стационаре медико-санитарной части (МСЧ) Чернобыльской АЭС к этому времени уже находились более 100 пораженных, и их поступление продолжалось. Врачами-гигиенистами и дозиметристами ИБФ МЗ СССР совместно со службой радиационной безопасности ЧАЭС была проведена оценка радиационной обстановки, по итогам которой уже к 19 ч 27 апреля они

сформулировали научное обоснование и выступили с предложением об эвакуации населения 50-тысячного г.Припять, в первую очередь – беременных женщин и детей. Деятельность специалистов радиологической группы аварийной бригады, безотлагательно осуществлявших лечебно-профилактические и радиационно-гигиенические мероприятия, включала:

• проведение индивидуального дозиметрического контроля;

• определение и оценку показателей мощности дозы гамма-излучения;

• установление радиуса площадки, вне пределов которой исключалось развитие лучевой болезни;

• уточнение показаний к срочной эвакуации населения г.Припять и близлежащих поселков;

• участие в проведении радиационного контроля и других защитных мер [4].

В дальнейшем работа строилась по вахтовому методу – ежемесячно в зону работ направлялось от 40 до 80 специалистов. Более 2 тыс. специалистов были привлечены к организации и проведению мероприятий по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Учеными и инженерно-техническими работниками Института биофизики в кратчайший срок были разработаны нормативно-методические документы, устанавливающие конкретные нормативы и правила проведения работ по ликвидации последствий масштабной радиационной аварии в условиях осложненной радиационной обстановки (рис. 1).

Стратегия и практика чернобыльского радиационно-гигиенического нормирования и радиационной защиты населения

В результате аварии на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению (внутри изолинии 1 Ки/км^2 – 37 кБк/м^2) подверглась территория европейской части СССР площадью около 150 тыс. км^2, на которой проживало порядка 6 млн чел. В кратчайшие сроки предстояло разработать научно обоснованную стратегию действий государства по защите населения в этой беспрецедентной и жизненно важной ситуации. Группа учёных, в сотрудничестве со специалистами Госкомгидромета и Агропрома, под научным руководством академиков Л.А.Ильина и Ю.А.Израэля в течение двух недель после катастрофы впервые в мировой практике разработала Рекомендации по критериям возможности проживания населения, необходимости отселения и временной эвакуации на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС. В этом документе, утверждённом 22 мая 1986 г., были установлены аварийные регламенты облучения населения – 100 мЗв за первый год после аварии (с последующим снижением этой величины) и впервые осуществлено зонирование территорий по уровням гамма-излучения на местности. В зонах с высокими уровнями радиоактивного загрязнения – в т.н. зонах жёсткого контроля, где без принятия мер по ограничению жизнедеятельности населения дозовые нагрузки могли превысить 100 мЗв/год – проживали в 789 населённых пунктах 273 тыс. чел.

Рис. 1. Специалисты Института биофизики Минздрава СССР – участники ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС

Fig. 1. Specialists from the Institute of Biophysics – participants in the elimination of the consequences of the accident in Chernobyl

В этих зонах были введены способы ограничения жизнедеятельности населения – запрет на потребление молока и местных пищевых продуктов с заменой на «чистые» продукты, преимущественное пребывание людей в зданиях, а не на открытой местности и т.п. В последующем реальные оценки показали, что в результате таких ограничений удалось снизить дозовую нагрузку в 3 раза по сравнению с установленными регламентами [5].

Обеспечение радиационной безопасности населения, проживавшего в зонах радиоактивного загрязнения, потребовало многочисленных адаптаций допустимых уровней как внешнего, так и внутреннего облучения. Временный аварийный норматив 100 мЗв общего облучения был разделён на 50 мЗв внешнего и 50 мЗв внутреннего облучения.

Позже данный норматив был ужесточен: 30 мЗв – на 2-й год и до 25 мЗв – на 3-й и 4-й годы после аварии в соответствии с документом НКРЗ №129-ДСП/275-9 от 18 июля 1988 г. «Предел дозы для населения, устанавливаемый в связи с аварией на ЧАЭС на 1988 и 1989 календарные годы». 22 ноября 1988 г. НКРЗ утвердила концепцию «Предел индивидуальной дозы за жизнь, установленный для населения контролируемых районов РСФСР, БССР и УССР, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС» (таблица).

С целью реализации установленных дозовых регламентов специалистами Института биофизики в кратчайшие сроки были разработаны более тридцати нормативно-методических документов, устанавливающих конкретные нормативы и правила проведения работ по ликвидации последствий масштабной радиационной

Таблица / Table

Пределы доз для населения, установленные в связи с аварией на ЧАЭС, мЗв

Dose limits for the population established in connection with the Chernobyl accident, mSv

Год	Допустимая суммарная доза	Допустимые дозы облучения	
		внутреннее	внешнее
1986	**100**	50	50
1987	30	17	13
1988	25	17	8
1989	**25**	17	8

аварии в условиях осложненной радиационной обстановки. Также были оперативно разработаны аварийные допустимые уровни радионуклидов в самых разнообразных объектах: фураже, молоке, мясе, зерне, питьевой воде, одежде, лекарственных растениях, автотранспорте.

Среди первых регулирующих документов были:

• Временное допустимое содержание йода-131 в питьевой воде и продуктах питания – №4104-86 от 06.05.1986 г.;

• Временные допустимые уровни содержания радиоактивных веществ в продуктах питания, питьевой воде, лекарственных травах по суммарной бета-активности – №129-252 от 30.05.1986 г.;

• Временные уровни допустимого радиоактивного загрязнения кожных покровов, белья, одежды, обуви, транспортных средств, механизмов и средств индивидуальной защиты (мР/ч) на период ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС – №129-254, май 1986 г.;

• Временные санитарные требования безопасности при выполнении работ по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС – №32-1771, 12.07.1987 г.

Последствия аварии на Чернобыльской АЭС коснулись сотен тысяч людей и трёхмиллионного населения г.Киева – столицы Украины. 7 мая 1986 г. Политбюро ЦК Компартии Украины планировало эвакуацию всего детского населения и, следовательно, и большинства взрослых в т.н. «чистые» районы. Основываясь на научных данных о радиационной обстановке и её прогнозе, академики Ю.А.Израэль и Л.А.Ильин на заседании Политбюро ЦК КПУ выступили против этого предложения. В результате эта акция с очевидными тяжелыми социально-экономическими последствиями была предотвращена, а обоснованность позиции учёных в дальнейшем полностью подтвердилась [5].

Все защитные мероприятия, включая анализ радиационной обстановки и дозовые нагрузки на население пострадавших районов, позволили сделать предварительный прогноз возможных отдалённых последствий в виде онкологической заболеваемости среди населения. Через один год после событий в Чернобыле была показана крайне малая вероятность заболеваний радиационно индуцированными лейкозами и сóлидными раками, кроме ожидаемого роста количества злокачественных опухолей щитовидной железы у детского населения. В 1988 г. Научный комитет по действию атомной радиации (НКДАР) при ООН полностью одобрил этот прогноз и следующим образом оценил деятельность наших учёных: «Представленная СССР информация является исчерпывающей и очень ценной. Комитет считает, что он в долгу перед всеми авторами за их готовность поделиться своим опытом и желает отметить их профессиональное мастерство и человеческое сострадание, проявленное в связи со столь трагическими обстоятельствами» [6].

Радиационно-гигиеническое нормирование содержания радионуклидов в пищевых продуктах: переход от временно допустимых уровней к нормальной практике

В результате Чернобыльской аварии загрязнению в различной степени подверглось более 35 тыс. км^2 сельскохозяйственных земель и около 10 тыс. км^2 лесных угодий. В связи с этим имело место различное по уровням и масштабам радиоактивное загрязнение пищевых продуктов. Пероральное поступление радионуклидов с пищевыми продуктами являлось одним из значимых факторов радиационного воздействия на население, проживавшее на загрязненных территориях. Одной из главных задач, стоявших перед органами государственного санитарного надзора после возникновения аварии на Чернобыльской АЭС, являлось обеспечение радиационной безопасности населения, в том числе от потребления загрязненных пищевых продуктов. В связи с этим, как указывалось выше, устанавливались временные пределы доз годового облучения населения с учетом характера реальной радиационной обстановки, а также существующих в отечественной и международной практике подходов с выделением квот на дозы внешнего и внутреннего облучения. Радиационная безопасность от внутреннего облучения при потреблении пищевых продуктов достигалась соблюдением временных допустимых уровней (ВДУ) активности радионуклидов в продовольственном сырье и пищевых продуктах, определяемых на основании дозовых квот на внутреннее облучение. В первые месяцы аварии ВДУ для ^{131}I были определены на основании действующих в то время дозовых критериев и предназначались для кратковременного периода времени после аварии. Так, установленный в первые дни после аварии временный допустимый уровень активности ^{131}I в молоке – 3700 Бк·л$^{-1}$ – 6 мая 1986 г. был дополнен допустимым уровнем содержания ^{131}I в питьевой воде, молокопродуктах, рыбе, столовой зелени. В последующие стадии аварии основной вклад в дозу внутреннего облучения при пероральном поступлении с пищевыми продуктами давали долгоживущие радионуклиды ^{134}Cs, ^{137}Cs и ^{90}Sr. Нормативов по допустимым уровням данных радионуклидов в пищевых продуктах в то время не существовало. В связи с этим впервые в мире были утверждены ВДУ содержания ^{134}Cs, ^{137}Cs и ^{90}Sr в ряде пищевых продуктов. Временные допустимые уровни для этих аварийных радионуклидов рассчитывались исходя из установленных временных годовых квот на внутреннее облучение с учетом потребления конкретного пищевого продукта и радиоэкологических особенностей накопления радионуклидов на территориях, загрязненных в результате аварии. До 1990 г. ВДУ были установлены для ^{134}Cs, ^{137}Cs, а с 1991 г. и для ^{90}Sr. В дальнейшем дозовые квоты и, соответственно, ВДУ регулярно пересматривались в сторону снижения. Последние ВДУ были введены в 1993 г. исходя из квоты на ожидаемую эффективную дозу внутреннего облучения 5 мЗв в год и действовали до 1996 г. [7]. Важным аспектом такого нормирования являлся также выбор инструментально измеряемых радиометрических параметров и методик выполнения измерений с учетом существующего приборного парка для проведения массового радиометрического контроля населения.

К середине 1990-х гг. радиационная обстановка в зоне Чернобыльской аварии стабилизировалась. Основные мероприятия по смягчению последствий аварии, в том числе в сельском хозяйстве, были завершены. Снижение содержания аварийных радионуклидов в пищевых продуктах определялось, прежде всего, значениями их периодов полураспада. В 1996 г. – впервые в мире – были разработаны и введены в действие новые допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в продовольственном сырье и пищевых продуктах. Разработанные нормативы являлись обязательными на всей территории России для отечественной и импортной пищевой продукции.

При установлении допустимой удельной активности (ДУА) принципиальное отличие от ВДУ заключалось

в следующем. В отношении ДУА, в отличие от ВДУ, для молока и молокопродуктов устанавливались более «мягкие» уровни с целью развития сельскохозяйственного производства на загрязненных территориях. Для других пищевых продуктов, чтобы не допустить превышения дозы в 1 мЗв в год, устанавливались более «жесткие» допустимые уровни удельной активности.

Разработанные ДУА были включены в Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.560-96 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов», утвержденные Постановлением Госкомсанэпиднадзора России 24 октября 1996 г., и касались 114 наименований пищевых продуктов. Спустя годы, в связи с появлением новых тенденций в международном радиационно-гигиеническом нормировании, с выходом новых публикаций Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) [8] и возникновением противоречий в системе регламентации пищевых продуктов, принятые в России, Беларуси и Украине значения ДУА были скорректированы и в 2001 г. включены в новую редакцию СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы», утвержденную Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г.Онищенко 6 ноября 2001 г. Наиболее значимые изменения были внесены в 2010 г., после введения в действие документа «Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», разработанного в рамках Таможенного союза России, Беларуси и Казахстана. Следует отметить, что разработанные нормативы действуют и по сей день. Для реализации таких нормативов нами были разработаны методические документы по радиационному контролю [9].

Влияние Чернобыльской аварии на современные радиационно-гигиенические исследования в области обеспечения радиационной безопасности населения, проживающего в регионах размещения современных атомных электростанций

С учетом опыта ликвидации последствий Чернобыльской аварии, были пересмотрены требования к безопасности работ на АЭС, разработаны критерии для принятия решений о мерах по защите персонала и населения. Кроме того, на основе многолетнего опыта радиационно-гигиенического сопровождения работ на всех звеньях ядерного топливного цикла были разработаны «Санитарные правила проектирования предприятий и установок атомной промышленности» и «Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных электростанций».

В рамках дальнейшего совершенствования медико-санитарного обеспечения персонала АЭС и населения, проживающего в зоне наблюдения, считаем приоритетным проведение комплексного радиационно-гигиенического мониторинга (РГМ), включающего оценку состояния здоровья как персонала, так и населения [10] – рис. 2.

Радиационно-гигиенический мониторинг АЭС – это система контроля и оценки радиационной обстановки в окружающей среде, а также оценки воздействия радиации на здоровье населения. Он включает в себя регулярный мониторинг загрязнения атмосферы, почвы, воды, а также продуктов питания. Проведение РГМ позволяет отслеживать и определять динамику радиоактивного загрязнения, что помогает контролировать уровень радиационной опасности и принимать необходимые своевременные меры по предотвращению возможного негативного воздействия.

Начиная с 90-х гг. XX в., на протяжении последних десятилетий специалисты Отдела радиационной безопасности населения ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России провели комплекс радиационно-гигиенических исследований с последующей разработкой рекомендаций и оценкой состояния здоровья населения, проживающего вблизи действующих радиационно опасных объектов первой категории, в том числе атомных электростанций. Главными решаемыми задачами являются:

- разработка и реализация программ РГМ на всех этапах жизненного цикла АЭС;
- определение возможной связи между заболеваемостью населения и функционированием АЭС;

Рис. 2. Радиационно-гигиеническое нормирование после аварии на ЧАЭС
Fig. 2. Radiation and health physics regulation after the Chernobyl NPP accident

• разработка нормативных и методических документов по обеспечению радиационной безопасности;

• разработка методик и методов контроля радионуклидов в объектах окружающей среды.

Впервые апробация возможности реализации РГМ была осуществлена в ходе выполнения работ на Волгодонской (ныне – Ростовская) и Калининской АЭС, когда решались две задачи: получение фоновых значений состояния здоровья и окружающей среды, а также их сравнение с контролем. Подобное исследование было проведено впервые в мировой практике. Отсутствие таких данных до и после аварии на Чернобыльской АЭС, т.е. отработанного варианта сравнения по двум задачам, повлекло за собой необъективные оценки последствий аварии. Как уже упоминалось выше, в конце 1960-х – начале 1970-х гг. ИБФ МЗ СССР проводил исследования по оценке радиационно-гигиенической обстановки («нулевого» фона) в районах практически всех строящихся АЭС Советского Союза. Сохранение такой информации спустя много лет позволяет достоверно оценивать степень и характер влияния атомных электростанций на природную среду и человека. Как известно специалистам, ценность таких наблюдений определяется их длительностью и непрерывностью. Например, представляемые результаты РГМ по регионам Калининской и Нововоронежской АЭС охватывали временной период около 50 лет. Таким образом, получаемая в ходе наших исследований информация необходима для определения масштабов влияния возможных последствий многолетней эксплуатации атомных объектов на окружающую среду и здоровье населения [11].

Многолетний опыт послечернобыльского РГМ показывает, что в нормальном режиме работы радиоактивное загрязнение в регионах расположения АЭС России *незначительно* по сравнению с естественным фоном и практически не оказывает значимого влияния на дозы облучения населения и объекты окружающей среды.

В настоящее время продолжается проведение комплексного мониторинга воздействия профессиональных факторов радиационной и нерадиационной природы на состояние здоровья и окружающую среду в районах размещения АЭС. В 2018-2021 гг. была дана оценка репродуктивного здоровья мужчин из числа персонала основных цехов Калининской, Курской, Смоленской и ряда других АЭС России.

Радиационно-гигиенический мониторинг территорий включает оценку состояния здоровья населения исследуемых территорий. Особенностью такой оценки в зоне возможного влияния радиационного фактора является особое внимание к здоровью «критических» групп населения, т.е. групп населения, подвергающихся наибольшему радиационному воздействию по данному пути облучения от данного источника излучения. Кроме того, в комплексной оценке состояния здоровья населения, проживающего вблизи радиационно опасных объектов в условиях йодного дефицита (зобной эндемии), риск радиационных поражений щитовидной железы – *увеличивается*, поэтому необходима оценка степени йодной недостаточности и уровня эндемических заболеваний щитовидной железы. Кроме того, оценивается заболеваемость детей лейкозами и смертность от лейкозов как наиболее радиационно-зависимых опухолей. В рамках экспертных и прогнозных оценок состояния здоровья населения для оценки генетического здоровья используется частота и спектр врождённых пороков развития. Для характеристики состояния здоровья используются показатели заболеваемости, структура хронических заболеваний, инвалидность и смертность. Контролируются изменения в динамике за 5-летний период и появление возможных радиационных эффектов [12] – рис. 3.

Радиационно-гигиенический мониторинг и его результаты играют ключевую роль в формировании стратегии коммуникации с населением. Предоставление обществу актуальной и достоверной информации о радиационном состоянии окружающей среды и его влиянии на здоровье населения является фундаментальным элементом обеспечения доверия общества к деятельности в области атомной энергетики. Результаты РГМ помогают идентифицировать потенциальные риски и угрозы, а также разрабатывать соответствующие меры по их минимизации и предотвращению.

Извлечённые уроки: пересмотр организационных принципов йодной профилактики

Профилактика с помощью стабильного йода является важнейшим защитным мероприятием и составной частью плана общего реагирования на радиационную аварию ядерного реактора. Её основные принципы были сформулированы группой ученых под руководством академика Л.А.Ильина еще в середине 60-х годов прошлого века. В соответствии с первой инструкцией решение о начале профилактики определялось ожидаемой дозой в щитовидной железе за счет поступления радиоактивного йода в организм пораженных. Однако авария на Чернобыльской АЭС показала, что условия развития, состав и характер распространения радиоактивных выбросов, а также формирование

Рис. 3. Методология изучения состояния здоровья
Fig. 3. Methodology for studying health status

доз облучения населения отличаются от принятых ранее прогностических моделей аварии. Авария на Чернобыльской АЭС развивалась по катастрофическому сценарию: радиоактивные выбросы из разрушенного реактора продолжались в течение 10 сут, распространялись на огромные территории европейской части СССР, вовлекая в орбиту радиационного воздействия десятки миллионов людей. Поэтому после аварии на Чернобыльской АЭС в системе радиационной защиты были пересмотрены организационные принципы проведения йодной профилактики и величина ожидаемых доз для принятия решения о ее начале с учетом ингаляционного поступления радиоизотопов йода. Опыт преодоления последствий аварии 1986 г. был использован для оптимизации схемы йодной профилактики при авариях на ядерных установках. В 2010 г. специалистами ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России было разработано действовавшее до 2023 г. Руководство по йодной профилактике в случае возникновения радиационной аварии. В 2023 г., после участившихся атак ВСУ на Запорожскую АЭС в ходе проведения Специальной военной операции (СВО), это Руководство было вновь доработано и утверждено Руководителем Федерального медико-биологического агентства В.И.Скворцовой.

Влияние аварии на Чернобыльской АЭС на международное и отечественное радиационно-гигиеническое нормирование. Перспективы совершенствования системы радиационной безопасности и регулирования

После Чернобыльской аварии требования к безопасности АЭС стали значительно жестче. Основным требованием общественности стало обеспечение гарантированной безопасности не только для работающего на станции персонала, но и для населения, постоянно проживающего в зоне влияния АЭС.

Во многом под влиянием чернобыльского опыта МКРЗ и Международное агентство по атомной энергетике (МАГАТЭ) существенно развили международную систему радиационной защиты, выпустив в свет в 2007 г. новые фундаментальные рекомендации МКРЗ – Публикация 103 [13] и новые стандарты безопасности МАГАТЭ (2014). Важными для российского регулирования обеспечения радиационной безопасности, связанной с эксплуатацией АЭС, являются следующие новые положения системы радиационной защиты:

- отказ от концепции «практики и вмешательства» и замена её на три вида ситуаций облучения: планируемое, существующее и аварийное;
- введение граничной дозы и референтных уровней для всех ситуаций облучения в зависимости от категории облучаемых лиц;
- усиление роли внедрения в практическую деятельность принципа оптимизации защиты.

В соответствии с принятием новых положений в России в настоящее время обсуждаются новые проекты НРБ-2025 и ОСПОРБ-99/2025. Одновременно обсуждается новый закон «О радиационной безопасности населения». Ранее в законодательстве Российской Федерации в области обеспечения радиационной безопасности аварийное облучение рассматривалось с точки зрения «вмешательства», а ситуация с хроническим послеаварийным облучением населения, как это было в постчернобыльский период, регулировалась посредством установления критериев «вмешательства» на радиоактивно загрязненных территориях – справочное Приложение 5 к НРБ -99/2009. Тем самым, законодательно не был предусмотрен выход из аварии и переход к нормализации ситуации. С учетом новых изменений в системе радиационной безопасности, этот переход к нормальности полностью соответствует ситуации существующего облучения. Необходимо также отметить недостаток нормативно-методических руководств по реабилитации загрязненных после аварии территорий и возврату к нормальной жизнедеятельности. Всё это лишний раз подчеркивает необходимость внесения в Закон о радиационной безопасности населения и в действующие НРБ -99/2009 новых понятий о ситуациях облучения. В дальнейшем необходимо консолидировать усилия ФМБА России, Роспотребнадзора, Ростехнадзора, Минприроды России по разработке требований и правил радиационной защиты населения в ситуации существующего облучения для территорий, загрязненных радионуклидами после аварий на Чернобыльской АЭС и на ПО «Маяк», а также территорий с повышенным естественным радиационным фоном. Кроме того, потребуется разработать и внедрить специализированные гигиенические руководства по применению референтных уровней при радиационно-гигиеническом мониторинге как в ситуации планируемого, так и в ситуации существующего облучения. В целом, отмеченные предложения позволят гармонизировать отечественные регулирующие документы с международной системой радиационной защиты.

Оптимизация радиационной защиты при функционировании российских АЭС

Положительный пример хорошо укоренившегося применения принципа оптимизации радиационной защиты на должном уровне в Российской Федерации демонстрируют материалы по отечественным АЭС. В регулирующих документах по этой проблеме, в частности в Санитарных правилах проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03), уже на протяжении более 20 лет прописана и соблюдается дозовая квота от предела дозы для населения, равная 25%, т.е. 0,25 мЗв в год. Дозовая квота в отечественном регулировании подразумевает или является аналогом граничной дозы в ситуации планируемого облучения. Действующее в настоящее время значение дозовой квоты на АЭС в размере 0,25 мЗв/год соответствует рекомендациям МКРЗ для граничной дозы (равной 0,3 мЗв в год), устанавливаемой при оптимизации радиационной защиты населения от действующего или потенциального источника излучения. Эта дозовая квота соответствует также практике других стран, развивающих ядерную энергетику.

Для действующих российских АЭС установлена квота на облучение населения, равная 0,25 мЗв/год, а для проектируемых и строящихся АЭС – 0,1 мЗв/год. Данные квоты устанавливаются на суммарное облучение населения от радиоактивных газоаэрозольных выбросов в атмосферу и жидких сбросов в поверхностные водоемы в целом для АЭС, независимо от количества энергоблоков на промышленной площадке.

Тем самым, нормируемые в отечественном законодательстве допустимые выбросы радионуклидов в атмосферу и допустимые сбросы основаны на принципе оптимизации и концепции приемлемого риска, когда нижняя граница области оптимизации риска для отдельного источника излучения (в данном случае – АЭС) принимается равной 10^{-6} год$^{-1}$, что соответствует годовой эффективной дозе ~10 мкЗв/год. Ниже этого уровня нет необходимости дальнейшего снижения доз облучения населения, т.е. использования дополнительной радиационной защиты. Таким образом, значение установленной «квоты»

рассматривается как верхняя граница возможного облучения населения от радиационных факторов при оптимизации этой защиты в режиме нормальной эксплуатации АЭС, а установленные значения являются результатом оптимизационного подхода на основе анализа «польза-вред».

Заключение

Авария на Чернобыльской АЭС изменила ход развития атомной энергетики, заставила пересмотреть подходы к обеспечению безопасности ядерных энергетических установок, что нашло отражение на вводимых в эксплуатацию АЭС.

В настоящее время в рамках дальнейшего совершенствования медико-санитарного обеспечения персонала АЭС и населения, проживающего в зоне наблюдения, считаем приоритетным проведение комплексного мониторинга состояния окружающей среды и здоровья. Получаемая в ходе наших исследований информация необходима для определения масштабов влияния возможных последствий многолетней эксплуатации атомных объектов на окружающую среду и здоровье населения.

Гигиенический опыт оценки ликвидации последствий чернобыльских событий создал научно обоснованную базу обеспечения радиационной безопасности с практической реализацией основных положений в действующих регулирующих документах. Вместе с тем, имеются достаточно веские основания для дальнейшего совершенствования системы радиационной безопасности и её регулирования в Российской Федерации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Шандала Н.К., Киселёв С.М., Квачева Ю.Е., Серегин В.А., Семенова М.П., Метляев Е.Г.* Радиационная гигиена и безопасность населения. Отделу радиационной безопасности населения 70 лет. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2024. 122 с.

2. *Шандала Н.К., Самойлов А.С., Серегин В.А., Киселёв С.М., Квачева Ю.Е., Метляев Е.Г., Кочетков О.А., Клочков В.Н., Титов А.В., Колышкин А.Е., Семенова М.П.* Роль радиационной гигиены в обеспечении радиационной защиты и безопасности населения и персонала на примере деятельности ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2025. Т.70. №3. С. 34-47. Doi:10.33266/1024-6177-2025-70-3-34-47.

3. *Квачева Ю.Е., Самойлов А.С., Шандала Н.К.* Ученый, новатор, наставник, общественный деятель – к 95-летию академика РАН Л.А. Ильина // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2023. Т.68. №4. С. 5–13. Doi: 10.33266/1024-6177-2023-68-4-5-13.

4. *Квачева Ю.Е., Шандала Н.К., Паринов О.В., Метляев Е.Г., Лебедев А.О.* Вопросы научного обеспечения радиационной безопасности на основе опыта преодоления последствий Чернобыльской аварии // Медицина катастроф. 2021. №3. С. 10-19. Doi: 10.33266/2070-1004-2021-3-10-19.

5. *Шандала Н.К.* Гигиенические проблемы уменьшения отдаленных медицинских последствий облучения населения при атомных авариях (на материалах аварии на ЧАЭС): Автореф. дис. ... докт. мед. наук: М., 1997. 51 с.

6. *Ильин Л.А.* Реалии и мифы Чернобыля. М.: ALARA, 1994. 445 с.

7. *Шандала Н.К., Титов А.В., Метляев Е.Г.* Проблемы аварийного нормирования содержания радионуклидов в пищевых продуктах: переход от временно допустимых уровней к нормальной практике // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2016. Т.61. №3. С. 98-102.

8. Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure. ICRP Publication 82: Ann. ICRP. 1999. V.29. No.3–4. 144 p.

9. Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка: Методические указания. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 32 с.

10. *Ильин Л.А., Шандала Н.К., Савкин М.Н.* и др. Место и роль радиационно-гигиенического мониторинга в системе социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. 2004. №5. С. 9-15.

11. *Шандала Н.К., Коренков И.П., Романов В.В.* Состояние радиационно-гигиенической обстановки в районе размещения АЭС // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2015. Т.60. №2. С. 15-21.

12. Экспертные и прогнозные оценки состояния здоровья населения в районах размещения атомных станций: Методические указания. МУ 2.6.5.032-2014. М., 2014. 30 с.

13. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / Пер. с англ.; под общ.ред. Киселёва М.Ф. и Шандалы Н.К. М.: Алана, 2009. 344 с.

REFERENCES

1. Shandala N.K., Kiselov S.M., Kvacheva Yu.Ye., Seregin V.A., Semenova M.P., Metlyayev Ye.G. *Radiatsionnaya Gigiyena i Bezopasnost' Naseleniya. Otdelu Radiatsionnoy Bezopasnosti Naseleniya 70 Let* = Radiation Hygiene and Safety of the Population. The Department of Radiation Safety of the Population is 70 Years old. Moscow, FMBTS im. A.I. Burnazyana FMBA RossiiPubl., 2024. 122 p. (In Russ.).

2. Shandala N.K., Samoylov A.S., Seregin V.A., Kiselov S.M., Kvacheva YU.Ye., Metlyayev Ye.G., Kochetkov O.A., Klochkov V.N., Titov A.V., Kolyshkin A.Ye., Semenova M.P. The Role of Radiation Hygiene in Ensuring Radiation Protection and Safety of the Population and Personnel: the Example of the Activities of the A.I. Burnazyan Federal Medical and Biological Center. Burnazyan FMBA of Russia. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2025;70;3:34-47 (In Russ.). Doi: 10.33266/1024-6177-2025-70-3-34-47.

3. Kvacheva Yu.Ye., Samoylov A.S., Shandala N.K. Scientist, Innovator, Mentor, Public Figure – on the 95th Anniversary of Academician of the Russian Academy of Sciences L.A. Ilyin. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2023;68;4:5–13 (In Russ.). Doi: 10.33266/1024-6177-2023-68-4-5-13.

4. Kvacheva Yu.Ye., Shandala N.K., Parinov O.V., Metlyayev Ye.G., Lebedev A.O. Issues of Scientific Support for Radiation Safety Based on the Experience of Overcoming the Consequences of the Chernobyl Accident. *Meditsina Katastrof* = Disaster Medicine. 2021;3:10-19. Doi: 10.33266/2070-1004-2021-3-10-19.

5. Shandala N.K. *Gigiyenicheskiye Problemy Umen'sheniya Otdalennykh Meditsinskikh Posledstviy Oblucheniya Naseleniya pri Atomnykh Avariyakh (na Materialakh Avarii na CHAES)* = Hygienic Problems of Reducing the Late Medical Consequences of Population Exposure to Nuclear Accidents (based on the Chernobyl Accident). Extended of Doctors Thesis (Med.). Moscow Publ., 1997. 51 p. (In Russ.).

6. Il'in L.A. *Realii i Mify Chernobylya* = Realities and Myths of Chernobyl. Moscow, ALARA Publ., 1994. 445 p. (In Russ.).

7. Shandala N.K., Titov A.V., Metlyayev Ye.G. Problems of Emergency Regulation of Radionuclide Content in food Products: Transition from Temporarily Permissible Levels to Normal Practice. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2016;61;3:98-102 (In Russ.).

8. Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure. ICRP Publication 82. Ann. ICRP. 1999;29;3–4:144.

9. *Radiatsionnyy Kontrol'. Strontsiy-90 i Tseziy-137. Pishchevyye Produkty. Otbor Prob, Analiz i Gigiyenicheskaya Otsenka* = Radiation Monitoring. Strontium-90 and Cesium-137. Food Products. Sampling, Analysis and Hygienic Assessment. Methodological Guidelines. Moscow, Federal'nyy Tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii Publ., 2003. 32 p. (In Russ.).

10. Il'in L.A., Shandala N.K., Savkin M.N., et al. The Place and Role of Radiation-Hygienic Monitoring in the System of Social-Hygienic Monitoring. *Gigiyena i Sanitariya* = Hygiene and Sanitation. 2004;5:9-15 (In Russ.).

11. Shandala N.K., Korenkov I.P., Romanov V.V. Status of the Radiation-Hygienic Situation in the Area of Nuclear Power Plant Placement. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2015;60;2:15-21 (In Russ.).

12. *Ekspertnyye i Prognoznyye Otsenki Sostoyaniya Zdorov'ya Naseleniya v Rayonakh Razmeshcheniya Atomnykh Stantsiy* = Expert and Predictive Assessments of the State of Public Health in Areas where Nuclear Power Plants are Located. Methodological Guidelines. MU 2.6.5.032-2014. Moscow Publ., 2014. 30 p. (In Russ.).

13. *Publikatsiya 103 Mezhdunarodnoy Komissii po Radiatsionnoy Zashchite (MKRZ)* = Publication 103 of the International Commission on Radiation Protection (ICRP). Ed. Kiselev M.F., Shandala N.K. Moscow, Alana Publ., 2009. 344 p. (In Russ.).

Материал поступил в редакцию 13.02.26; статья принята после рецензирования 17.02.26; статья принята к публикации 16.09.26
The material was received 13.02.26; the article after peer review procedure 17.02.26; the Editorial Board accepted the article for publication 16.09.26