

Л.А. Ильин², В.К. Иванов¹, И.И. Линге³, В.В. Кашеев¹, О.А. Кочетков², А.Р. Туков², И.Л. Шафранский²

МЕДИЦИНСКИЕ РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ СПУСТЯ 35 ЛЕТ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

¹Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии»
Минздрава России, Обнинск

²Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

³Институт проблем безопасного развития атомной энергетики
Российской академии наук, Москва

Контактное лицо: Туков Александр Романович : atukov40@mail.ru

РЕФЕРАТ

Цель: В статье, подготовленной по материалам заключения Российской научной комиссии по радиологической защите (РНКРЗ) при Отделении медицинских наук РАН «Оценка радиологических последствий чернобыльской аварии спустя 35 лет по данным Национального радиационно-эпидемиологического регистра» (НРЭР), рассматриваются основные выводы проведенных крупномасштабных радиационно-эпидемиологических исследований.

Материал и методы: В работе используется информация НРЭР и Отраслевого регистра ФМБА России о ликвидаторах последствий аварии на ЧАЭС. При оценке избыточного относительного риска злокачественных новообразований использовался пакет статистических программ EPICURE.

Результаты работы: Подчеркивается текущий статус Национального радиационно-эпидемиологического регистра, функционирующего в настоящее время в рамках закона РФ от 30.12.2012 г. № 329-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части обеспечения учета изменений состояния здоровья отдельных категорий граждан, подвергшихся радиационному воздействию». В статье впервые в интегральном виде приводятся медицинские радиологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС для населения России. Установлено, что повышение частоты заболеваемости раком щитовидной железы за счет инкорпорированного облучения ¹³¹I выявлено в когорте детей и подростков (28 856 человек), получивших в 1986 г. дозы облучения более 200 мГр. Среди взрослого населения не выявлено повышения частоты заболеваемости раком щитовидной железы. Анализ заболеваемости солидными раками на загрязненных радионуклидами территориях Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей не выявил повышения частоты этой патологии для детского и взрослого населения. Показано, что в когорте ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС, получивших дозы облучения более 150 мГр (35 303 человека), было выявлено повышение частоты заболеваемости лейкозами в течение первых 11 лет после аварии на Чернобыльской АЭС и солидными раками по сравнению со спонтанным уровнем.

Выводы: Указывается на серьёзные ограничения, связанные с высокой степенью неопределённости в полученных персональных дозиметрических данных по ликвидаторам 1986–1987 гг., и на необходимость использования для расчёта радиационного риска суммарной дозы от всех видов облучения (профессионального, аварийного, медицинского, природного). РНКРЗ подчёркивает высокую актуальность продолжения работ по снижению неопределённости данных дозиметрии и оценке радиологических последствий Чернобыльской аварии на основе комплексного анализа данных НРЭР.

Ключевые слова: Российская научная комиссия по радиологической защите при Отделении медицинских наук РАН, Национальный радиационно-эпидемиологический регистр, медицинские радиологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС для населения и ликвидаторов, технология RADRUE, суммарная доза облучения, медико-социальная реабилитация

Для цитирования: Ильин Л.А., Иванов В.К., Линге И.И., Кашеев В.В., Кочетков О.А., Туков А.Р., Шафранский И.Л. Медицинские радиологические последствия спустя 35 лет после аварии на Чернобыльской АЭС // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2021. Т. 66. № 6. С. 5–9.

DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-6-5-9

Введение

Российская научная комиссия по радиологической защите (РНКРЗ) при Отделении медицинских наук РАН приняла заключение «Оценка радиологических последствий чернобыльской аварии спустя 35 лет по данным Национального радиационно-эпидемиологического регистра». Рассмотрим основные выводы указанного заключения РНКРЗ.

НРЭР был создан в 1986 г. по инициативе академика РАН Л.А. Ильина (июнь 1986 г.) и приказа Минздрава СССР № 833-дсп от 23.06.1986 г.

В соответствии с законом Российской Федерации «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части обеспечения учета изменений состояния здоровья отдельных категорий граждан, подвергшихся радиационному воздействию» от 30.12.2012 г. № 329-ФЗ, НРЭР представляет собой государственную информационную систему персональных данных граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий, ядерных испытаний и иных радиационных катастроф и инцидентов, созданную в целях

обеспечения учёта изменений состояния здоровья этих граждан в течение их жизни [1].

На 1 января 2021 г. на федеральном уровне НРЭР зарегистрированы 814202 человек, относящихся к категориям наблюдения из «Чернобыльского контингента» (табл. 1). Около половины зарегистрированных – жители загрязнённых районов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей; ещё четверть – ликвидаторы (198 690 человек). Больше всего ликвидаторов зарегистрировано в Центральном, Приволжском и Южном федеральных округах (24, 19 и 16 % от общего числа ликвидаторов соответственно) [2].

Важно подчеркнуть, что НРЭР по статистической мощности значительно превосходит регистр лиц, переживших атомную бомбардировку в Хиросиме и Нагасаки, созданный в 1945 г.

Персональные данные, внесенные в базы данных НРЭР, включают информацию о результатах мониторинга изменений состояния здоровья, проводимого в регионах врачами различных специальностей. Данные об индивидуальной дозе облучения ликвидаторов заносятся в регистр в соответствии с официальной справкой, вы-

Таблица 1

Распределение зарегистрированных в НРЭР лиц из «Чернобыльского контингента» по основным категориям наблюдения
Distribution of persons from the "Chernobyl contingent" registered in the NRED by the main categories of observation

Категории наблюдения	Число зарегистрированных	% от общего числа зарегистрированных
Контингенты, включённые в регистр всего, в том числе:	814202	100,0
Ликвидаторы всего, в том числе по году въезда в зону:	198690	24,4
1986	91870	от ликвидаторов всего: 46,3
1987	64033	32,2
1988–1990	42787	21,5
Эвакуированные и выехавшие из зон радиационного воздействия	147336	18,1
Проживающие (проживавшие) на загрязнённых территориях Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей с плотностью загрязнения по ^{137}Cs свыше 185 кБк/м ² (5 Ки/км ²)	374416	46,0
Дети, рождённые от ликвидаторов	43884	5,4
Прочие «чернобыльские» категории	49876	6,1

данной непосредственно перед выездом из 30-км зоны. Документально подтвержденные дозы внешнего облучения имеют ~70 % ликвидаторов (141 157 человек). Для проведения радиационно-эпидемиологических исследований для лиц, проживающих на загрязнённых территориях Брянской, Орловской, Калужской и Тульской областей, в регистр внесены индивидуальные реконструированные дозы облучения щитовидной железы, годовые дозы внешнего и внутреннего облучения.

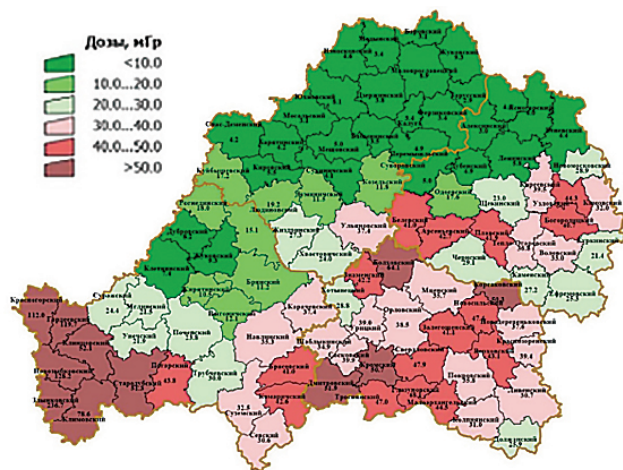


Рис. 1. Дозы облучения щитовидной железы детей и подростков 4 областей России (Брянская, Калужская, Орловская и Тульская)
Fig. 1. Doses of thyroid gland irradiation in children and adolescents in 4 regions of Russia (Bryansk, Kaluga, Oryol and Tula)

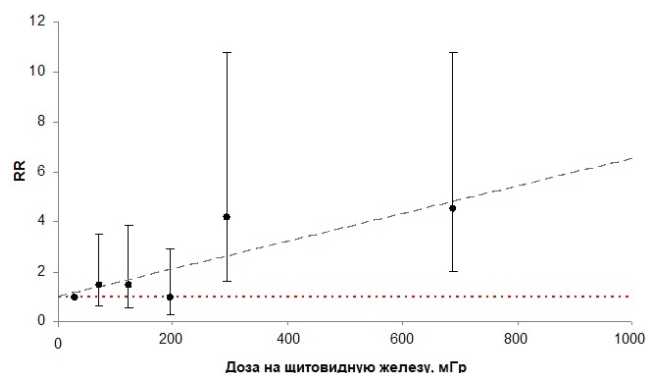


Рис. 2. Относительный риск (RR) заболеваемости раком щитовидной железы среди детей и подростков (≤17 лет) в различных дозовых группах
Fig. 2. Relative risk (RR) of thyroid cancer among children and adolescents (≤17 years) in different dose groups

НРЭР является территориально-распределённой информационной системой, включающей: единую федеральную базу данных (находящуюся в головной организации в системе НРЭР – МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России), региональные сегменты (в субъектах Российской Федерации) и ведомственные подрегистры. Единая федеральная база данных (ЕФБД) регистра включает информацию из всех 85 региональных сегментов и 4 ведомственных подрегистров (Минобороны России, МВД России, МЧС России, ФМБА России).

Основные данные радиационно-эпидемиологического анализа НРЭР по когортам населения, проживавшего и проживающего на загрязнённых радионуклидами территориях Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей, и по ликвидаторам следующие [3, 4]:

А. Население

На рис. 1 показаны дозы облучения щитовидной железы у детей и подростков 4-х областей России (Брянской, Калужской, Орловской и Тульской). Как и следовало ожидать, наиболее высокие дозы облучения щитовидной железы получили дети и подростки юго-западных районов Брянской области.

А1. Выявлено повышение частоты заболеваемости раком щитовидной железы (РЩЖ) среди детей и подростков в 1986 г., получивших дозы облучения от инкорпорированного ^{131}I более 200 мГр (28 856 человек) по сравнению со спонтанным уровнем.

А2. Установлено, что среди детей и подростков в 1986 г., проживавших на загрязнённых радионуклидами территориях и включённых в систему НРЭР, частота заболеваемости РЩЖ возросла на 20,6 % по сравнению со спонтанным уровнем ($\text{ERR}/\text{Гр}=3,22$; 95 % ДИ (1,56; 5,81)).

Как видно из рис. 2, в диапазоне доз облучения щитовидной железы инкорпорированным ^{131}I до 200 мГр частота заболеваемости РЩЖ у детей и подростков статистически незначимо отличается от спонтанного уровня.

А3. Среди взрослого населения загрязнённых радионуклидами территорий не выявлено повышения частоты заболеваемости РЩЖ.

А4. Среди детского и взрослого населения, проживающего на загрязнённых радионуклидами территориях, с учетом полученных доз облучения не выявлено повышение частоты заболеваемости и смертности от солидных раков по сравнению со спонтанным уровнем.

А5. Полученные данные для населения загрязнённых территорий были использованы рабочей группой МАГАТЭ при оценке радиационных рисков с участием НРЭР и при подготовке монографии о радиологических последствиях аварии в Фукусиме (The Fukushima Daiichi Accident, Technical Volume 4/5, Radiological Consequences, IAEA, 2015).

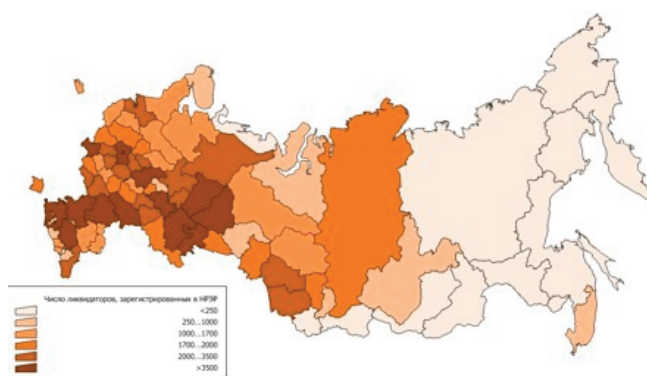


Рис. 3. Численность ликвидаторов по регионам проживания
Fig. 3. The number of liquidators by region of residence

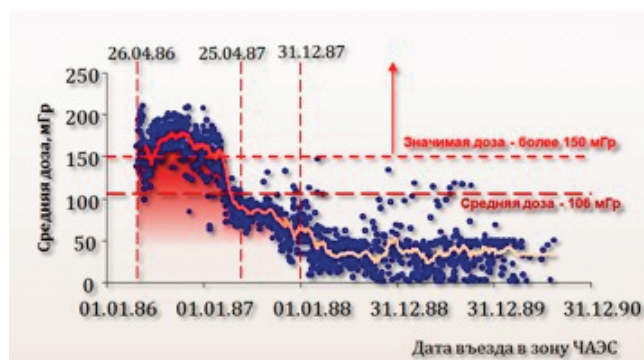


Рис. 4. Дозовые характеристики когорты ликвидаторов
Fig. 4. Dose characteristics of the cohort of liquidators

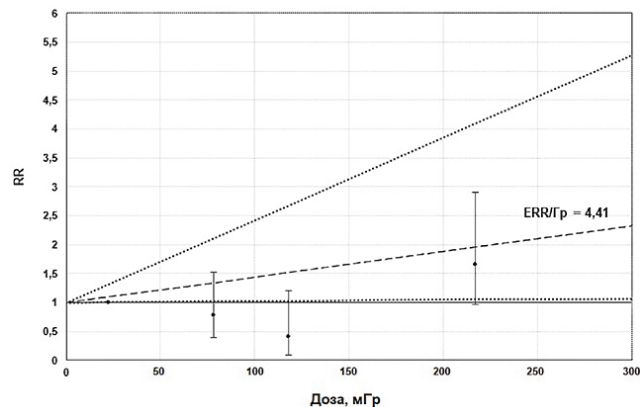


Рис. 5. Относительный радиационный риск (RR) заболеваемости ликвидаторов лейкозами для периода наблюдения 1986–1997 гг.
Fig. 5. Relative radiation risk (RR) of leukemia among liquidators for the observation period 1986–1997

Б. Ликвидаторы

В настоящее время НРЭР включает индивидуальные медико-дозиметрические данные на 198 690 участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, проживающих в различных регионах Российской Федерации (рис. 3). Наибольшее число ликвидаторов проживает в Краснодарском крае (11 911 человек), Ростовской области (9 606 человек), Москве (7 197 человек), Свердловской области (5 655 человек), Волгоградской области (5 319 человек).

Относительно высокие лучевые нагрузки (дозы облучения) получили ликвидаторы, принимавшие участие в работах в 30-км зоне Чернобыльской АЭС в течение первого года после аварии (рис. 4).

Б1. Результаты эпидемиологического анализа по когорте ликвидаторов имеют серьезные ограничения, связанные с высокой степенью неопределенности в полученных персональных дозиметрических данных по ликвидаторам 1986–1987 гг. [5–7].

Крайне важно наряду с дозами облучения, обусловленными аварией на Чернобыльской АЭС, учитывать в технологии оценки возможных канцерогенных рисков лучевые нагрузки за счёт профессионального, медицинского и природного облучения. Тем более что это положение подтверждается требованиями директивных документов:

Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) – «Суммарная доза от всех видов облучения используется для оценки радиационной обстановки и ожидаемых медицинских последствий, а также для обоснования защитных мероприятий и оценки их эффективности» [8]. Кроме того, закон «О радиационной безопасности населения от 5 декабря 1995 года (с изменениями на 19 июля 2011 года)» [9] так же гласит в статье 13. Оценка состояния радиационной безопасности п. 2. «Оценка радиационной безопасности осуществляется по следующим основным показателям: анализ доз облучения, получаемых отдельными группами населения от всех источников ионизирующего излучения». К сожалению, ни один медико-дозиметрический регистр в стране и в мире не соответствует этим требованиям.

Б2. У ликвидаторов, получивших дозы внешнего облучения более 150 мЗв (по данным Российского Регистра), в течение первых 11 лет после аварии на Чернобыльской АЭС выявлено повышение на 28,6 % частоты заболеваемости лейкозами по сравнению со спонтанным уровнем ($ERR/Gy=4,41$; 95 % ДИ (0,24; 14,23)). За период с 1998 г. по настоящее время статистически значимых радиационных рисков этой патологии не обнаружено.

Величина относительного риска (RR) радиационно-обусловленной заболеваемости лейкозами среди ликвидаторов в зависимости от полученных доз облучения показана на рис. 5. Из него видно, что статистически значимое повышение этой патологии зарегистрировано в дозовом диапазоне более 150 мГр.

Б3. Радиационно-эпидемиологическое исследование заболеваемости потомков первого поколения (детей) ликвидаторов показало отсутствие статистически значимых радиационных рисков.

Б4. На основании расчётных оценок среди ликвидаторов, получивших дозы внешнего облучения более 150 мЗв (35 303 человека), можно ожидать повышения на 5,2 % частоты заболеваемости солидными раками по сравнению со спонтанным уровнем (пищевода, желудка и толстой кишки – МКБ-10: C15–C16, C18–C21; трахеи, бронхов и лёгкого – МКБ-10: C33–C34) ($ERR/Gy=0,62$; 95 % ДИ (0,29; 0,98)). Однако при учёте доз профессионального, медицинского и природного облучения удельный вес влияния аварийного (чернобыльского) облучения будет снижен [3, 4].

В рамках радиационно-эпидемиологического анализа и с целью повышения статистической мощности исследований когорты ликвидаторов была разбита на 3 дозовые группы: до 50 мГр – контроль; 50–150 мГр; 150 мГр и более. На рис. 6 показано, что статистически значимый относительный риск повышения частоты заболеваемости ликвидаторов солидными раками может наблюдаться также в дозовой группе 150 мГр и более.

Б5. По прогнозным моделям НКДАР ООН и фактическим данным НРЭР к 2030 г. доля радиационно-обусловленной смертности ликвидаторов от онкологических заболеваний может составить 2,7 % от общего числа прогнозируемых случаев смертности. Этот показатель

Таблица 2

Распределение ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС на основе данных о дозах внешнего облучения по дозовым стратам
Distribution of liquidators of the Chernobyl accident consequences by data on external radiation doses by dose strata

Дозы ЧАЭС, мЗв			Дозы ЧАЭС+проф., мЗв		
Дозовая группа	Число ликвидаторов	Средняя доза	Дозовая группа	Число ликвидаторов	Средняя доза
0,1-4,0	2831	2,2	0,2-4,99	2544	2,25
4,1-12,0	2256	7,88	5,0-16,7	2600	9,59
12,1-33,0	2366	20,93	17,0-50,9	2629	31,64
≥33,1	2436	57,62	≥51,0	2580	87,01

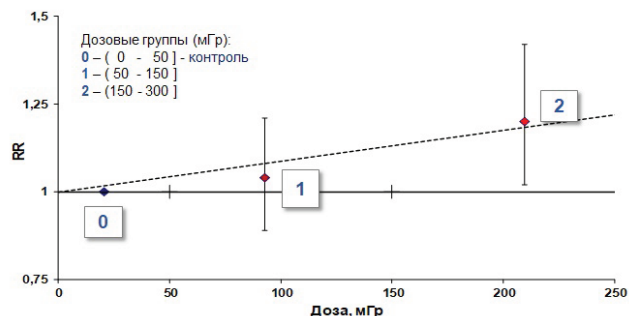


Рис. 6. Дозовая зависимость относительного риска заболеваемости ликвидаторов солидными раками

Fig. 6. Dose dependence of the relative risk of incidence of solid cancers among liquidators

будет снижен при учёте доз профессионального, медицинского и природного облучения.

Материалы НРЭР широко опубликованы в ведущих отечественных и международных научных журналах («Радиация и риск», «Медицинская радиология и радиационная безопасность», «Радиационная гигиена», «Health Physics», «Radiation and Environmental Biophysics», «Radiation Research» и др.), ряде монографий и отчётах НКДАР ООН.

Комиссия отмечает, что проведенные НРЭР крупномасштабные радиационно-эпидемиологические исследования имеют важное значение для объективной оценки медицинских последствий аварии на Чернобыльской АЭС, развития современных технологий определения уровней радиационной безопасности населения и персонала, решения актуальных социально-экономических проблем преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

За годы, прошедшие после Чернобыльской аварии, было опубликовано большое количество работ, освещавших эту катастрофу и её последствия, медико-биологические проблемы, которые стали закономерным следствием аварии [10, 11].

РНКРЗ отмечает актуальность использования в дальнейшем технологии RADRUE как апробированного отечественного аналитического метода, широко используемого за рубежом для реконструкции доз облучения ликвидаторов для снижения уровня неопределённости индивидуальных дозиметрических данных по когорте участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, включённых в НРЭР [5–7].

Результаты, полученные в исследованиях по оценке риска возникновения радиационно-обусловленных заболеваний с использованием дозы только одного вида облучения, носят предварительный характер. Как было показано на примере Отраслевого регистра ФМБА России, одновременный учёт доз облучения персонала вследствие аварии на Чернобыльской АЭС и их лучевых нагрузок при текущем профессиональном облучении принципиально объективизирует интегральную оценку радиационного риска различных потенциальных заболеваний [12–14].

Этот регистр располагает данными о дозах внешнего облучения, полученных ликвидаторами при работе в 30км зоне ЧАЭС и о дозах профессионального облучения у 10 % ликвидаторов. В структуре суммарных доз, полученных ликвидаторами последствий аварии при работе в 30-км зоне ЧАЭС и в процессе их профессиональной деятельности, 48 % составляют дозы до 100 мЗв, 6 % ликвидаторов имеют дозы, превышающие 500 мЗв (табл. 2).

Результаты исследования с использованием информационной базы Отраслевого регистра, 85 % которого составляют ликвидаторы последствий аварии на ЧАЭС, подтверждают положение, что расчёт эксцесса радиационного относительного радиационного риска на зиверт (ERR/Sv) на основе доз от различных видов облучения дает разные показатели риска возникновения онкологических заболеваний для солидных раков (МКБ 10: C00–C80.9). При использовании для расчёта только доз внешнего облучения, полученных при работе в 30км зоне ЧАЭС, ERR/Sv составил 0,131 95 % ДИ (– 0,93;1,19), а при суммарной дозе (ЧАЭС + профессиональная доза) ERR/Sv составил 1,127 95 % ДИ (0,13;2,12).

Таким образом, имеет место значительное (в 8,6 раза) различие в значении избыточного относительного риска на единицу дозы при использовании данных только по дозам, полученным в результате ликвидации аварии на ЧАЭС и при суммарных дозах облучения. Такая разница в величине риска заставляет задуматься о правомерности использования этих данных при оценке влияния дозы внешнего облучения на заболеваемость злокачественными новообразованиями без учёта влияния других источников радиации.

РНКРЗ подчёркивает важность дальнейшего использования результатов работы НРЭР для совершенствования системы медико-социальной реабилитации лиц, подвергшихся радиационному воздействию вследствие аварии на Чернобыльской АЭС.

Дальнейшее развитие системы НРЭР будет направлено на реализацию «Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу», утвержденных Указом Президента Российской Федерации от 13.10.2018 г. № 585, в которых определено, что одной из важнейших задач государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности является «обеспечение функционирования Национального радиационно-эпидемиологического регистра и совершенствование его информационно-аналитических систем для оценки текущих и отдаленных радиологических последствий для граждан, подвергшихся воздействию радиации».

РНКРЗ подчеркивает высокую актуальность продолжения работ по снижению неопределённости дозовых нагрузок и по оценке радиологических последствий Чернобыльской аварии на основе комплексного анализа данных НРЭР.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 10.08.2021. Принята к публикации: 21.09.2021.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study had no sponsorship.
Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.
Article received: 10.08.2021 Accepted for publication: 21.09.2021.

Medical Radiological Consequences after 35 Years after the Accident at the Chernobyl NPP

L.A. Ilyin², V.C. Ivanov¹, I.I. Linge³, V.V. Kashcheev¹, O.A. Kochetkov², A.R. Tukov², I.L. Shafranskiy²

¹A.F. Tsyb Medical Radiological Research Centre, Obninsk, Russia

²A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

³Nuclear Safety Institute, Moscow, Russia

Contact person: Tukov Aleksandr Romanovich: atukov40@mail.ru

ABSTRACT

Purpose: In an article prepared on the basis of the conclusion of the Russian Scientific Commission on Radiological Protection (RSCRП) at the Department of Medical Sciences of the Russian Academy of Sciences "Assessment of the radiological consequences of the Chernobyl accident after 35 years according to the National Radiation and Epidemiological Register" (NRER), the main conclusions of the large-scale radiation-epidemiological studies carried out.

Material and methods: The work uses information NRER – liquidators of the consequences of the Chernobyl accident and the Branch Register of FMBA of Russia – liquidators. When assessing the excess relative risk of malignant neoplasms, the EPICURE.

Results: The current status of the National Radiation and Epidemiological Register, which is currently functioning within the framework of the Law of the Russian Federation of 30.12.2012 No. 329-FZ "On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation in terms of ensuring that changes in the health status of certain categories of citizens are taken into account exposed to radiation". For the first time in an integral form, the article presents the medical radiological consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant for the population of Russia. It was found that an increase in the incidence of thyroid cancer due to incorporated exposure to ¹³¹I was found in a cohort of children and adolescents (28 856 people) who received radiation doses of more than 200 mGy in 1986. There was no increase in the incidence of thyroid cancer among the adult population. Analysis of the incidence of solid cancers in the territories of the Bryansk, Kaluga, Tula and Oryol regions contaminated with radionuclides did not reveal an increase in the frequency of this pathology for children and adults. It is shown that in the cohort of liquidators of the Chernobyl accident, who received radiation doses of more than 150 mGy (35 303 people), an increase in the incidence of leukemia during the first 11 years after the accident at the Chernobyl nuclear power plant and solid cancers was revealed in comparison with the spontaneous level.

Conclusions: The article points out serious limitations associated with a high degree of uncertainty in the received personal dosimetric data on liquidators in 1986–1987, and the need to use the total dose from all types of radiation (professional, emergency, medical, natural) to calculate the radiation risk. RSCRП emphasizes the high urgency of continuing work on reducing the uncertainty of dosimetry data and assessing the radiological consequences of the Chernobyl accident based on a comprehensive analysis of the NRER data.

Key words: Russian Scientific Commission on Radiological Protection, National Radiation and Epidemiological Register, Chernobyl Accident, medical radiological consequences, RADRUE technology, total radiation dose, medical and social rehabilitation

For citation: Ilyin L.A., Ivanov V.K., Linge I.I., Kashcheev V.V., Kochetkov O.A., Tukov A.R., Shafranskiy I.L. Medical Radiological Consequences 35 years after the Chernobyl Accident. Medical Radiology and Radiation Safety. 2021;66(6):5-9.

DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-6-5-9

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части обеспечения учета изменений состояния здоровья отдельных категорий граждан, подвергшихся радиационному воздействию: Федеральный закон от 30.12.2012 г. № 329-ФЗ. <https://www.consultant.ru>.
2. 35 лет чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986–2021: Российский национальный доклад / Под ред. Большова. Л.А. М.: Академ-Принт, 2021. 104 с.
3. Иванов В.К., Максютков М.А., Туманов К.А. и др. 35-летний опыт функционирования НРЭР как государственной информационной системы мониторинга радиологических последствий чернобыльской катастрофы // Радиация и риск. 2021. Т.30, № 1. С. 7–39.
4. Иванов В.К., Кашеев В.В., Чекин С.Ю., Максютков М.А. и др. Оценка радиационных рисков злокачественных новообразований среди населения регионов России, загрязнённых радионуклидами вследствие аварии на Чернобыльской АЭС // Радиация и риск. 2021. Т.30, № 1. С. 131–146.
5. Крючков В.П. Радиационно-дозиметрические аспекты ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. М.: ИздАТ, 2011. 252 с.
6. Ильин Л.А., Крючков В.П., Осанов Д.П., Павлов Д.А. Уровни облучения участников ликвидации последствий Чернобыльской аварии в 1986–1987 гг. и верификация дозиметрических данных. // Радиационная биология. Радиэкология 1995. Т.35, № 6. С. 803–828.
7. Ильичев С.В., Кочетков О.А., Крючков В.П., Мазурик В.К., Носовский А.В., Павлов Д.А. и др. Ретроспективная дозиметрия участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС / Под ред. Крючкова В.П., Носовского А.В. Киев: Сед-а-Стил, 1996. 234 с.
8. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России. 1999. 116 с.
9. О радиационной безопасности населения: Федеральный закон от 9 января 1996 г. N 3-ФЗ. <http://base.garant.ru/10108778/>.
10. Ильин Л.А. Реалии и мифы Чернобыля. М.: ALARA Limited. 1994. 448 с.
11. Ильин Л.А. Реалии и мифы Чернобыля. Изд. 2-е. М.: ALARA Limited. 1996. 494 с.
12. Туков А.Р., Шафранский И.Л., Бирюков А.П., Фомин А.А. и др. Сравнительный анализ риска при радиационно-эпидемиологическом исследовании лиц, принимавших участие в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, с использованием различных видов облучения // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2015. Т.60, № 6. С. 27–33.
13. Туков А.Р., Бирюков А.П., Шафранский И.Л. Безопасна ли радиационная безопасность? // Радиация и риск. 2018. Т.27, № 2. С. 7–19.
14. Туков А.Р., Бирюков А.П., Шафранский И.Л., Прохорова О.Н. Оценка радиационной безопасности требует корректных эпидемиологических данных. // Ядерная и радиационная безопасность. 2019. № 4. С. 22–28.

REFERENCES

1. On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation to Ensure that the Changes in the Health Status of Certain Categories of Citizens Exposed to Radiation Are Taken into Account. Federal Law of 30.12.2012 No. 329-FZ. <https://www.consultant.ru>. (In Russian.)
2. 35 Years of the Chernobyl Accident. Results and Prospects of Overcoming its Consequences In Russia. 1986–2021. Russian National Report. Ed. Bolshov L.A. Moscow, Akadem-Print Publ., 2021. 104 p. (In Russian.)
3. Ivanov V.K., Maksyutov M.A., Tumanov K.A., Kochergina E.V., et al. 35-Year Experience of NRER Functioning as a State Information System for Monitoring the Radiological Consequences of the Chernobyl Disaster. Radiation and Risk. 2021;30:1:7–39. (In Russian.)
4. Ivanov V.K., Kashcheyev V.V., Chekin S.Yu., Maksyutov M.A., et al. Assessment of Radiation Risks of Malignant Neoplasms among the Population of Russian Regions Contaminated with Radionuclides as a Result of the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant. Radiation and Risk. 2021;30:1:131–146. (In Russian.)
5. Kryuchkov V.P. Radiation and Dosimetric Aspects of Liquidation of the Consequences of the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant. Moscow, IzdAT Publ., 2011. 252 p. (In Russian.)
6. Ilyin L.A., Kryuchkov V.P., Osanov D.P., Pavlov D.A. Exposure Levels of the Participants in the Liquidation of the Consequences of the Chernobyl Accident in 1986–1987. and Verification of Dosimetry Data. Radiation Biology. Radioecology 1995;35:6:803–828. (In Russian.)
7. Ilyichev S.V., Kochetkov O.A., Kryuchkov V.P., Mazurik V.K., Nosovskiy A.V., Pavlov D.A., et al. Retrospective Dosimetry of Participants in the Liquidation of the Consequences of the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant. Ed. Kryuchkov V.P., Nosovskiy A.V. Kiev, Seda-Stil Publ., 1996. 234 p. (In Russian.)
8. Standards of Radiation Safety (NRB-99): Hygienic Standards. Moscow Publ., 1999. 116 p. (In Russian.)
9. On the Radiation Safety of the Population. Federal Law of January 9, 1996 N 3-FZ. <http://base.garant.ru/10108778/>. (In Russian.)
10. Ilyin L.A. Realities and Myths of Chernobyl. Moscow, ALARA Limited Publ., 1994. 448 p. (In Russian.)
11. Ilyin L.A. Realities and Myths of Chernobyl. Ed. 2-e. Moscow, ALARA Limited Publ., 1996. 494 p. (In Russian.)
12. Tukov A.R., Shafranskiy I.L., Biryukov A.P., Fomin A.A. Comparative Analysis of the Risk in the Radiation-Epidemiological Study of Persons Who Took Part in the Elimination of the Consequences of the Chernobyl Accident, Using Various Types of Radiation. Honey. Medical Radiology and Radiation Safety. 2015;60:6:27–33 (In Russian.)
13. Tukov A.R., Biryukov A.P., Shafranskiy I.L. Is Radiation Safety Safe? Radiation and Risk. 2018;27:2:7–19 (In Russian.)
14. Tukov A.R., Biryukov A.P., Shafranskiy I.L., Prokhorova O.N. Radiation Safety Assessment Requires Correct Epidemiological Data. Nuclear and Radiation Safety. 2019;4:22–28. (In Russian.)