

И.Л. Шафранский, А.Р. Туков, О.Н. Прохорова, И.В. Александрова, М.В. Калинина
**АНАЛИЗ РИСКА СМЕРТИ ОТ ЦЕРЕБРОВАСКУЛЯРНЫХ БОЛЕЗНЕЙ
ЛИКВИДАТОРОВ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧАЭС,
РАБОТНИКОВ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

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

Контактное лицо: Туков Александр Романович, e-mail: atukov40@mail.ru

РЕФЕРАТ

Цель: Оценить риск смерти ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС от цереброваскулярных болезней (МКБ 10: I60-I69.9) с использованием данных Отраслевого регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС за тридцатилетний период, имеющих верифицированную дозу внешнего облучения, полученную при работе в 30-км зоне ЧАЭС, и дозу профессионального облучения.

Материалы и методы: В исследование включены мужчины – 12663 человек, 1327 из них имеют дозу профессионального облучения. Были оценены грубые относительные риски смертности от цереброваскулярных болезней для пяти дозовых групп на основе внутреннего контроля. На втором этапе исследования все данные были стратифицированы по возрасту, дозовой нагрузке и Follow up периоду. На основе полученного файла стратифицированных данных проведена процедура Пуассоновской регрессии, для чего использован модуль AMFIT программы Epicure и рассчитана величина избыточного относительного риска (ИОР) смерти от цереброваскулярных болезней и исследован характер дозовой зависимости ИОР. Проведено когортное эпидемиологическое исследование группы ликвидаторов 1986–1990 гг. за тридцатилетний период в зависимости от дозы, как полученной при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, так и при профессиональной работе с радиоактивными веществами (РВ) и источниками ионизирующего облучения (ИИИ).

Результаты: Показаны прямые оценки радиогенного риска смерти от цереброваскулярных болезней. Не обнаружено увеличение соответствующего риска смерти на единицу дозы (ИОР/Зв < 0) для дозовых нагрузок, полученных как при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, так и для суммарных доз.

Выводы: Ликвидаторы в отдалённые сроки после работ по ликвидации последствий аварии нуждаются в общепринятых подходах медицинского обслуживания, направленных на профилактику и лечение таких наиболее распространённых заболеваний, как сердечно-сосудистые заболевания. Полученные результаты на данном этапе могут быть использованы при разработке регламентов радиационной безопасности.

Ключевые слова: радиация, риск смерти, относительный риск, цереброваскулярные болезни, авария на ЧАЭС, EPICURE, AMFIT, Госкорпорация «Росатом», отраслевой регистр, радиационная безопасность.

Для цитирования: Шафранский И.Л., Туков А.Р., Прохорова О.Н., Александрова И.В., Калинина М.В. Анализ риска смерти от цереброваскулярных болезней ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников атомной промышленности // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2022. Т. 67. № 1. С. 60–64. DOI: 10.12737/1024-6177-2022-67-1-60-64

Analysis of the Risk of Death from cerebrovascular Disease of Liquidators of the Consequences of the Accident at the Chernobyl NPP, Employees of the Atomic Industry

I.L. Shafransky, A.R. Tukov, O.N. Prohorova, M.V. Kalinina

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

Contact person: Tukov Alexander Romanovich, e-mail: atukov40@mail.ru

ABSTRACT

Purpose: Assessment of the risk of death of the liquidators of the Chernobyl accident from cerebrovascular diseases.

Material and methods: The risk of death of liquidators of the Chernobyl accident from cerebrovascular diseases (ICD 10: I60-I69.9) was estimated using the Industry Register of persons exposed to radiation as a result of the Chernobyl accident over a thirty-year period, with a verified dose of external exposure obtained by operating in the 30 km zone of the Chernobyl NPP. The study included men - 12,663 people, 1327 of them have a dose of occupational exposure. Rough relative risks of mortality from cerebrovascular diseases were evaluated for five dose groups based on internal control. At the second stage of the study, all data were stratified by age, dose load and Follow up period. Based on the obtained stratified data file, the Poisson regression procedure was carried out, for which the Epicure AMFIT module was used and the magnitude of the excess relative risk (ERR) of death from cerebrovascular diseases was calculated and the nature of the dose dependence of EI was investigated. A cohort epidemiological study of a group of liquidators of 1986-1990 was conducted over a thirty-year period, depending on the dose, both obtained during the liquidation of the consequences of the Chernobyl accident and during work with radioactive substances (RS) in the profession.

Results: For the first time, direct estimates of the radiogenic risk of death from cerebrovascular diseases have been obtained. A risk decrease in this type of death per unit dose was shown for dose loads implemented during the liquidation of the consequences of the Chernobyl accident and professional doses too.

Conclusion: Liquidators in the long-term after the work on eliminating the consequences of the accident need generally accepted medical care approaches aimed at preventing and treating such common diseases as cardiovascular diseases. The results can be used in the development of radiation safety regulation.

Keywords: radiation, risk of death, relative risk, cerebrovascular disease, the Chernobyl accident, EPICURE, AMFIT, ROSATOM, radiation safety

For citation: Shafransky IL, Tukov AR, Prohorova ON, Kalinina MV. Analysis of the Risk of Death from cerebrovascular Disease of Liquidators of the Consequences of the Accident at the Chernobyl NPP, Employees of the Atomic Industry. Medical Radiology and Radiation Safety. 2022;67(1):60-64. DOI: 10.12737/1024-6177-2022-67-1-60-64

Введение

В последнее время возник интерес к вопросам влияния ионизирующего излучения (ИИ) на заболеваемость и смертность от неонкологической соматической патологии. Причина – появление множества клинических доказательств повреждающего воздействия радиации на сердечно-сосудистую систему.

Вместе с тем, на базе данных когорты лиц, переживших атомную бомбардировку в Японии (LSS) показано, что в анализе смертности от сердечно-сосудистых и цереброваскулярных заболеваний ни для одной дозовой страты из категории общей дозы не было предъявлено статистически значимого значения риска относительно контрольного контингента (менее 0,2 Гр), и даже добавление дополнительных корректирующих факторов не изменило этот результат [1]. Оценки избыточного относительного риска на Зв (ИОР/Зв) соответствовали уровню, не превышающему риск. С другой стороны, результаты, как правило, были слишком неточными, чтобы судить варьировались ли относительные риски в зависимости от возраста.

Касательно российских ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС (далее ликвидаторы) существует точка зрения, что низкая зависимость популяционных рисков соматических заболеваний от величины дозы радиации, полученной при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, возможно, связана с ошибочной оценкой дозы радиационного воздействия, полученной ликвидаторами, а также из-за функциональной нестабильности изменения диагностических показателей во времени [2, 3]. По данным Российского государственного медико-дозиметрического реестра (РГМДР), избыточный относительный риск на Зв (ИОР/Зв) сердечно-сосудистых и цереброваскулярных заболеваний имеет величину 0,4 (достоверно отличен от нуля), а для смертности составляет 0,2 (недостоверно) [4].

По данным украинских исследователей, несмотря на то, что клиническая характеристика функционального состояния сердечно-сосудистой системы и сопутствующие заболевания у ликвидаторов были почти аналогичны тем, что наблюдались в контрольной группе, начало гипертонической болезни у них наступало раньше – в 55,9 лет, против 59,8 лет в контрольной группе [5]. Также показано, что у ликвидаторов в возрасте от 40 лет и старше на момент аварии облучение в малых дозах вызывало развитие цереброваскулярных болезней. Уровень смертности у этих лиц с более высокими дозами облучения был достоверно выше ($p < 0,05$), чем у лиц с более низкими дозами облучения. Основными причинами смертности от болезней системы кровообращения в исследуемых когортах являлись цереброваскулярные болезни, артериальная гипертензия, болезни артерий, артериол и капилляров [6, 7].

Также представляют интерес оценки, полученные по данным национальных регистров рабочих, занятых в сфере ядерной энергетики, а также шахтёров, занятых на производстве добычи урановой руды (Германия). Оценки ИОР/Гр для смертности от болезней системы кровообращения по данным NRRW (Англия) и их немецких коллег не отличается значимо от нуля, что также коррелируется с данными Т.В. Азизовой по когорте рабочих ПО «Маяк» [8–12].

М.Р. Little et al [13] представил результаты оценки ИОР/Зв на данных когорты LSS для смертности от болезней системы кровообращения, которые составили 0,17 (0,08 – 0,26). Анализ данных IARC исследования смертности рабочих ядерного цикла 15 стран позволил ему получить более низкие оценки для заболеваемости в отдельных нозологиях (ишемическая болезнь сердца, ги-

пертоническая болезнь, инсульты, эмболии), которые в целом были близки к нулю. Его анализ данных заболеваемости ликвидаторов Чернобыльской аварии дал следующие результаты для ИОР/Зв: гипертоническая болезнь – 0,26, ишемическая болезнь сердца – 0,41, другие патологии системы кровообращения – 0,26. За исключением последнего, первые два коэффициента достоверно отличаются от нуля. В работе по мета-анализу данных, представленных исследователями многих стран [14], получено значение ИОР/Зв для смерти от ишемической болезни 0,10.

Основательная работа по анализу данных смертности работников ядерного цикла, обобщившая многие результаты, была проведена коллективом Е. Кардис с соавторами [15]. Риск смерти от всех болезней, исключая онкологические заболевания, составил 0,24 на Зв, для болезней системы кровообращения – 0,09 на Зв. Для обоих коэффициентов доверительный интервал (ДИ) включает ноль.

К сожалению, представленные выше исследования были сделаны с использованием данных о дозах одного вида облучения, следовательно, результаты не могут быть надёжными. Поэтому является актуальным проведение исследований оценки риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний или смерти от них с использованием суммарных доз облучения.

Материалы и методы

В работе использованы данные смертности от цереброваскулярных заболеваний в когорте ликвидаторов, работников предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом». В анализ включена информация о ликвидаторах мужчинах, состоящих на учёте в Отраслевом регистре лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС и имеющих данные о верифицированных дозах внешнего облучения (12663 человек). Средний возраст ликвидаторов на момент участия в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС составил 36,6 года, 80 % ликвидаторов находились в возрастной группе 30–40 лет.

В настоящее время, в связи с тем, что ни один медико-дозиметрический регистр не соответствует требованиям НРБ/99 (наличие суммарной дозы облучения), отсутствует возможность проведения корректных исследований по оценке риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний при малых дозах облучения на существующих регистрах как в нашей стране, так и за рубежом.

Концерн «Росэнергоатом» предоставил ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России данные о дозах профессионального облучения работников основного производства 9 АЭС, состоящих на индивидуальном дозиметрическом контроле (ИДК), участвовавших в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. В разработку включены данные о дозах профессионального облучения работников Балаковской, Белоярской, Калининской, Кольской, Курской, Ленинградской, Нововоронежской, Ростовской и Смоленской АЭС.

Кроме того, данные о профессиональных дозах облучения были получены от учреждений здравоохранения ФМБА России на работников других предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом». Дозы профессионального облучения были представлены по годам работы с РВ и ИИИ от начала работы на АЭС и по 2015 г. Рассчитаны кумулятивные дозы, которые были привязаны к участникам ликвидации аварии, включённым в Отраслевой регистр.

Данные о дозах внешнего облучения ликвидаторов различных годов пребывания в 30-км зоне ЧАЭС представлены в табл. 1.

Таблица 1

Обеспеченность ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС данными о дозах внешнего облучения
Property of liquidators of the consequences of the Chernobyl NPP on the doses of external irradiation

Годы вьезда	Количество ликвидаторов	Из них есть доза		Среднее значение (мЗв)
		число лиц	%	
1986-1990	18450	12663	68,6	55,3
1986	10790	7277	67,4	74,8
1987	4738	3352	70,7	33,1
1988	1868	1383	74,0	25,7
1989	798	566	70,9	16,8
1990	266	95	35,7	11,9

В табл. 2 представлены некоторые значения доз обобщённой базы данных отраслевого Регистра по пяти дозовым группам – как доз, полученных при работе в 30-км зоне ЧАЭС, так и суммарным с профессиональными дозами. Группы формировались из расчёта примерно равного количества лиц и с учётом полученных доз облучения.

В структуре суммарных доз, полученных ликвидаторами последствий аварии на ЧАЭС при работе в 30-км зоне и в процессе профессиональной деятельности, 48 % составляют дозы до 100 мЗв, 6 % ликвидаторов имеют дозы, превышающие 500 мЗв.

В табл. 3 представлена информация о средних, минимальных и максимальных дозах внешнего облучения, полученных ликвидаторами, мужчинами в различных местах работы. Коллективная доза внешнего облучения составила 898201,56 мЗв (доза ЧАЭС – 700536,2 мЗв, доза профессионального облучения – 197675,36 мЗв).

Корреляционной связи персональной дозы профессионального облучения с дозой, полученной при работе

по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, не выявлено. В работе рассчитывался 95 % доверительный интервал показателей (ДИ 95 %).

Для оценок риска по объединённым в возрастные, дозовые и другие группы данных был использован пакет прикладных статистических программ EPICURE (модуль AMFIT) [16], широко применяемый в современной радиационно-эпидемиологической практике. В этом пакете реализована методика оценки радиационных рисков. Программа AMFIT является признанным стандартом для проведения радиационно-эпидемиологических исследований. Оценки радиационного риска среди персонала предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом» были выполнены с использованием этой программы. Модель избыточного относительного риска в общем виде представлена как:

$$\lambda_d = \lambda_0 \times (1 + \beta \times d), \quad (1)$$

где λ_d – показатель заболеваемости, λ_0 – показатель спонтанной заболеваемости, β – избыточный относительный риск, d – доза облучения.

Функция правдоподобия строится исходя из предположения, что число случаев заболевания являются независимыми пуассоновскими случайными величинами.

Результаты

Для расчётов относительного радиационного риска (ОР) смертности от цереброваскулярных заболеваний у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС по программе AMFIT данные были разделены на 5 дозовых групп, полученных в результате ликвидации аварии на ЧАЭС и по суммарной дозе (табл. 4, 5).

Таблица 2

Обеспеченность ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС данными о дозах внешнего облучения по месту их получения
Provision of liquidators of the consequences of the Chernobyl NPP data on external doses at the place of their receipt

Дозовая группа	Дозы ЧАЭС		Дозы ЧАЭС+проф.		
	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
33,3-93,6	2436	57,62	51,0-135,5	2580	87,01
94,0-1478,5	2774	175,42	136,0-1478,5	2309	240,59

Таблица 3

Распределение доз облучения в зависимости от места работы
Distribution of radiation doses depending on the place of work

Место получения дозы	Средняя доза (мЗв)	Минимальная доза (мЗв)	Максимальная доза (мЗв)
ЧАЭС	55,3	0,1	1478,50
Предприятия Госкорпорации «Росатом»	142,8	0,1	1832,40
Взвешенная сумма доз	70,6	0,2	1985,6

Таблица 4

Смертность от цереброваскулярных болезней (МКБ 10: I60-I69.9) ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС и ОР – работников предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом» (дозы ЧАЭС, по дозовым стратам)
Mortality from cerebrovascular diseases (ICD 10: I60-I69.9) liquidators of the consequences of the accident at the Chernobyl NPP and OR, employees of enterprises and organizations of the state corporation Rosatom (doses of the Chernobyl NPP)

Средняя доза (мЗв)	Число смертей от ЦВБ	Человеко/лет наблюдения	Смертность±m (на 1000)	ОР
2,2	45	52508	0,86±0,13	1,00
7,88	28	42115	0,66±0,13	0,78
20,93	46	43843	1,05±0,15	1,22
57,62	35	44267	0,79±0,13	0,92
175,42	36	51815	0,69±0,12	0,81

Таблица 5

Смертность от цереброваскулярных болезней (МКБ 10: I60-I69.9) ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС и ОР, мужчин – работников предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом» (дозы ЧАЭС+ проф. дозы, по дозовым стратам)
Mortality from cerebrovascular diseases (ICD 10: I60-I69.9) Liquidators of the consequences of the accident on the Chernobyl NPP and OR, men - employees of enterprises and organizations of the state corporation «Rosatom» (doses of Chernobyl NPP + Prof. Doses, by dose strata)

Средняя доза (мЗв)	Число смертей от ЦВБ	Человеко/лет наблюдения	Смертность±m (на 1000)	ОР
2,25	39	45338	0,86±0,14	1,00
9,59	39	46016	0,85±0,14	0,99
31,64	44	47457	0,93±0,14	1,08
87,01	37	48992	0,76±0,12	0,88
240,59	31	46417	0,67±0,12	0,78

Таблица 6

Оценки радиационных рисков смертности от цереброваскулярных болезней с использованием программы AMFIT для различных дозовых нагрузок (ИОР/Зв)

Estimates of the radiation risks of mortality from cerebrovascular diseases using the AMFIT program for various dose loads (ERR/Sv)

Тип дозы	ИОР/Зв	ДИ (95%)
ЧАЭС доза	-0,25	-3,85 – 2,82
Профдоза	-0,09	-2,26 – 2,07

Для оценки достоверности ОР использована формула:

$$\log RR (SE) = \sqrt{(1/r_1 + 1/r_2 - 1/N_1 - 1/N_2)}, \quad (2)$$

где r_1 , r_2 – число случаев в контроле и текущей страте, N_1 , N_2 – число человеко-лет в контроле и текущей страте.

В связи с малыми значениями ОР все значения точечных рисков достоверно не превышают единицы, что не дает возможности для параллельных сравнений. Вместе с тем, согласно данным таблиц 4, 5 значения ОР для смертности от цереброваскулярных болезней имеют некоторую тенденцию к увеличению в середине дозового интервала.

Результаты оценки радиационных рисков с использованием программы AMFIT для различных дозовых нагрузок приведены в табл. 6. Избыточный относительный риск не обнаружен как для случая учета только доз, полученных в 30-км. зоне ЧАЭС, так и для случая суммарных доз.

Добавление доз профессионального облучения в каждой страте приводит к сдвигу линии регрессии рисков кривой вправо по оси дозовых величин. В задаче с эмпирическим контролем это автоматически приводит к снижению избыточного риска.

Заключение

Как замечено исследователями, в объяснении патогенеза развития васкулярных заболеваний в отдаленном периоде существуют различные подходы. Одни из них рассматривают роль исключительно хронического эмоционального стресса, другие утверждают, что повреждающее действие ионизирующего излучения не зависит от сознания человека и при равномерном облучении организма проявляется на клеточно-молекулярном уровне во всех без исключения органах и тканях [17].

В настоящее время особую актуальность в анализе риска приобретают суммарные дозы облучения, полученные работниками, как в 30-км зоне ЧАЭС, так и процессе своей основной работы, а также медицинские и природные дозы облучения. Текущие результаты мировых исследований дозиметрии также указывают на то, что воздействие радиации на переживших атомную бомбардировку в Япо-

нии нельзя надежно оценить, если медицинские дозы рентгеновского излучения не будут тщательно включены в эти долгосрочные оценки [18]. Только суммарные дозы облучения могут стать корректной основой для разработки нормативной базы радиационной безопасности.

В исследовании впервые получены результаты по оценке риска облучения от совокупной дозы двух видов облучения. Однако эти результаты надо признать как предварительные, так как на данный момент процесс сбора полной информации о дозах облучения находится в самом начале и далее будет показано, насколько учёт доз медицинского и природного облучения необходим в рамках анализа популяционного риска.

Ликвидаторы в отдалённые сроки после работ по ликвидации последствий аварии нуждаются в общепринятых подходах, направленных на профилактику и лечение таких наиболее распространённых и социально значимых заболеваний, как сердечно-сосудистые заболевания.

Полученные результаты на данном этапе могут быть использованы при разработке регламентов радиационной безопасности лиц, имеющих отношение к работе с РВ и ИИИ.

Уникальность когорты ликвидаторов для получения прямых оценок риска отдалённых эффектов радиационного воздействия при малых и промежуточных дозах показывает необходимость наблюдения за данным контингентом. Дальнейшее исследование предполагает увеличение статистической силы анализа путём увеличения периода наблюдения, а также проведения работы, направленной на уменьшение неопределённостей в оценках доз и на улучшение полноты и качества эпидемиологических данных.

Выводы

1. Оценка расчёта риска смерти от цереброваскулярных болезней с использованием данных о дозах различных видов облучения показала различие в полученных результатах.
2. С ростом дозовой нагрузки не отмечено увеличение риска смерти от цереброваскулярных болезней.
3. Для надёжной оценки риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний или смерти от них необходимо создание медико-дозиметрического регистра работников атомной промышленности с наличием в нём данных о дозах всех видов облучения (профессионального, аварийного, медицинского, природного).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 05.06.2021. Принята к публикации: 15.12.2021.

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: 05.06.2021. Accepted for publication: 15.12.2021

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Dale LP, Shimizu Y, Donald AP, Akihiko Suyamac A, Mabuchi K. Studies of Mortality of Atomic Bomb Survivors. Report 13: Solid Cancer and Noncancer Disease Mortality: 1950–1997. Radiation Research, 2003, vol. 160, P. 381–407.
2. Шантырь И.И., Астафьев О.М., Макарова Н.В. Состояние здоровья ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС: (По материалам Сев.-Зап. регион. центра Рос. гос. мед. дозиметр. рег.)// Всерос. центр экстр. и радиац. медицины МЧС России. – СПб.: Сев.-Зап. регион. центр РГМДР. 2002. 112 с. [Shantyr I.I., Astafiev O.M., Makarova N.V. The health of liquidators of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant: (based on the materials of Naz.-Zap. Region. The center of Ros. Gos. Honey. Dosimeter. Reg.). Vseros. Center Exp. and radiats. Medicine EMERCOM of Russia. - Spb.: Sev.-Zap. region. Center RGMDR. 2002; 112. (In Russian)]
3. Sevan'kaev AV, Lloyd DC, Edwards AA, Moiseenko VV. High exposures to radiation received by workers inside the Chernobyl sarcophagus. Radiat. Protect. Dosim., 1995, vol. 59, no. 2, P. 85–91.
4. Ivanov V, Maksoutov MA, Chekin SY, Petrov AV, Biryukov AP, Kruglova ZG, Matyash VA, Tsyb AF, Manton KG, Kravchenko JS. The risk of radiation-induced cerebrovascular disease in Chernobyl emergency workers. Health Phys. 2006; 90:199–207.
5. Білий Д.О., Настіна О.М., Габулавічене Ж.М., Сидоренко Г.В., Бази́ка О.Д., Бі́лая В.В., Ковальов О.С. Фактори радіаційної і нерадіаційної природи та їх вплив на перебіг ішемічної хвороби серця у учасників ліквідації наслідків Чорнобильської аварії. // Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. - 2014. - Вип. 19. - С. 213-222. [Bilij D.O., Nastina O.M., Gabulavichene Zh.M., Sidorenko G.V., Bazika O.D., Bilaya V.V., Kovalov O.S. Factors of radiation and non-radiation nature and their influence on the course of ischemic heart disease in the participants in the elimination of the consequences of the Chernobyl accident. Problems of radiation medicine and radiobiology. 2014; 19: 213-222.]
6. Бузунов В.О., Прикашкікова К.Є., Губіна І.Г., Костюк Г.В., Терещенко С.О. Смертність від хвороб системи кровообігу мешканців радіоактивно забруднених територій унаслідок аварії на ЧАЕС за 1988–2010 роки спостереження залежно від доз радіаційного опромінення, статі. // Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. - 2013. - Вип. 18. - С. 50-58. [Buzunov V.O., Prikashhikova K.Ye., Gubina I.G., Kostyuk G.V., Tereshhenko S.O. Mortality of diseases of the circulatory system of radioactive contaminated territories as a result of the Chernobyl accident for 1988-2010 observation depending on doses of radiation irradiation, gender. Problems of radiation medicine and radiobiology. 2013; Ed. 18: 50-58.]
7. Бузунов В.О., Прикашкікова К.Є., Костюк Г.В., Губіна І.Г., Терещенко С.О. Смертність від хвороб системи кровообігу мешканців радіоактивно забруднених територій України унаслідок аварії на ЧАЕС залежно від доз радіаційного опромінення та віку. 1988-2010 роки спостереження // Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. - 2014. - Ed. 19. - С. 59-66. [Buzunov V.O., Prikashhikova K.Ye., Kostyuk G.V., Gubina I.G., Tereshhenko S.O. Mortality of diseases of the circulatory system of radioactive contaminated territories of Ukraine as a result of the Chernobyl accident depending on doses of radiation irradiation and age. 1988-2010 Observation. Problems of radiation medicine and radiobiology. 2014; Ed. 19: 59-66.]
8. Muirhead CR, O'Hagan JA, Haylock RGE, Phillipson MA, Willcock T, Berridge GLC, Zhang W. Mortality and cancer incidence following occupational radiation exposure: third analysis of the National Registry for Radiation Workers. British Journal of Cancer. 2009; vol. 100: 206 – 212.
9. Krauser M, Kreisheimer M, Kandel M. Mortality from cardiovascular diseases in the German uranium miners cohort study 1946-1998. Rad Env Biophys. 2006.
10. Azizova TV, Colin R, Muirhead Maria B., Moseeva Evgenia S, Grigoryeva Margarita V, Sumina J, O'Hagan JA., Wei Zhang R.J., Haylock G.E., Hunter N. Cerebrovascular diseases in nuclear workers first employed at the Mayak PA in 1948–1972. Radiat Environ Biophys. 2011; vol. 50: 539–552.
11. Azizova T.V., Muirhead C.R., Moseeva M.B. Ischemic heart disease in nuclear workers first employed at the Mayak PA in 1948–1972. Health Phys. 2012; vol. 103, 1: 3–14.
12. Moseeva M.B., Azizova T.V., Grigorieva E.S., Haylock R. Risk of circulatory diseases among Mayak PA workers with radiation doses estimated using the improved Mayak Workers Dosimetry System 2008. Rad. Environ. Biophys. 2014; vol. 53, 2: 469–477.
13. Little MP, Tawn EJ, Tzoulaki I, Wakeford R, Hildebrandt G, Paris F, Tapio S, Elliotta P. A Systematic Review of Epidemiological Associations between Low and Moderate Doses of Ionizing Radiation and Late Cardiovascular Effects, and Their Possible Mechanisms. Radiation Research. 2008; vol. 169: 99–109.
14. Little MP, Azizova TV, Bazyka D. Systematic review and meta-analysis of circulatory disease from exposure to low-level ionizing radiation and estimates of potential population mortality risks. Environ. Health Perspect. 2012; vol. 120: 1503–1511.
15. Vrijheid M, Cardis E, Ashmore P, Auvinen A, Bae J-M, Engels H, Gilbert E, Gulis G, Habib RR, Howe G, Kurtinaitis J, Malke H, Muirhead CR, Richardson DB, Rodriguez-Artalejo F, Rogel A, Schubauer-Berigan M, Tardy H, Telle-Lamberton M, Usel M, Veress K. Mortality from diseases other than cancer following low doses of ionizing radiation: results from the 15-Country Study of nuclear industry workers. International Journal of Epidemiology. 2007; vol. 36:1126–1135.
16. Preston DL, Lubin JH, Pierce DA, McConney ME. Epicure, User's Guide. HiroSoft International Corporation. Seattle, WA 98112, USA. 1993; 329.
17. Метляева Н.А., Бушманов А.Ю., Краснюк В.И., Щербатых О.В., Болотнов М.В. Радиация и стресс. Обзор научных публикаций о реакции человека на воздействие ионизирующего излучения // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2016. № 5, С. 48-54. [Metlyaeva N.A., Bushmanov A.Yu., Krasnyuk V.I., Shherbatykh O.V., Bolotnov M.V. Radiation and stress. Review of scientific publications on a person's reaction to the impact of ionizing radiation. Medical radiology and radiation safety . 2016; No. 5: 48-54. (In Russian)]
18. Kazuo, Shozo S. Medical X-ray Doses' Contributions to the Ionizing Radiation Exposures of Atomic-Bomb Survivors. Journal of Radiation Research, Vol. 32, Issue Suppl_1, 1 March 1991: 136–153.