А.Р. Туков, И.Л. Шафранский, А.П. Бирюков, О.Н. Прохорова

ОТРАСЛЕВОЙ РЕГИСТР ЛИЦ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ РАДИАЦИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

A.R. Tukov, I.L. Shafransky, A.P. Birukov, O.N. Prokhorova

Industry Register of Persons Exposed to Radiation as a Result of the Chernobyl Accident

РЕФЕРАТ

Цель: Оценка здоровья ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Оценка дополнительного риска заболевания злокачественными новообразованиями при использовании различных видов воздействия ионизирующих излучений на человека.

Материал и методы: Исследование проведено с использованием информационной базы данных работников предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом», принимавших участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Для расчета риска использованы дозы профессионального облучения и дозы, полученные при работе в 30-км зоне ЧАЭС.

Результаты: Показана особенность динамики заболеваемости ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, а также показано, что использование в расчете дополнительного риска развития злокачественных новообразований у ликвидаторов только так называемой «чернобыльской» дозы приводит к получению некорректных результатов.

Заключение: Особенности динамики заболеваемости указанного специфического контингента предполагают особое внимание при их трактовке и разработке профилактических мероприятий. Только использование суммарной дозы ионизирующего излучения может привести к получению корректных результатов оценки риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний.

Ключевые слова: *регистр ликвидаторов, авария на Чернобыльской АЭС, риск рака, дозы различных видов облучения, суммарная доза*

ABSTRACT

Purpose: Estimation of health liquidators of the Chernobyl accident. Estimation of risk of malignant tumors at doses of different types of ionizing radiation on humans.

Material and methods: The study was conducted with the use of a database of information of employees of enterprises and organizations GK "Rosatom". For the calculation of risk was used professional exposure and doses which were received during 30 km zone.

Results: It shows a feature of the dynamics of morbidity of liquidators of the Chernobyl accident, as a "closed population". It is shown in a study that the use of one of their parts of the total radiation dose of man, leads to obtaining of different levels of the risk of disease by cancer.

Conclusion: Feature incidence dynamics in the "closed" population must be considered in its interpretation and the development of preventive measures. Only the use of a total radiation dose can lead to obtaining of the correct results of evaluating the risk of the appearance of the radiation- induced diseases.

Key words: *the register of the liquidators, the Chernobyl accident, risk of cancer, doses of different types of radiation, the total dose*

Введение

Основным регистром длительного наблюдения за большой когортой лиц, подвергшихся острому облучению, является японский (пожизненного наблюдения за жертвами атомных бомбардировок в Хиросиме и Нагасаки) [1–3]. Результаты исследований, проводимых на базе этого регистра, лежат в основе разработки рекомендаций по радиационной безопасности. За многие годы, прошедшие после бомбардировок этих двух городов, разработано большое число медико-дозиметрических регистров, результаты работы которых расширяют наши знания в области оценки риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний. [4–10].

30 лет назад, 26 апреля 1986 г., на четвертом энергоблоке Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) произошла крупнейшая в истории мировой атомной энергетики авария. Согласно приказу Минздрава СССР от 7 мая 1987 г. № 640-ДСП «О дополнительных мерах и организации работы по завершению составления Всесоюзного распределенного регистра на лиц, подвергшихся воздействию радиации в связи с аварией на Чернобыльской АЭС» и приказу Третьего главного управления при Минздраве СССР от 24.06.1987 г. № 32-1593 ДСП «О дополнительных мерах по созданию Общеглавковского регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на ЧАЭС» на базе Института биофизики (теперь ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России) с 01.12.1987 г. введен в эксплуатацию регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Основную численность лиц, состоящих в регистре, составляют работники предприятий и организаций атомной промышленности России.

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна ФМБА России, Москва. E-mail: atukov40@mail.ru

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA, Moscow, Russia. E-mail: atukov40@mail.ru

Материал и методы

Отраслевой регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС (далее – регистр), функционирует в ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России с 1987 г. В начале работы в его информационной базе находилась информация о более 50 тыс. человек. После распада СССР в базе данных регистра в нем осталась информация о 25894 человек.

Структура контингента регистра по группам первичного учета представлена в табл. 1. Наибольший удельный вес в структуре составляют ликвидаторы последствий аварии на ЧАЭС – 83,1 %.

К 2014 г. выбыло из-под наблюдения регистра (все группы учета) более 10 301 человек (39,8 %), в т.ч. 4036 умерших (39,2 %) (табл. 2). Первое место в структуре причин смерти занимают болезни органов кровообращения (46,3 %), второе – злокачественные новообразования (20,6 %), третье – травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин (17,1 %).

Структура контингента регистра по группам инвалидности представлена в табл. 3. Первое место (54,8 %) занимает 2-я группа инвалидности, что говорит о недостаточно высоком качестве экспертизы стойкой нетрудоспособности, когда работники выходят сразу на вторую группу, минуя третью.

Научные исследования проводятся на информационной базе данных регистра, в которой за 1987–2013 гг. наблюдения накоплено 402287 человеко-лет наблюдения, из них мужчины – 342636 (85,2 %), женщины – 59651 (14,8 %). Соотношение человеко-лет наблюдения мужчины/женщины за годы работы регистра изменялось незначительно.

При анализе динамики заболеваемости по классам болезней ликвидаторов за 1987–2013 гг. впервые показана особенность этого процесса для «закрытой» популяции. Несмотря на постарение когорты, часть заболеваемости после начального роста имеет тенденцию к снижению (болезни эндокринной системы, психические расстройства и расстройства поведения, болезни нервной системы, болезни органов дыхания, пищеварения, травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин). Эта ситуация связана с тем, что заболеваемость перечисленными болезнями не определяется постарением когорты. Другая же часть болезней связана с постарением человека, и динамика заболеваемости ими имеет постоянный положительный тренд (злокачественные новообразования, болезни глаза и его придаточного аппарата, болезни системы кровообращения и мочеполовой системы). Это положение необходимо учитывать при последующей трактовке динамики заболеваемости ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС и разработке мероприятий по медико-социальной реабилитации этого контингента.

Анализ динамики заболеваемости ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС проведен по трехгодичным циклам наблюдения:

цикл 1: 1987 –1989 гг.;
цикл 2: 1990–1992 гг.;
цикл 3: 1993–1995 г.;
цикл 4: 1996–1998 гг.;
цикл 5: 1999–2001 гг.;
цикл 6: 2002–2004 гг.;
цикл 7: 2005–2007 гг.;
цикл 8: 2008–2010 гг.;
цикл 9: 2011–2013 гг.

Примеры различной динамики заболеваемости представлены на рис. 1, 2, 3 (грубые показатели).

Интересно распределение заболеваемости ликвидаторов злокачественными новообразованиями и населения России по возрастным группам и их соотношение (табл. 4). Если в возрастной группе 18–29 лет у мужчин мы видим небольшое превышение заболеваемости у ликвидаторов по сравнению с населением РФ, то в последующих группах заболеваемость населения РФ выше, чем ликвидаторов. Это положение, видимо, можно объяснить лучшим отбором лиц, командируемых на работы в 30-км зоне ЧАЭС в системе учреждений здравоохранения ФМБА России и их лучшим диспансерным обслуживанием. Последние положения подтверждаются низким уровнем смертности этого контингента в первые циклы исследования (табл. 5).

Таблица 1

Распределение контингента регистра по группам первичного учета (2014 г.)

Контингент	Число лиц	Доля, %
БД регистра всего	25894	100,0
в т.ч.:		
ликвидаторы	21506	83,1
эвакуированные	1027	4,0
отселенные	552	2,1
дети ликвидаторов	2770	10,7
внуки, правнуки ликвидаторов	39	0,2

Таблица 2

Распределение лиц, выбывших из-под наблюдения регистра по группам причин смерти (на 2014 г.)

Контингент	Число лиц	Доля, %
Умерло	4036	100,0
из них от:		
злокачественных новообразований	830	20,6
болезней органов кровообращения	1868	46,3
травм и отравлений	691	17,1
прочих причин	647	16,0

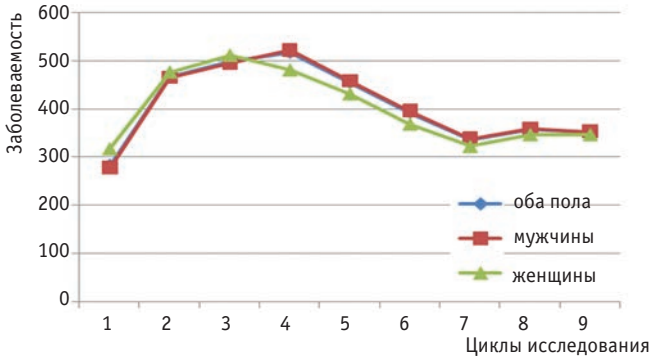

Рис. 1. Динамика заболеваемости всеми болезнями (A00–T99.9) ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, мужчин и женщин, по циклам исследования (на 1 тыс. чел.)

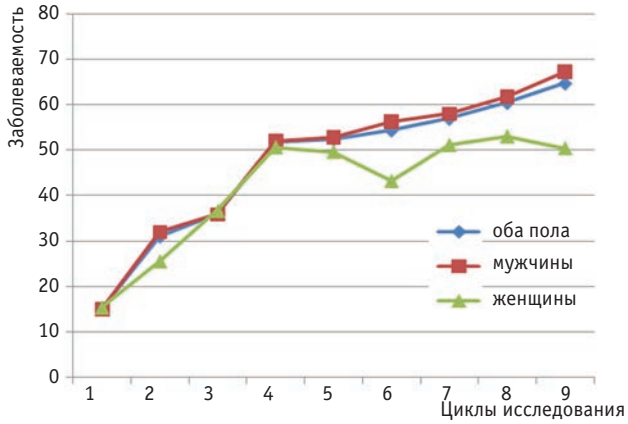

Рис. 2. Динамика заболеваемости болезнями системы кровообращения (I00–I99.9) ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, мужчин и женщин, по циклам исследования (на 1 тыс. чел.)

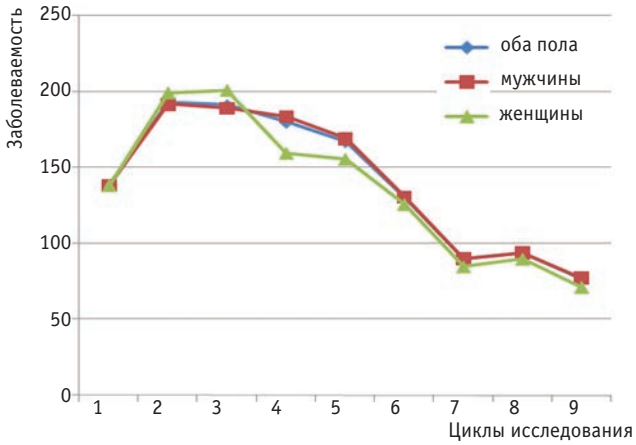

Рис. 3. Динамика заболеваемости болезнями органов дыхания (J00–J99.9) ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, мужчин и женщин, по циклам исследования (на 1 тыс. чел.)

Второе направление использования информационной базы регистра – это оценка риска возникновения радиационно-обусловленных заболеваний.

Таблица 3

Распределение контингента регистра по группам инвалидности (2014 г.)

Контингент	Число лиц	Доля, %
Состоит на инвалидности всего	1488	100,0
в т.ч.:		
1 группа инвалидности	105	7,0
2 группа инвалидности	815	54,8
3 группа инвалидности	568	38,2

Таблица 4

Заболеваемость ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС злокачественными новообразованиями (C00-C97,9) за 1989–2009 гг. и населения России в 2007 г. по возрастным группам (на 100 000) и их соотношение

Возрастная группа	Заболеваемость по возрастным группам					
	Мужчины			Женщины		
	ОРЧ	РФ	РФ/ОРЧ	ОРЧ	РФ	РФ/ОРЧ
18–29 лет	58,9	55,1	0,94	0	26,1	-
30–39 лет	59,3	58,2	0,98	93,8	99,6	1,06
40–49 лет	168,4	171,2	1,02	260	257,6	0,99
50–59 лет	486,2	629,5	1,29	432,2	524,2	1,21
60–69 лет	974,2	1415,5	1,45	609,8	831,7	1,36
70 лет и старше	1631,2	2113,8	1,30	1122,4	1057,1	0,94

Таблица 5

Смертность мужчин-ликвидаторов аварии 1986–1987 гг. (10713 чел.) по возрастным группам и периодам наблюдения (от всех причин)

Возрастные группы	Циклы исследования (годы)			
	1990–1992	1993–1995	1996–1998	1999–2001
Все	3,4 ± 0,3	7,5 ± 0,4	9,2 ± 0,5	12,7 ± 0,6
в т.ч.:				
18–29 лет	1,3 ± 0,6	–	–	–
30–39 лет	1,5 ± 0,3	3,3 ± 0,5	3,9 ± 0,7	5,0 ± 1,1
40–49 лет	4,4 ± 0,6	7,4 ± 0,7	5,6 ± 0,6	8,8 ± 0,8
50–59 лет	5,8 ± 0,9	13,6 ± 1,4	14,3 ± 1,4	13,6 ± 1,3
60–69 лет	11,4 ± 2,8	17,4 ± 2,8	24,5 ± 2,7	24,6 ± 2,3

В исследовании оценки риска возникновения злокачественных новообразований у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС были использованы персональные эффективные дозы двух видов источников облучения:

- дозы внешнего облучения, полученные ликвидаторами последствий аварии на ЧАЭС при работе в 30-км зоне;
- дозы внешнего профессионального облучения работников основного производства – лиц, состоящих (состоявших) на индивидуальном дозиметрическом контроле (ИДК), участвовавших в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС.

Дозы профессионального облучения были представлены из ОАО «Концерн Росэнергоатом» при участии ФМБА России. В разработку включены данные о дозах профессионального облучения работников Балаковской, Белоярской, Билибинской, Калининской, Кольской, Курской, Ленинградской, Нововоронежской, Ростовской и Смоленской АЭС. Кроме того, были собраны данные о дозах профессионального облучения работников других предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом», на которых работают (работали) ликвидаторы последствий аварии на ЧАЭС.

Дозы профессионального облучения были представлены по годам работы с радиоактивными веществами и ИИИ от начала работы на предприятиях и организациях Госкорпорации «Росатом» по 2011 г. Рассчитаны кумулятивные дозы, которые были привязаны к участникам ликвидации аварии, включенных в регистр. Для работы была сформирована база данных с дозами облучения и заболеваниями солидными раками.

Всего в работу включена информация о 12698 ликвидаторах последствий аварии на ЧАЭС, мужчинах, имеющих данные о дозах, полученных во время работы в 30-км зоне. Дозы профессионального облучения удалось собрать у 1333 человек (9,9 %).

Данные о дозах внешнего облучения ликвидаторов различных годов пребывания в 30-км зоне представлены в табл. 6.

Средний возраст в 2013 г. составил у мужчин 61,5 ± 0,1 года.

В табл. 7 представлены некоторые характеристики обобщенной базы данных по пяти дозовым группам. Группы формировались из расчета примерно равного количества лиц и с учетом полученных доз облучения.

На рис. 4 представлена структура дозовых нагрузок от внешнего облучения работников предприятий и организаций, участвовавших в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Доля доз до 10 мЗв составляет 52 % в структуре доз внешнего облучения, полученных ликвидаторами последствий аварии на ЧАЭС, и 11 % дозы свыше 50 мЗв.

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 (рис. 5).

Таблица 6

Обеспеченность ликвидаторов последствий аварии данными о дозах внешнего облучения, полученных при работе в 30-км зоне

Годы въезда	Количество ликвидаторов	Из них есть данные по дозе		Среднее значение, мЗв
		число лиц	%	
1986–1990	20678	12698	61,4	23,0
1986	12122	7338	60,5	68,5
1987	5530	3371	61,0	29,0
1988	1950	1304	66,9	23,7
1989	834	584	70,0	14,4
1990	242	101	41,7	12,7

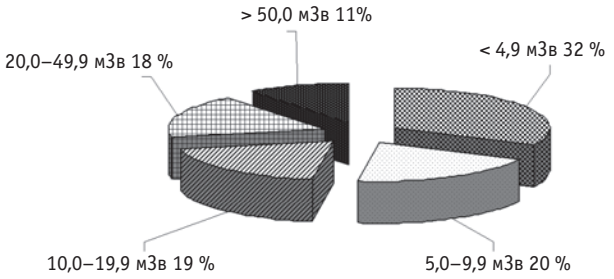

Рис. 4. Структура доз внешнего облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, полученных при работе в 30-км зоне (мужчины)

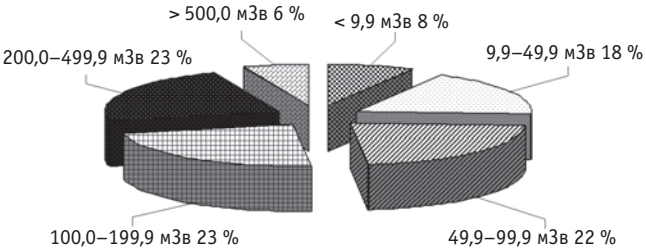

Рис. 5. Структура суммарных доз внешнего облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, полученных при профессиональной работе и работе в 30-км зоне (мужчины)

Для оценок риска по группированным данным, объединенным в возрастные, дозовые и другие группы, использован пакет прикладных статистических программ EPICURE (модуль AMFIT), широко при-

Таблица 7

Характеристика базы данных ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС (дозы ЧАЭС, профессиональные дозы)

Дозовая группа (ЧАЭС)	Число ликвидаторов	Средняя доза, мЗв	Дозовая группа (проф)	Число ликвидаторов	Средняя доза, мЗв
0,1–4,9	2929	2,2	0,1–5,9	2983	2,6
5,0–12,9	2270	8,0	6,0–16,7	2248	10,3
13,0–35,1	2497	21,7	17,0–48,8	2478	30,5
36,0–98,8	2509	62,3	49,0–120,5	2485	80,4
99,0–1478,5	2493	180,4	121–1985,6	2504	229,1

Таблица 8

Стратифицированные показатели ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, мужчин – работников предприятий и организаций ГК «Росатом» (по дозам ЧАЭС), относительный риск

Дозовая группа	Доза (минимум-максимум, мЗв)	Средняя доза, мЗв	Число ликвидаторов, мужчины	Средний возраст на начало работы с РВ и ИИИ	Чел.-лет наблюдения	Число больных ЗНО	Относительный риск
1	0,1–4,9	2,2	2929	36,4	27246	170	1,0
2	5,0–12,9	8,0	2270	35,7	10003	142	0,98
3	13,0–35,1	21,7	2497	35,9	5323	172	1,07
4	36,0–98,8	62,3	2509	35,6	5306	160	1,01
5	99,0–1478,5	180,4	2493	35,5	6614	165	1,01

Таблица 9

Стратифицированные показатели ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, мужчин – работников предприятий и организаций ГК «Росатом» (по дозам ЧАЭС + профессиональным), относительный риск

Дозовая группа	Доза (минимум – максимум, мЗв)	Средняя доза, мЗв	Число ликвидаторов, мужчины	Средний возраст на начало работы с РВ и ИИИ	Чел.-лет наблюдения	Число больных ЗНО	Относительный риск
1	0,1–5,9	2,6	2983	36,5	158915	173	1,0
2	6,0–16,7	10,3	2248	36,1	118048	125	0,86
3	17,0–48,8	30,5	2478	35,4	130610	169	1,06
4	49,0–120,5	80,4	2485	35,6	131358	147	0,92
5	121–1985,5	229,1	2504	35,7	136016	191	1,15

меняемый в современной радиационно-эпидемиологической практике.

Для расчетов риска возникновения радиационно-индуцированных солидных раков у ликвидаторов по программе AMFIT данные были разделены на 5 дозовых групп соответственно для доз, полученных в результате ликвидации аварии на ЧАЭС, и по суммарной дозе (табл. 8, 9). Кроме того, данные стратифицированы по возрасту на дату въезда и по циклам исследования.

Результаты и обсуждение

Значение дополнительного относительного риска в расчете на 1 Зв, рассчитанное при использовании только доз внешнего облучения, полученных при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, значительно ниже искомого коэффициента риска, рассчитанного при использовании суммы доз как чернобыльской, так и профессионального облучения (табл. 10). При этом имеет место достоверное отличие от нуля коэффициента ERR/Sv, рассчитанного в случае использования суммарной дозы.

Таким образом, результаты проведенного исследования на более полном материале данных о дозах облучения еще раз подтвердили выводы предыдущих работ [12, 13], что использование только отдельных компонент дозовой нагрузки человека приводит к получению некорректных результатов в оценке риска возникновения радиационно-индуцированных злокачественных новообразований.

Также необходимо отметить, что в связи с уникальностью Отраслевого регистра, включающего ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом», необходимо продолжение работ по его совершенствованию в плане сбора информации для корректного проведения исследований и использования его в дальнейшем для проведения оценки качества различных ведомственных медико-социальных программ.

Таблица 10

Оценки радиационных рисков возникновения злокачественных новообразований с использованием программы AMFIT для доз различных видов облучения

Дозы	ERR на 1 Зв	Ошибка показателя	Значения доверительных интервалов	
ЧАЭС	0,1310	0,5	–0,9286	1,190
ЧАЭС+проф	1,127	0,51	0,1311	2,122

По материалам Отраслевого регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС, вышло более 160 научных трудов в стране и за рубежом.

Заключение

Основным источником получения надежных данных о последствиях облучения людей при низких дозах является детальное исследование долгосрочных последствий для здоровья на базе медико-дозиметрических регистров. Для формирования научного базиса оценки последствий облучения, связанного с чернобыльской аварией, требуется тщательное изучение радиационной аварии на ЧАЭС как с фундаментальных, так и с практических позиций. Одной из важных составляющих радиационно-эпидемиологического

анализа и разработки программ профилактических мероприятий являются данные о дозовых нагрузках населения и ликвидаторов от различных источников ионизирующего излучения, которые вместе с данными о состоянии здоровья служат базой для оценки риска радиационно-обусловленных заболеваний. Таким образом, важное практическое значение имеют выводы:

1. Используя какую либо часть общей дозы облучения человека для расчета риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний, мы будем получать некорректные результаты, неизвестно насколько далеких от истины.

2. Получены различающиеся значения рисков возникновения радиационно-индуцированных заболеваний у лиц, принимавших участие в ликвидации аварии на ЧАЭС, при использовании различных компонент общей дозы облучения.

3. Полученный результат еще раз подчеркивает актуальность и необходимость создания единого медико-дозиметрического регистра работников предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом» с информацией о всех видах воздействия ионизирующего излучения на человека, обозначенных в директивных документах.

Перспективой дальнейшего исследования на следующем этапе работы следует считать:

1. Продолжение сбора данных о профессиональных дозах облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников всех предприятий и учреждений Госкорпорации «Росатом», для увеличения мощности исследования.

2. Организацию сбора данных о дозах медицинского и природного облучения ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, работников всех предприятий и учреждений Госкорпорации «Росатом».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kamiya K., Ozasa K., Akiba S. et al. Long-term effects of radiation exposure on health // Lancet. 2015. V. 1. № 386. P. 469–478.
2. Kondo S. Rational risk estimation in relation to atomic bomb radiation // J. Radiat. Res. 1990. V. 31. № 2. P. 174–188.
3. Muirhead C.R. Studies on the Hiroshima and Nagasaki survivors, and their use in estimating radiation risks // Radiat. Prot. Dosimetry. 2003. V.104. № 4. P. 331–335.
4. Kendall G.M., Mairhead C.R. MacGibbon B.H. The UK's National Registry for Radiation Workers: first results // Nucl. Eng. Intern. 1993. V. 1. P. 2–3.
5. Muirhead C.R., Haylock R. Ionising radiation and occupational cancer in Britain. // Br. J. Cancer. 2012. V. 107. № 9. P. 1660–1661.
6. Wing S., Shy C.M., Wood G.L. et al. Mortality among workers of Oak Ridge National Laboratories – evidence of radiation effects in follow-up through 1984. // J. Amer. Med. Fssoc. 1992. V. 304. P. 220–225.
7. Gribbin M.A., Weeks Y.L., Howe G.R. Cancer mortality (1956–1985) among male employees of Atomic Energy of Canada Limited with respect to occupational exposure to external low-linear-transfer ionizing radiational // Radiat. Res. 1993. 133. P. 375–380.
8. Кошурникова Н.А., Шильникова Н.С., Окатенко П.В. и соавт. Характеристика когорты рабочих атомного предприятия ПО «Маяк» (часть 1) // Вопросы радиац. безопасности. 1998. № 2. С. 46–55.
9. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Максютов М.А., Горский И.А. и соавт. Радиационно-эпидемиологический анализ данных РГМДР от участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. 1995, Т. 78. Вып. 2. С. 121–127.
10. Туков А.Р., Дзагоева Л.Г., Клеева Н.А. Заболеваемость лиц, принимавших участие в ЛПА // В сб.: «Чернобыльская катастрофа: диагностика и методико-психологическая реабилитация пострадавших». – Минск. 1993. С. 110–111.
11. Алгазин А.И., Киселев В.И., Шойхет Я.Н. и соавт. Формирование регистра лиц, подвергшихся радиационному воздействию при испытании ядерного устройства на Семипалатинском полигоне 29 августа 1949 г. // Вестник научной программы «Семипалатинский полигон – Алтай». 1996. № 1. С. 57–67.
12. Туков А.Р., Шафранский И.Л., Бирюков А.П., Фомин А.А. 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. Использования данных о дозах различного вида облучения в радиационной эпидемиологии // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2014. Т. 59. № 1. С. 43–49.

Поступила: 09.03.2016
Принята к публикации: 22.03.2016