

В.П. Крючков, Л.А. Ильин, О.А. Кочетков, А.Г. Цовьянов

ДОЗЫ УЧАСТНИКОВ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

V.P. Kryuchkov, L.A. Il'yin, O.A. Kochetkov, A.G. Tsovyanov

Official and Real Doses of Participants of Elimination of Consequences of the Accident at the Chernobyl NPP

РЕФЕРАТ

Цель: Провести сравнение «официальных» индивидуальных доз участников ликвидации последствий аварии (ЛПА) на Чернобыльской АЭС с реальными дозами ликвидаторов путем анализа индивидуальных доз на красный костный мозг, реконструированных методом RADRUE.

Материал и методы: Исследования были выполнены по значениям доз на красный костный мозг, реконструированным методом RADRUE и по информации из анкет ликвидаторов. Сравнивались дозовые распределения у военных ликвидаторов и профессионалов ядерной отрасли.

Результаты: Показан артефактный характер этих распределений для военных ликвидаторов. Метод RADRUE продемонстрировал свою дееспособность на двух выборках доз ликвидаторов, относительно которых существовала уверенность в их высокой достоверности: пациентов Клинической больницы № 6 и персонала УС-605, проживавшего в Обнинске после ЛПА на ЧАЭС. Реконструированные дозы оказались близкими к предсказанным в 1995 г. Л.А. Ильиным с соавт. В среднем они были ниже значений «официальных» доз, но доля превышений аварийного предела доз, равного 250 мГр в 1986 г., оказалась выше, чем для «официальных» доз, за счет более широкого распределения доз, оцененных по RADRUE.

Выводы: Сравнение «официальных» доз и доз, реконструированных методом RADRUE, показывает, что использование «официальных» доз, которые содержатся в национальных медико-дозиметрических регистрах, недостаточно корректно для эпидемиологических оценок. Метод RADRUE показал свою состоятельность в ретроспективной оценке доз ликвидаторов и верификации «официальных» доз, используя в международных эпидемиологических исследованиях уже в течение 16 лет.

Ключевые слова: метод RADRUE, ликвидаторы, дозиметрия, внешнее облучение, авария на Чернобыльской АЭС

ABSTRACT

Purpose: Identification and justification of the discrepancy between “official” individual doses and real doses of Chernobyl liquidators, by analyzing individual doses to the red bone marrow reconstructed by RADRUE method.

Material and methods: The study was carried out by analysis of the data for the dose to the red bone marrow, reconstructed by RADRUE and information from questionnaires of liquidators whose doses were reconstructed by this method. Dose distributions of military liquidators and professionals in the nuclear industry were compared.

Results: The artifact character of the distribution for military liquidators was shown. RADRUE method demonstrated its applicability on two samples of doses of the liquidators with high confidence in their reliability: patients of 6th clinical hospital and personnel of US-605, lived in Obninsk after liquidation of consequences of the accident at Chernobyl NPP. Reconstructed doses were close to those predicted in 1995 by L.A. Il'in et al. On average, they were lower than the values of the “official” doses, but the percentage of exceedance of emergency limit of the dose (250 mGy in 1986) was higher than for the “official” doses through wider distribution of doses measured by RADRUE.

Conclusion: The results of the comparison of official doses and doses, reconstructed by RADRUE method show the fallibility of the “official” doses contained in the National Medical and Dosimetric Registry. Revision of epidemiological assessments made on the basis of dosimetric data contained these registers is needed. RADRUE method showed its applicability in the retrospective assessment of doses of liquidators and in the verification of the “official” doses, and has been in use in the international epidemiological studies already for 16 years.

Key words: RADRUE method, liquidators, dosimetry, external irradiation, the accident at the Chernobyl NPP

Введение

Около 240 тыс. человек (гражданских и военных), так называемых «ликвидаторов», было вовлечено в 1986–1987 гг. в работы внутри и около 30-км зоны вокруг Чернобыльской атомной станции. Эти ликвидаторы работали в разных подразделениях и выполняли различные по своему характеру работы. «Официальными» дозами принято называть те дозы ликвидаторов, которые содержатся в украинском, российском и белорусском государственных медико-дозиметрических регистрах (в настоящее время — Национальный радиационно-эпидемиологический регистр (НРЭР)). Индивидуальные дозы в эти реги-

стры были занесены в соответствии с записями в военных билетах ликвидаторов и различных справок о дозах, имевшихся у участников ЛПА на ЧАЭС на руках. Создатели регистров осознавали существенную неполноту исходных дозиметрических данных, неудовлетворительное качество информационного содержания и прилагали усилия для исправления ситуации [1].

В 1995 г. появилась работа Л.А. Ильина с соавт., в которой качество дозиметрического контроля впервые оценивалось дифференцированно для различных контингентов ликвидаторов [2]. В этой работе были сформулированы основные положения о результатах

дозиметрического контроля и предсказано другое, более широкое распределение индивидуальных доз участников ЛПА в 1986 г. по сравнению с распределением «официальных» доз.

Вот что говорит по этому поводу международный документ, который подвел итоги 20-летних исследований здоровья ликвидаторов и населения, подвергшихся воздействию ионизирующих излучений в результате аварии на ЧАЭС [3]: «Данные из национальных регистров не полны, они покрывают менее половины от общего числа аварийных рабочих и не включают информацию о типе работы, которую они выполняли и т.д. Дозы, которые записаны в национальных регистрах Белоруссии, России и Украины не достаточно хороши для аналитических эпидемиологических исследований, в которых индивидуальные дозы должны быть оценены. Для 10 % военных ликвидаторов дозы недостоверны. Для остальных военных ликвидаторов дозы систематически завышены в среднем в два раза. Данные из регистров должны быть поддержаны, используя другую информацию, и верифицированы другими методами. В настоящее время для дозовых оценок ликвидаторов лучшим методом является метод RADRUE. Этот метод применим для всех ликвидаторов и позволяет рассчитать дозы на отдельные органы, заболеваемость которых изучается...».

Материал и методы

Метод RADRUE – это аналитический метод реконструкции доз ликвидаторов [4], разработанный в Институте биофизики (в настоящее время – ФГБУ ГНЦ Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России) совместно со специалистами Международного агентства по исследованию рака (IARC) Всемирной организации здравоохранения и Национального института рака (NCI) США. Самим же этим организациям метод реконструкции доз ликвидаторов потребовался для практической цели – дозиметрического обеспечения исследований по лейкозам и другим злокачественным заболеваниям крови. С 1995 по 2003 г. проводилось международное исследование среди ликвидаторов Белоруссии, России и стран Балтии (Литвы, Латвии и Эстонии) под эгидой IARC. Аналогичное исследование среди ликвидаторов Украины под эгидой NCI было начато в 2002 г. и продолжается до настоящего времени, теперь уже по раку щитовидной железы. В 2015 г. началась пилотная стадия проекта TRIOs, где исследуются отдаленные генетические эффекты у детей ликвидаторов аварии на ЧАЭС. В этом проекте используются также дозовые оценки, полученные методом RADRUE.

В методе RADRUE принципиальную роль играет классификация ликвидаторов по определенным контингентам (см. рис. 1). Каждый контингент ликвидаторов имел свои условия труда, систему организации радиационной защиты и, как следствие, характерный диапазон индивидуальных доз. Идея разделения ликвидаторов на несколько контингентов появляется еще в работе [2], а подробное описание контингентов содержится в работе [5]. Здесь мы только перечислим несколько основных контингентов участников ЛПА на ЧАЭС.

Прежде всего, это заболевшие острой лучевой болезнью (ОЛБ) и свидетели аварии. У этого контингента в силу сложившихся обстоятельств не было аварийного дозиметрического контроля. Их дозы могли быть только реконструированы (методом RADRUE) или ретроспективно восстановлены (методами биологической дозиметрии). Это и было сделано в Клинической больнице № 6, куда поступили после аварии больные ОЛБ и свидетели аварии, по нестабильным хромосомным aberrациям [6], а также методом RADRUE в ходе выполнения международных эпидемиологических проектов.

Одной из многочисленных групп ликвидаторов были военные ликвидаторы (см. рис. 1), включая кадровых военных и лиц, призванных из запаса, которые занимались либо техническим обеспечением работ (вертолеты и др.), либо выполняли работы по дезактивации зданий и территории ЧАЭС, населен-

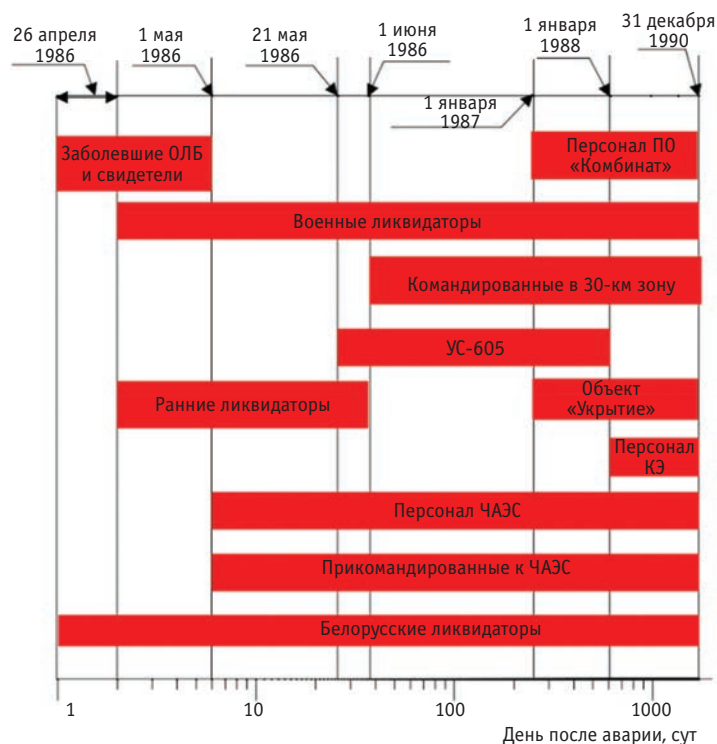


Рис. 1. Расположение контингентов ликвидаторов на временной шкале

ных пунктов, строительные работы. У военных ликвидаторов была своя служба дозиметрического мониторинга в каждом подразделении, который, как правило, был организован на низком уровне и приводил к большой систематической погрешности — в среднем дозы завышались, по разным оценкам, в 1,8–2,0 раза [2, 7]. Об индивидуальном дозиметрическом контроле (ИДК) военных ликвидаторов следует сказать особо. За исключением, в основном, тех случаев, когда работа военных ликвидаторов курировалась гражданскими дозиметристами, ИДК в воинских частях проводился расчетным или групповым методом, что приводило к большим погрешностям в результатах. Об этом свидетельствуют документы ВОЗ и МАГАТЭ [3, 8]. В первом случае дозовая нагрузка определялась путем учета γ -фона, умноженного на часы пребывания, во втором группа ликвидаторов, выполнявшая одинаковую работу, использовала единственный дозиметр, результат показания которого приписывался каждому члену группы.

К группе профессионалов атомной науки и техники относится персонал ЧАЭС и персонал других атомных станций, командированный на ЧАЭС, персонал УС-605 — организации, специально созданной для строительства «Саркофага» над четвертым блоком, а также научные сотрудники, командированные в эти организации. Эта категория ликвидаторов была обеспечена интегральными дозиметрами, и, при необходимости, оперативными дозиметрами для контроля доз за каждый день работы. Индивидуальная дозиметрия в этих контингентах была организована на должном уровне и соответствовала всем требованиям норм радиационной безопасности [10].

Дозовые распределения для разных контингентов ликвидаторов обладают в разной степени одной и той же особенностью. Эта особенность хорошо заметна в виде острых пиков на гистограммах дозовых распределений с малым шагом по дозе [5]. Такие гистограммы представлены на рис. 2 для персонала УС-605

и военных ликвидаторов в 1986 г. Как для военных ликвидаторов, так и для персонала УС-605 на гистограммах распределений отчетливо видны пики при некоторых дискретных значениях дозы. Для военных ликвидаторов эти пики сосредоточены, главным образом, в области больших доз, тогда как для персонала УС-605 при больших дозах пики вообще не наблюдаются. Для военных ликвидаторов среди пиков наиболее часто встречается значение дозы в 250 мЗв.

Опыт наблюдения за работой дозиметрических служб показал, что эти пики связаны либо с округлением измеренных значений доз вблизи порога чувствительности дозиметров, либо с приписыванием без измерения одинаковых значений доз группам ликвидаторов. Не существует никаких физических причин, благодаря которым одни значения доз должны встречаться во много раз чаще, чем другие, почти не отличающиеся от них, значения доз. В любом случае приходится признать артефактный характер этих пиков.

Неполнота и некорректность части дозиметрических данных из Государственных медико-дозиметрических регистров затрудняет использование «официальных» доз в эпидемиологических исследованиях ликвидаторов для количественной оценки риска, зависящего от дозы излучения. По мнению авторов работы [11], для субъектов эпидемиологического исследования необходима информация о поглощенных дозах в отдельных органах и тканях вместо эффективных доз, о поглощенных дозах за определенные промежутки времени вместо суммарных доз за весь период воздействия, а также о дозах индивидуальных, вместо средних, для каждой популяционной группы, и о возможно более точных дозах.

Столь высокие требования трудно реализовать физическими методами, особенно на ранних стадиях аварии, как это продемонстрировал чернобыльский опыт. Подобного рода трудности в осуществлении физической дозиметрии типичны для ситуаций не-

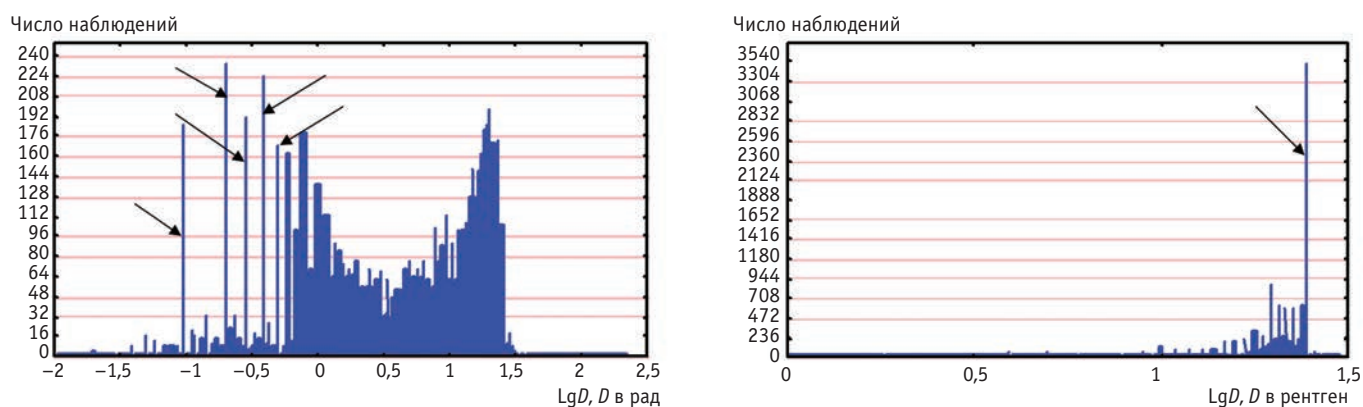


Рис. 2. Гистограмма распределения логарифмов доз для персонала УС-605 (слева) и для военных ликвидаторов (справа) в 1986 г. Стрелки указывают на пики

преднамеренного облучения. Это привело к изысканию альтернативных методов установления поглощенной дозы излучения, в частности, на основе биологических показателей (маркеров). Однако, несмотря на первоначальную привлекательность каждого из методов, попытки их использования в качестве маркеров индивидуальной дозы наталкиваются на ряд общих трудностей, к числу которых относятся высокий порог детектирования дозы (недостаточная чувствительность), неспецифичность к воздействию ионизирующего излучения (курение, алкоголь, лекарственные препараты) и высокий спонтанный уровень маркера. Как итог — методы биодозиметрии при существующем уровне их развития не позволяют реконструировать индивидуальные дозы ликвидаторов, если последние существенно ниже уровня клинически значимых доз.

Сказанное относится и к ЭПР-спектрометрии эмали зубов. Первоначально казавшийся идеальным метод реконструкции доз (отсутствие элиминации ЭПР-сигнала, линейный выход ЭПР-сигнала в широком диапазоне поглощенных доз) натолкнулся на ряд особенностей, затрудняющих его использование. Главными из этих особенностей являются большие фоновые облучения зубов и сильная энергетическая зависимость ЭПР-сигнала [12], а также технические трудности ее осуществления.

В 1995 г. появилась публикация, которая сыграла определяющую роль в решении проблемы соотношения «официальных» доз с реальностью. Речь идет об уже упомянутой во введении работе [2]. Значение этой работы заключается в том, что в ней впервые предложено всех ликвидаторов разделить на отдельные контингенты (исходный постулат метода RADRUE), были обобщенно сформулированы проблемы индивидуальной дозиметрии при ЛПА на ЧАЭС, описано качество ведения ИДК в различных контингентах ликвидаторов. Наконец, в этой работе было обосновано распределение «реальных» доз для ликвидаторов 1986 г., которое существенно отличалось от распределения «официальных доз». На рис. 3 воспроизведены гистограммы распределения «официальных» доз ликвидаторов 1986 г. из работы [2]. На том же рисунке представлено «реальное» распределение доз ликвидаторов, предсказанное в работе [2]. Из сравнения распределений, представленных на рис. 3, очевидны отличия распределения «официальных» доз от распределения, предсказанного в работе [2], а именно:

- распределение «официальных» доз существенно уже;
- средние значения доз для распределения «официальных» доз существенно выше, чем для распределения, предсказанного в работе [1];
- частота появления доз, превышающих значение предельно допустимой дозы (ПДД), в 1986 г. рав-

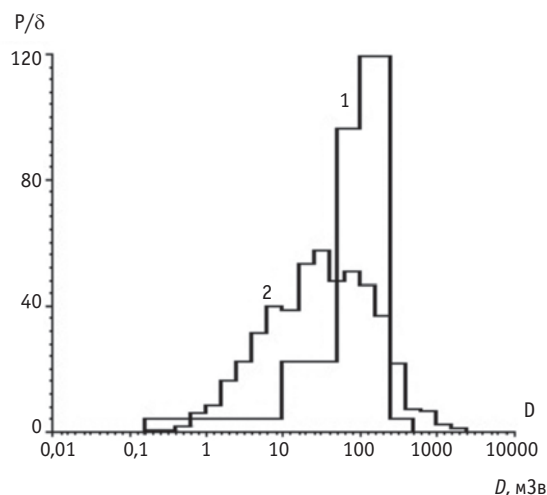


Рис. 3. Гистограмма распределения индивидуальных доз внешнего γ -излучения ликвидаторов в 1986 г. по данным российского регистра [11] (кривая 1) и по работе [1] (кривая 2), где P — количество ликвидаторов (%) в интервале доз δ

ное 250 мЗв, существенно ниже для «официального» распределения доз. Среди ликвидаторов 1986 г., около 7 % имеют реальные дозы внешнего γ -излучения, превышающие 250 мЗв.

Таким образом, данные по дозам из государственного регистра [13] находятся в противоречии с результатами работы [2].

После публикации этой работы развернулась острая дискуссия по дозиметрическим аспектам ЛПА на ЧАЭС [14, 15], которая, если рассматривать конструктивный аспект дискуссии, привела к пополнению регистров за счет базы данных Института биофизики качественными данными по дозам ликвидаторов — профессионалов атомной отрасли. Так же была сформирована группа ликвидаторов из Обнинска — бывших работников Управления строительства-605 (строители объекта «Укрытие»), в достоверности инструментальных доз которых, существовал консенсус среди ученых Института биофизики и Центра радиационной медицины в Обнинске. Эта группа вместе с группой больных ОЛБ, лечившихся в клинике Института биофизики на базе Клинической больницы № 6, дозы которых были определены по нестабильным хромосомным aberrациям [5], сыграли в дальнейшем важнейшую роль при верификации нового метода реконструкции доз RADRUE. Однако существенного улучшения в дозиметрической части регистра в целом не наступило.

Неудовлетворительное положение дел в дозиметрических разделах регистров явилось даже причиной появления в международных документах необоснованного утверждения о равенстве средних доз ликвидаторов, работавших в 1986 г. и в 1987 г. значению 100 мГр [8].

Таблица 1

Распределение доз участников ЛПА в 1986 г. по данным медико-дозиметрического регистра [13], данным работы [2] и рассчитанным по RADRUE, мГр

Тип доз	Источник доз	<10	10–50	50–100	100–250	250–500	>500
«Официальные»	Регистр (1986) [13]	7	16	29	47	1	0
«Истинные»	По работе [2]	27	34	15	17	5	2
рассчитанные по RADRUE	Украина (1986) по 445 ликвидаторам	42	23	9	13	9	4
	Россия+страны Балтии (1986) по 254 ликвидаторам	9	33	18	27	12	1
	Украина + Россия + страны Балтии по 699 ликвидаторам	30	27	12	18	10	3

В 1995 г. можно было критиковать методы получения «официальных» доз, но распределение «реальных» доз в работе [2] было выведено из теоретических соображений.

Спустя двадцать с лишним лет ситуация коренным образом изменилась — в нашем распоряжении теперь есть массив индивидуальных доз, полученных методом RADRUE. Сравнению «официальных» доз с дозами по RADRUE посвящен следующий раздел статьи.

Результаты и обсуждение

Метод RADRUE продемонстрировал свою способность на двух выборках доз ликвидаторов, относительно которых существовала уверенность в их высокой достоверности: пациентов Клинической больницы № 6 и персонала УС-605, проживавших в Обнинске после ЛПА на ЧАЭС [5]. Дозы, реконструированные методом RADRUE, оказались близкими к предсказанным в 1995 г. в работе [2]. В среднем они были ниже значений «официальных» доз, но доля превышений аварийного предела доз, равного 250 мГр в 1986г., оказалась выше, чем для «официальных» доз за счет более широкого распределения доз, оцененных по RADRUE.

Интерес представляет сравнение оценок доз на красный костный мозг (ККМ), полученных по методу RADRUE, с «официальными» значениями доз ликвидаторов, работавших в 1986 г. Это позволяет проверить предсказания, сделанные в работе [2], относительно истинного распределения доз ликвидаторов в 1986 г. В первой строке табл. 1 приведено распределение «официальных» доз ликвидаторов за 1986 г. из работы [13] по дозовым интервалам. В следующей строке той же таблицы представлено реальное распределение значений доз ликвидаторов, предсказанное в работе [2]. В той же таблице приведены распределения доз на ККМ у ликвидаторов 1986 г., рассчитанные по RADRUE. Это сделано отдельно для ликвидаторов Украины и России + страны Балтии и всех вместе в третьей, четвертой и пятой строках соответственно. В табл. 2 представлены средние значения доз и медианы распределений доз на ККМ,

распределений «официальных» доз для российского, украинского регистров [8, табл. 18] и по работе [2].

Как можно видеть из табл. 1 и 2, распределения доз на ККМ по RADRUE близки к распределению, предсказанному в работе [2] (рис. 3 в настоящей статье):

- распределения доз на ККМ по RADRUE шире, чем распределение «официальных» доз;
- средние значения доз на ККМ по RADRUE и распределения, предсказанного в работе [2], меньше, чем средние значения для распределения «официальных» доз;
- оба распределения доз (по RADRUE и по работе [2]) предсказывают большую частоту появления доз, превышающих значение ПДД в 1986г. (250 мГр), чем распределение «официальных» доз.

Справедливость первого вывода следует из сравнения соответствующих строк в табл. 1. Что касается второго и третьего выводов, то они вытекают из табл. 2. Причем, если взять за среднее «официальной» дозы по объединенной украино-российско-прибалтийской выборке значение, равное 175 мЗв, то отношение средних доз по работе [8, табл. 18] к средним дозам по RADRUE составит 0,595, что близко к величине 0,60 этого отношения, предсказанного в работе [2].

Таблица 2

Параметры распределений индивидуальных доз участников ЛПА в 1986 г.

Категории ликвидаторов	Средняя доза за 1986 г., мЗв	Медиана за 1986 г., мЗв
Российский регистр [8, табл. 18]	169	194
Украинский регистр [8, табл. 18]	185	190
По работе [2]	83	30
Украинские ликвидаторы по RADRUE	93	16
Россия+страны Балтии по RADRUE	124	69
Украина+Россия+страны Балтии по RADRUE	104	45

На рис. 4. представлены гистограммы распределений значений индивидуальных доз, рассчитанные по RADRUE, для украинских, белорусских, россий-

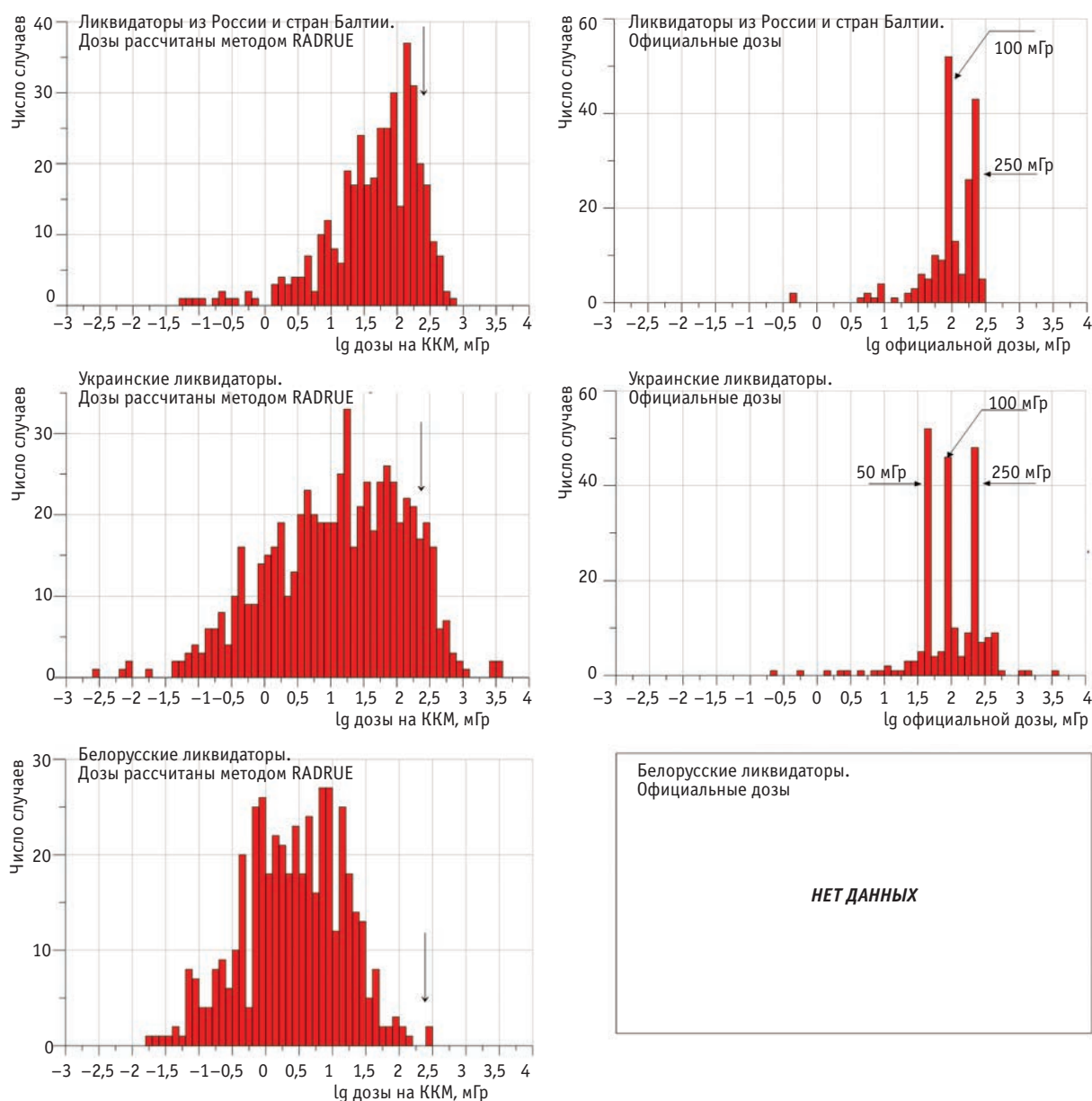


Рис. 4. Гистограммы распределений индивидуальных доз ликвидаторов: слева — рассчитанные методом RADRUE, справа — «официальные» дозы из анкет ликвидаторов

ских и прибалтийских ликвидаторов. Для сравнения на том же рисунке показаны справа распределения «официальных» доз, взятых из анкет ликвидаторов для украинских, российских и прибалтийских ликвидаторов. Для белорусских ликвидаторов — участников кейс-контрольного исследования «официальные» дозы практически не встречались в анкетах и соответствующая гистограмма не представлена.

Как уже подчеркивалось выше, распределение доз, рассчитанных по RADRUE, более размытое, чем распределение «официальных» доз. Кроме того, отчетливо видны три пика (250, 100 и 50 мГр) на распределении «официальных» доз украинских ликви-

даторов и два — 250 и 100 мГр на распределении для российско-прибалтийских ликвидаторов. Эта разница объясняется следующим образом. Исследование среди ликвидаторов из Белоруссии, России и стран Балтии относилось к ликвидаторам, которые участвовали в ЛПА только в 1986 и/или в 1987 гг., а появление пика при 50 мГр обусловлено снижением в 1988 г. ПДД для ликвидаторов до 50 мГр. Поэтому пика при 50 мГр нет на гистограмме распределений индивидуальных доз для белорусских, российских и прибалтийских ликвидаторов. Соответственно на гистограмме для украинских ликвидаторов этот пик присутствует, т.к. соответствующее эпидемиологи-

ческое исследование охватывало период с 1986 по 1990 гг. включительно.

На рис. 5 приведены диаграммы рассеяния доз на ККМ, рассчитанные методом RADRUE, относительно «официальных» доз из анкет ликвидаторов. Пунктирные линии соответствуют равенству «официальной» дозы и дозы, рассчитанной по RADRUE. Расхождение между «официальными» дозами и дозами по RADRUE для точек внутри полосы между двумя штриховыми линиями составляет менее десяти. Условно можно считать, что дозы внутри этой полосы неплохо согласуются друг с другом с учетом погрешности дозовой оценки по RADRUE ($\beta_g = 2 - 4$), а точки на диаграммах рассеяния за пределами этой полосы свидетельствуют об относительно больших расхождениях в результатах двух дозовых оценок. Из рисунка видно, что наблюдаются два типа «больших» расхождений: «редкий», когда доза по RADRUE существенно больше, чем «официальная» доза, и «относительно частый», когда доза по RADRUE ниже, чем «официальная» доза. Первый тип расхождений встречался в исследовании в 20 раз реже, чем второй. А всего случаи больших расхождений между «официальной» дозой и оценкой дозы по RADRUE наблюдались в 17 %.

Анализ показал, что случаи, когда доза по RADRUE существенно превосходит «официальную», связан как правило с тем, что «официальная» доза описывает только часть выполненных ликвидатором работ [8]. Иными словами, «официальная» доза относится только к части выполненных ликвидатором работ по ЛПА.

Принципиально другая ситуация имеет место для группы ликвидаторов, у которых «официальная»

доза во много раз больше, чем доза, рассчитанная по RADRUE. В этом случае для украинских и для российских и прибалтийских ликвидаторов наблюдаются общие закономерности, в т.ч. [9]:

- большинство ликвидаторов из этой группы совсем не бывали ни в 4-км зоне, ни на промплощадке ЧАЭС, а, тем более, на крышах и в помещениях ЧАЭС;
- если отдельные ликвидаторы из этой группы и бывали на промплощадке, то это были эпизодические визиты в наиболее чистые места, например, АБК-1;
- ни один из ликвидаторов этой группы не направлялся на дозозатратные работы, такие как дезактивация, строительство или ремонт в зоне разрушений, радиационная разведка;
- как правило, это были «привилегированные» ликвидаторы: штабные работники, работники сферы снабжения, работники социальной сферы или, напротив, это были ликвидаторы, занимавшиеся тяжелой, грязной, непрестижной работой, никак, однако, не связанной с облучением.

Закономерности, очень похожие на перечисленные выше, рассматривались и ранее [2], но это были утверждения, основанные на собственном опыте авторов. Здесь же речь идет о результатах объективного анализа анкет ликвидаторов.

Информация, содержащаяся в анкетах, часто делает очевидной абсурдность «официальной» дозы ликвидатора. Ниже приводятся два примера, когда «официальная» доза многократно превосходит реальную дозу по RADRUE.

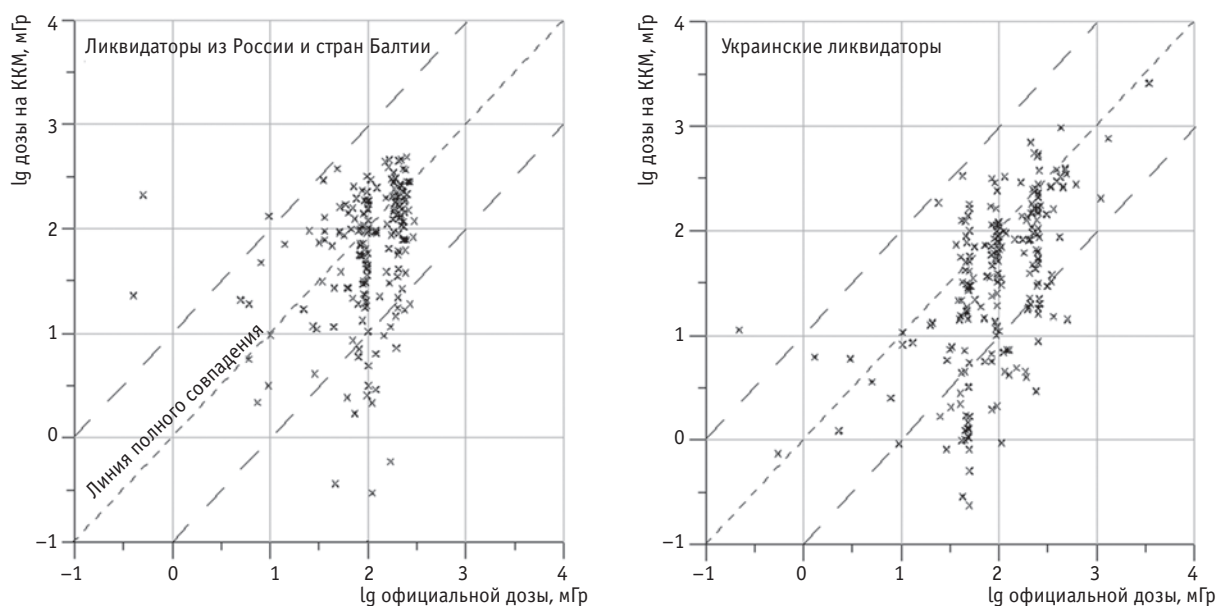


Рис. 5. Диаграмма рассеяния доз на ККМ по RADRUE относительно «официальных» доз

Пример №1 завышенной «официальной» дозы

Военный ликвидатор (анкета №Q0132230) — начальник тылового обеспечения полка. Работал в период с 7 мая по 4 июня 1986 г. на промплощадке ЧАЭС и в 4-км зоне вокруг ЧАЭС не был. Занимался организацией перевозки грузов из речного порта Чернобыля.

Доза в военном билете 251 мГр. Доза на КKM, рассчитанная методом RADRUE, составила для данного военного ликвидатора 13,9 мГр, что примерно в 18 раз меньше, чем «официальная» доза.

Пример №2 завышенной «официальной» дозы

Военный ликвидатор (анкета №Q0529400) — военнослужащий внутренних войск. Участвовал в ЛПА на ЧАЭС в период с 8 июня по 27 ноября 1986 г. Самое «грязное» место в радиационном отношении — Чернобыль, дежурство на перекрестке ул. Кирова — ул. Полупанова (основное место работы). Другие места работы: охрана периметра 30-км зоны, охрана трансформаторной подстанции в Чернобыле.

Запись в карточке учета доз свидетельствует, что этот военный ликвидатор получил дозу, равную 500 мГр. Доза на КKM, рассчитанная по методу RADRUE, составила 14,2 мГр при геометрическом стандартном отклонении равном 1,27, т.е. в 35 раз меньше, чем «официальная» доза.

Приведенные примеры убеждают читателя, что исходная информация, собранная компетентными интервьюерами об обстоятельствах работы ликвидатора, как правило, вполне достаточна для независимого (от «официальной» дозы) расчета дозы методом RADRUE. После этого сравнение дозы по RADRUE с «официальной» позволяет сделать вывод о достоверности последней. В случае их существенного несовпадения полезно вновь вернуться к первичным материалам — анкете ликвидатора. При этом, как правило, последние сомнения в нерелевантности «официальной» дозы исчезают.

У «официальных» доз военных ликвидаторов есть еще одна особенность, которую удалось выявить благодаря проведенной реконструкции доз методом RADRUE и которая представляется, по меньшей

Таблица 3

Средние дозы ликвидаторов, работавших на промплощадке, крышах и главном здании ЧАЭС и работавших только в 4-, 30- и 70- км зонах вокруг ЧАЭС

Тип дозы	D, мГр, только в 4-, 30-, 70-км зонах	D, мГр, промплощадка, главное здание, крыши ЧАЭС
«Официальные» дозы	99	125
Дозы на КKM, рассчитанные по RADRUE	16	80

мере, странной — официальные дозы военных ликвидаторов, работавших и не работавших на промплощадке (в главном здании, на крышах ЧАЭС) мало отличаются друг от друга, в отличие от доз, рассчитанных по RADRUE.

Из табл. 3 видно, что средние значения «официальных» доз отличаются для не работавших и работавших на промплощадке менее чем на 30 %, а по RADRUE — в пять раз. Как следует, например, из монографии [16], уровни мощности эквивалентной дозы на промплощадке (крышах, главном здании ЧАЭС) были на 2–5 порядков выше, чем в остальной 30-км зоне.

О предельной допустимой дозе облучения военных ликвидаторов

Как известно [17], до 21 мая командование исходило в планировании работ военных ликвидаторов из предельно допустимой дозы в 500 мГр, а не 250 мГр, как во всех других контингентах ликвидаторов¹. Начиная с 21 мая, приказом министра обороны СССР № 110 значение ПДД было приведено в соответствие с другими контингентами ликвидаторов и требованиями НРБ-76. Однако такое решительное изменение в ПДД никак не отразилось на временной зависимости средних «официальных» доз ликвидаторов. На рис. 6 показана зависимость средней дозы (скользящее среднее, $n = 1001$) в зависимости от дня начала работ военных ликвидаторов (данные из УГМДР²). На том же рисунке изображена скачкообразная зависимость для военных ликвидаторов, описанная ранее в [9].

Сравнение этих двух зависимостей заставляет еще раз усомниться в достоверности «официальных» доз военных ликвидаторов, зафиксированных в мае 1986 г. Действительно, как видно на рис. 6, скачкообразное изменение ПДД в марте 1987 г. (с 250 до 100 мГр) и в начале 1988 г. (с 100 до 50 мГр) сопровождалось более плавным, но таким же значительным изменением средней дозы военных ликвидаторов. Поэтому трудно объяснимым выглядит отсутствие такого скачка в районе 21 мая 1986 г., когда ПДД военных ликвидаторов в соответствии с приказом министра обороны была понижена с 500 до 250 мГр (см. подробное описание вопроса в работе [17]). На рис. 6 пунктиром показана предполагаемая зависимость средней дозы в мае, которая должна была иметь место в реальности. Это предположение основано на двух наблюдаемых на рис. 6 уменьшениях средних

¹ Имеющиеся руководства по действию войск предписывали, что однократная доза в 50 Р, полученная в течение четырех суток, не приводит к лучевой болезни и выходу из строя [18, С. 556].

² Украинский государственный медико-дозиметрический регистр

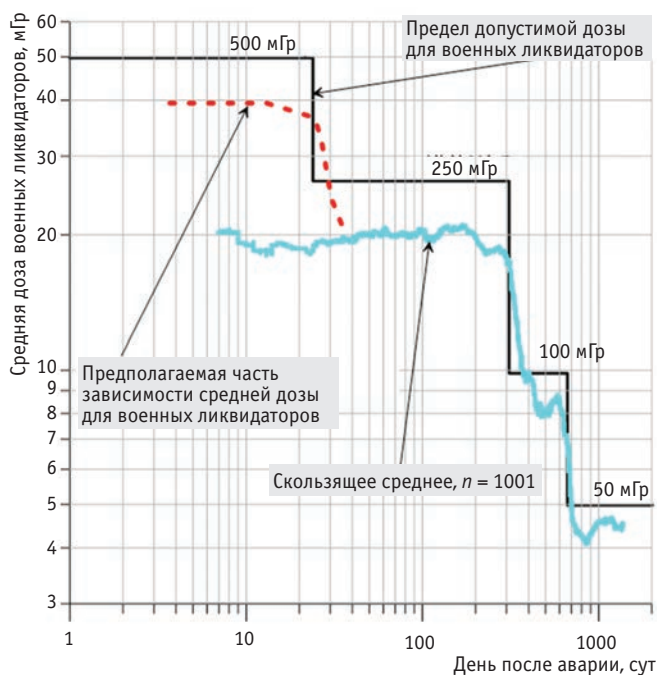


Рис. 6. Зависимость средней дозы военных ликвидаторов от дня начала работ по ЛПА и зависимость ПДД для военных ликвидаторов от дня после аварии

доз военных ликвидаторов, обусловленных уменьшением ПДД с 250 до 100 мГр и со 100 до 50 мГр в 1987 г. и в 1988 г. соответственно. Этот анализ позволяет предположить, что в реальности уровень ПДД, равный 500 мГр, в воинских частях не реализовывался.

Благодаря собранным в клинике ИБФ и в ОРВД-ЧАЭС первичным данным об обстоятельствах работы, а также применению метода RADRUE удалось восстановить дозы некоторых категорий лиц, подвергшихся воздействию радиации в первый день аварии (контингент свидетелей аварии). Все эти лица заведомо не имели индивидуальных дозиметров: работники расположенного рядом с четвертым энергоблоком кафе «Электроника» (300–400 м от четвертого блока ЧАЭС), которые провели там большую часть дня 26 апреля, охраняя материальные ценности; пассажиры поездов, проходивших со станции Янов в Чернигов и обратно на расстоянии 740 м; жители

Припяти, которых не эвакуировали 27 апреля 1986 г.; водители автобусов, вывозивших эвакуированных жителей.

Также по RADRUE была оценена доза жителей Припяти за время проживания и при эвакуации, а также доза, которую могли получить жители Припяти, если бы радиоактивный след после взрыва реактора четвертого блока прошел непосредственно через Припять, а не южнее города. Медианные и средние дозы, 90 %-персентили и значения стандартного геометрического отклонения для этих групп лиц представлены в табл. 4.

Заключение

Проблемы, с которыми столкнулись службы ИДК ликвидаторов, явились прямым следствием беспрецедентно большого объема работ, выполненных по ликвидации аварии и ее последствий.

Неполнота и недостоверность части дозиметрических данных из Государственных медико-дозиметрических регистров затрудняет использование «официальных» доз в эпидемиологических исследованиях ликвидаторов для количественной оценки риска, зависящего от дозы излучения. Для субъектов эпидемиологического исследования необходима информация о поглощенных дозах в отдельных органах и тканях вместо эффективных доз, о поглощенных дозах за определенные промежутки времени вместо суммарных доз за весь период воздействия, о дозах индивидуальных вместо средних для каждой популяционной группы.

Без метода RADRUE попытки реконструкции индивидуальных доз ликвидаторов методами биодозиметрии по состоянию развития этих методов на сегодняшний день не привели бы к конкретным результатам, а использование «официальных» доз в эпидемиологических исследованиях среди ликвидаторов могло бы по-прежнему оправдываться их безальтернативностью.

Метод RADRUE показал свою состоятельность в ретроспективной оценке доз ликвидаторов и в верификации «официальных» доз. Сам метод RADRUE

Таблица 4

Параметры распределения воздушной кермы для разных групп свидетелей аварии

Категория свидетелей аварии	Параметры распределения воздушной кермы			
	Медиана, Гр	Среднее арифметическое, Гр	Распределение 90%-персентили, Гр	β
Работник кафе «Электроника» (внутри)	0,52	1,06	2,3	3,22
Пассажиры поездов	0,0031	0,0046	0,0096	2,34
Неэвакуированные жители Припяти	0,36	0,62	1,30	2,70
Водители автобусов	0,098	0,28	0,65	4,25
Эвакуация из Припяти	0,0067	0,010	0,021	2,53
Жители Припяти	0,023	0,038	0,078	2,67
Возможное облучение жителей Припяти	0,30	0,49	1,00	2,50

был верифицирован на двух выборках достоверных данных по дозам ликвидаторов — для пациентов Клинической больницы № 6 и группе ликвидаторов — сотрудников УС-605, которые проживали в Обнинске.

Таким образом, все сказанное в статье свидетельствует о том, что попытка изучения эпидемиологических последствий аварии на ЧАЭС среди ликвидаторов с использованием «официальных» доз ликвидаторов не является корректно поставленной задачей. Необходима ревизия научных результатов регистров в части их исследований с участниками ЛПА на ЧАЭС, основанная на привлечении дополнительной информации — анкет ликвидаторов, которые совместно с методом RADRUE позволят получить реалистичные оценки доз ликвидаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.К., Цыб А.Ф., Иванов С.И. Ликвидаторы чернобыльской катастрофы: радиационно-эпидемиологический анализ медицинских последствий. — М.: Галанис. 1999. 312 с.
2. 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. Радиоэкология. 1995. Т. 35. № 6. С. 803–828.
3. Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmers. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group “Health” (EGH). 2006.
4. Kryuchkov V., Chumak V., Maceika E. et al. RADRUE method for reconstruction of external photon doses for Chernobyl liquidators in epidemiological studies // Health Phys. 2009. V. 97. № 4. P. 275–298.
5. Крючков В.П., Кочетков О.А., Цовьянов А.Г. и соавт. Авария на ЧАЭС: дозы облучения участников ЛПА на ЧАЭС, аварийный контроль, ретроспективная оценка. — М. 2011 г.
6. Пяткин Е.К., Нугис В.Ю., Чирков А.А. Оценка поглощенной дозы по результатам цитогенетических исследований культур лимфоцитов у пострадавших при аварии на Чернобыльской АЭС // Мед. радиол. 1989. Т. 34. № 6. С. 51–57.
7. Chumak V.V., Krjuchkov V.P. Problem of verification of Chernobyl dosimetric registries. Pages I–545 to I–552 // Technologies for the New Century. Proc. 1998 ANS Radiation Protection and Shielding Topical Conference. April 19–23. 1998. Amer. Nucl. Soc., La Grange Park. Illinois. 1998.
8. UNSCEAR Report to the General Assembly. Annex J: Exposures and effects of the Chernobyl accident. UN. New York. 2000
9. Крючков В.П., Кочетков О.А., Цовьянов А.Г. Радиационно-дозиметрические аспекты ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Под ред. В.Г. Асмолова, О.А. Кочеткова. — М.: ИздАт. 2011 г.
10. Нормы радиационной безопасности НРБ-76. — М.: Атомиздат. 1978.
11. Bouville A., Anspaugh L., Beebe G.W. What is desirable and feasible in dose reconstruction for application in epidemiological studies // In: “The radiobiological consequences on the Chernobyl accident.” Proc. of the first Internat. Conf. Minsk. Belarus. 18–22 March 1996. Brussels–Luxembourg. 1996. P. 995–1002.
12. Mohandas Bhat. Electronic paramagnetic resonance (EPR) tooth dosimetry, a tool for validation of retrospective doses: an end-user perspective. 6th Internat. Sym. on ESR Dosimetry and Applications. Campos do Jordao. Sao Paulo. Brazil. 12–16 October 2003.
13. Цыб А.Ф., Иванов В.К., Айрапетов С.А. и соавт. // Бюлл. «Радиация и риск» Российского государственного медико-дозиметрического регистра. Вып. 2. 1992.
14. Питкевич В.А., Иванов В.К., Чекин С.Ю., Цыб А.Ф. К вопросу о лучевых нагрузках на участников ЛПА на ЧАЭС, занесенных в Российский Государственный медико-дозиметрический регистр // Радиационная биология. Радиоэкология. Т. 36. Вып. 5. С. 747–757. 1996 г.
15. Ильин Л.А., Крючков В.П., Осанов Д.П., Павлов Д.А. Ответ на письмо в редакцию В.А. Питкевича, В.К. Иванова, С.Ю. Чекина, А.Ф. Цыба «К вопросу о лучевых нагрузках на участников ЛПА на ЧАЭС, занесенных в Российский Государственный медико-дозиметрический регистр» // Радиационная биология. Радиоэкология. Т. 38. Вып. 1. С. 126–133. 1998 г.
16. Ильин Л.А. Реалии и мифы Чернобыля. Изд. 2-е. — М.: ALARA Limited. 1996. 494 с.
17. Чвырев В.Г., Колобов В.И. Организация санитарно-гигиенических мероприятий в войсках при ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы в 1986 // Военно-мед. журнал. 1996. Т. 317. № 4. С. 4–7.
18. Чернобыль: катастрофа, подвиг, уроки и выводы. — М.: Интер-Весы. 1996.

Поступила: 09.03.2016

Принята к публикации: 22.03.2016