

Чернобыль – 30 лет спустя. Радиационно-гигиенические и медицинские последствия аварии

Г.Г. Онищенко

Российская академия наук, Москва, Россия

В результате аварии на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению ^{137}Cs свыше 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2) подверглось более 200 000 км^2 территории Европы, из них около 70% — это территория Беларуси, России и Украины. В ликвидации последствий аварии участвовало более 600 000 человек, 340 000 человек эвакуированы или переселены в течение 1986–1991 гг. Эффективность ранней эвакуации подтверждается отсутствием среди населения острой лучевой болезни и предотвращенной коллективной дозой облучения, которая составляет не менее 10 000 чел.-Зв. Эффективной мерой по снижению доз внутреннего облучения населения в ранний период аварии явилось введение временных допустимых уровней содержания радионуклидов в пищевых продуктах.

К числу установленных медицинских последствий Чернобыльской аварии относятся лучевая болезнь у 134 участников аварийных работ в первые сутки развития аварии, из которых 28 человек погибли в первые 4 месяца, 19 человек — до 2006 г.; у ликвидаторов аварии — радиационно обусловленные заболевания лейкозом (величина атрибутивного риска 45–60%); статистически значимое увеличение на 18% заболеваемости всеми типами солидных раков у лиц, получивших дозы более 150 мЗв. Среди медицинских последствий аварии для населения статистически достоверным признано увеличение заболеваемости раком щитовидной железы среди лиц, которые в момент облучения были детьми и подростками. Неблагоприятные психологические последствия объясняются не только боязнью переоблучения, но и нарушением установившегося социально-экономического уклада жизни, особенно в условиях вынужденного переселения.

В результате предпринятых долгосрочных мер защиты, распада радионуклидов, естественного самоочищения загрязненных территорий дозы облучения населения, проживающего в зоне радиоактивного загрязнения, значительно снизились. И только в Брянской области, по состоянию на 2015 г., имеются населенные пункты, где средняя годовая эффективная доза облучения населения превышает 1 мЗв. В настоящее время основной задачей становится переход к нормальной жизнедеятельности с изменением юридического статуса населенных пунктов зоны радиоактивного загрязнения, в которых радиационная обстановка нормализовалась.

В статье приведены сравнительные данные по последствиям аварии на Чернобыльской АЭС и на АЭС «Фукусима-1». Акцентировано внимание на необходимости сохранения чернобыльского опыта, так как ликвидация последствий подобных аварий в условиях быстрого развития ядерной энергетики во всем мире становится интернациональной задачей.

Ключевые слова: авария на Чернобыльской АЭС, радионуклиды, радиоактивные выбросы, радиоактивное загрязнение, дозиметрия ионизирующих излучений, радиационно-гигиенические последствия, медицинские и социально-психологические последствия, дозы облучения.

Со дня аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) в апреле 1986 г. прошло 30 лет. До настоящего времени проблема обеспечения радиационной безопасности населения, проживающего на радиоактивно загрязненной в результате Чернобыльской аварии территории, сохраняет свою актуальность [1]. В связи с этим необходимо вновь обратиться к событиям Чернобыля, подвести некоторые итоги, извлечь уроки, проанализировать допущенные ошибки и просчеты, наметить дальнейшие шаги по минимизации

ущерба для здоровья населения, подвергающегося дополнительному техногенному облучению.

Произошедшая через 25 лет после чернобыльской трагедии в 2011 г. авария на АЭС «Фукусима-1» вновь подняла вопросы о безопасности ядерной энергетики, трансграничных переносах радиоактивных веществ, радиационной защите населения [2].

Последствия аварии на Чернобыльской АЭС кратко характеризуются следующим образом [3, 4]:

✉ **Онищенко Геннадий Григорьевич.**

Правительство Российской Федерации, помощник Председателя Правительства Российской Федерации.
Адрес для переписки: 103274, Россия, Москва, Краснопресненская наб., д. 2. Тел.: 8(495)985-54-86;
e-mail: taruntaeva_na@aprf.gov.ru

- из разрушенного 4-го блока АЭС выброшено около 14×10^{18} Бк радионуклидов; наиболее радиологически важные из них – ^{131}I и ^{137}Cs , за счет которых формировались дозы облучения населения;

- более 200 000 км² территории Европы загрязнено ^{137}Cs свыше 37 кБк/м² (1 Ки/км²), из них около 70% загрязненных территорий – в Беларуси, России, Украине;

- 340 000 человек эвакуированы или переселены в течение 1986–1991 гг.;

- более 600 000 человек участвовали в ликвидации последствий аварии – группа «ликвидаторов»;

- увеличилась заболеваемость раком щитовидной железы среди лиц, облученных в детском и подростковом возрасте;

- экономические потери пострадавших стран оцениваются в сотни миллиардов долларов США.

Мероприятия по защите населения имели свои особенности на разных стадиях аварии, в которых условно можно выделить начальную, промежуточную и позднюю стадии. Выполнение защитных мер растянулось на долгие годы.

На раннем этапе аварии основными задачами по оценке ее масштабов и предотвращению необоснованного облучения являлись:

- у ликвидаторов и населения – предотвращение детерминистских эффектов и минимизация риска отдаленных последствий (стохастических эффектов);

- выявление радиоактивно загрязненных территорий;
- организация всестороннего мониторинга радиационной обстановки.

Решение задач, стоящих перед санитарно-эпидемиологической службой, при ликвидации последствий аварии осуществлялось по следующим направлениям:

- выявление путей облучения населения;
- экспресс-оценка возможных последствий;
- постоянный мониторинг радиационной обстановки и пищевых продуктов;

- предотвращение переноса загрязнения на чистые территории;

- разработка и применение мер защиты населения.

Одной из самых эффективных и своевременных мер раннего периода аварии была эвакуация около 50 000 жителей г. Припять 27 апреля и 50 000 жителей 30-километровой зоны в первые дни мая [5]. Решение об эвакуации было принято, исходя из прогноза развития радиационной обстановки и угрозы возможного парового взрыва. Эффективным мероприятием было и переселение населения в ранний период аварии, которое основывалось на опыте предыдущих аварий на Южном Урале, ситуации на реке Теча, результатах научных исследований по вопросам дозиметрии, биологического действия ионизирующей радиации и радиационной защиты. Эффективность ранней эвакуации и переселения как защитных мер по предупреждению необоснованного облучения населения нашли свое подтверждение:

- среди населения не зарегистрировано случаев острой лучевой болезни;

- реализованная коллективная доза облучения населения – 4000 чел.-Зв;

- предотвращенная коллективная доза облучения населения – 10 000 чел.-Зв;

- из 116 тыс. человек лишь около 500 человек получили дозу в диапазоне 0,25–0,75 Гр.

Своевременная эвакуация населения 30-километровой зоны в дальнейшем была одобрена во всех международных экспертных заключениях [6]. Превентивная эвакуация населения была использована во время аварии на АЭС «Фукусима-1» (Япония), где в ожидании худшего развития сценария аварии было эвакуировано население из 20-километровой зоны [7].

В 1990–1991 гг. осуществлено второе переселение 56 000 жителей из 31 населенного пункта Брянской области [8, 9]. Данное защитное мероприятие не имело радиационно-гигиенического обоснования, т.к. 70% ожидаемой дозы уже сформировалось к этому времени (1990–1991 гг.), в 1989 г. проведена дезактивация территорий, что снизило дозу внешнего облучения населения примерно на 20%. Социально-психологические и медицинские последствия переселения жителей весьма неблагоприятны: переселение сопровождалось материальными потерями, утратой социальных связей, друзей и знакомых, потерей работы и социального статуса, увеличением неврологической и сердечно-сосудистой патологии [10].

Другой важной мерой защиты населения после аварии является йодная профилактика. К сожалению, своевременная йодная профилактика была проведена лишь в г. Припяти, где до момента эвакуации более 60% жителей приняли препараты стабильного йода. В сельской местности йодная профилактика практически проведена не была. Причина – отсутствие информации об уровнях загрязнения территорий и запоздалое распоряжение о проведении йодной профилактики. Так, рекомендация о проведении йодной профилактики по линии Минздрава была разослана 23 мая, когда формирование дозы практически закончилось. Эта невыполненная защита от переоблучения радиоизотопами йода является горьким уроком Чернобыля, который не имеет права быть неучтенным в современных условиях [11]. Авария на АЭС «Фукусима-1» в Японии показала и обратную тенденцию. Когда у населения отсутствует соответствующая информация от органов исполнительной власти о радиационной обстановке и о необходимости применения профилактических мер, а также из-за недоверия к получаемой информации, население в ажиотажном порядке раскупает в аптеках и принимает без показаний препараты йода, что приводит к передозировке и даже отравлению препаратами йода.

Уже на ранней стадии Чернобыльской аварии для предотвращения попадания радионуклидов с пищевыми продуктами (особенно с молоком и свежими овощами) было введено гигиеническое нормирование пищевых продуктов по радиационным показателям. Данная мера позволила существенно снизить дозу внутреннего облучения, как в ранний, так и в отдаленный период.

Первые временные допустимые уровни (ВДУ) содержания ^{131}I в молоке и некоторых других пищевых продуктах, принятые 6 мая 1986 г., явились руководящим документом для организации и проведения выбраковки и изъятия из употребления загрязненных пищевых продуктов. По мере изменения радиационной обстановки и составленного прогноза ее развития гигиенические нормативы ВДУ перерабатывались и ужесточались 5 раз (табл. 1).

Таблица 1

**Временные допустимые уровни загрязнения радионуклидами цезия
основных видов продовольственного сырья и пищевых продуктов, Бк/кг (Бк/л)**

Наименование продукта или группы продуктов	ВДУ-86 (30.05.86 г.)	ВДУ-87 (15.12.87 г.)	ВДУ-88 (06.10.88 г.)	ВДУ-91 (22.01.91 г.)	ВДУ-93 (21.07.93 г.)
Вода питьевая	370	18,5	18,5	18,5	18,5
Молоко	370	370	370	370	370
Мясо и мясопродукты	3700	1850	1850	740	600
Рыба	3700	1850	1850	740	600
Овощи	3700	740	740	600	600
Ягоды дикорастущие	–	–	–	1480	600
Грибы	18500	740	740	1480	600
Грибы сушеные	–	11000	11000	7400	600
Детское питание	–	370	370	185	185

В течение первого месяца после аварии доминирующим путем (источником) облучения было поступление в организм йода-131 в результате потребления в пищу загрязненных молока и местных листовых овощей. Наибольшую дозу облучения щитовидной железы получили дети младшего возраста. Начиная с лета 1986 г., внешнее и внутреннее облучение населения, обусловленное чернобыльской аварией, определялось в основном радионуклидами цезия (^{134}Cs и ^{137}Cs). В первый год после аварии средние по населенному пункту уровни эффективной дозы облучения наиболее загрязненной территории западных районов Брянской области достигали десятков мЗв (без учета внутреннего облучения щитовидной железы йодом-131). Максимальное значение составило 80 мЗв/год в с. Заборье Красногорского района [11, 12].

Масштабы дозиметрического контроля населения за весь период после аварии огромны. Созданы базы данных, содержащие результаты сотен тысяч исследований пищевых продуктов и объектов внешней среды, измерений содержания радионуклидов цезия в организме жителей, йода-131 в щитовидной железе, измерений индивидуальных доз внешнего облучения, а также мощности дозы гамма-излучения в населенных пунктах и их ареалах [13, 14].

В настоящее время Роспотребнадзором, в основном, усилиями Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены, создана система всесторонней оценки доз облучения населения, пострадавшего в результате Чернобыльской аварии. Методически обеспечены работы по реконструкции доз облучения и по оценке текущих доз облучения населения. Анализ полученных данных позволил выявить и количественно оценить закономерности формирования радиационной обстановки для создания методик оценки средних годовых эффективных доз (СГЭД) от внешних и внутренних источников излучения для жителей загрязненных территорий. Сейчас в указанной системе оценки доз действует 18 методических документов [15].

Поздняя восстановительная стадия аварии охватывает период с 1992 г. по настоящее время и вплоть до того момента, когда будет принято решение об отсутствии влияния остаточного радиоактивного загрязнения на какие-либо сферы деятельности населения. В результате естественных процессов и выполненного комплекса защитных мероприятий спустя 30 лет после аварии отмечается снижение уровней радиоактивного загрязнения,

внешнего излучения и поступления радионуклидов в организм жителей загрязненных территорий.

В настоящее время радиационная обстановка характеризуется как стабильная, медленно изменяющаяся. Обеспечение радиационной защиты на современном этапе строится с использованием принципа оптимизации, основываясь на соизмерении затрат на планируемые мероприятия, полученной дозой облучения и той дозой, которую планируемое мероприятие может предотвратить.

В настоящее время для населения, проживающего на радиоактивно загрязненной территории, оцениваются среднегодовые по населенному пункту эффективные дозы облучения для целей зонирования – СГЭД₉₀, а также СГЭД_{факт} и СГЭД_{крит} [15].

СГЭД₉₀ – это средняя годовая эффективная доза облучения жителей населенного пункта, определенная для условий без активных мер радиационной защиты, то есть как будто в этих населенных пунктах не проводится замена местных молочно-мясных продуктов радиационно чистыми, не применяется феррацин в животноводстве, не ограничивается сбор лесных грибов и ягод и др.

СГЭД_{факт} (СГЭД_{крит}) – это реальная средняя годовая эффективная доза облучения жителей населенного пункта (критической группы жителей), определенная для реальных условий, которые сложились в данном населенном пункте на момент оценки доз облучения.

Применительно к условиям проживания населения на загрязненных вследствие аварии на ЧАЭС территориях, под средней дозой облучения критической группы жителей населенного пункта следует понимать среднюю дозу у 10% жителей данного НП, имеющих наибольшие (максимальные), по сравнению с остальными, индивидуальные дозы облучения [15].

Сравнение величин СГЭД₉₀, СГЭД_{факт} и СГЭД_{крит} представлено в таблице 2. По состоянию на 2014 г. только в 276 населенных пунктах Брянской области СГЭД₉₀ превышает 1 мЗв, из них в 8 НП – 5 мЗв. Максимальная СГЭД₉₀ достигает 8 мЗв. В остальных НС Брянской области и во всех НС других 13 субъектов Российской Федерации СГЭД₉₀ не превышает 1 мЗв. По уровню дозы облучения населения, проживающего в зоне радиоактивного загрязнения, к СГЭД₉₀ близка СГЭД_{крит}. Так, в 299 НС СГЭД_{крит} превышает 1 мЗв, а максимальная достигает 5,9 мЗв. В то же время среднегодовая фактическая эффективная доза (СГЭД_{факт}) превышает 1 мЗв в 37 НП Брянской области, максимальное же значение в с. Заборье достигает 3,1 мЗв/год.

Таблица 2

Распределение населенных пунктов Брянской области по величине среднегодовой фактической эффективной дозы (СГЭД_{факт}) в 2014 г.

Параметр	Число НП с облучением населения в интервалах доз, мЗв/год				
	< 0,3	0,3–1,0	i	в том числе, i	Максимум
СГЭД _{го}	417	285	276	8	8,0
СГЭД _{крит}	351	328	299	2	5,9
СГЭД _{факт}	654	287	37	–	3,1

Вклад «чернобыльского компонента» в общую дозу облучения населения не превышает 3% для 10 из 14 субъектов Российской Федерации, на территории которых имеются зоны радиоактивного загрязнения [16]. В четырех наиболее радиоактивно загрязненных территориях – Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях вклад чернобыльского компонента значительно выше и для НП с плотностью радиоактивного загрязнения от 1 до 5 Ки/км² составляет в среднем 10%, от 5 до 15 Ки/км² – 14%, свыше 15 Ки/км² – 30% (рис.).

Накопленные дозы облучения населения, проживающего на территориях 4 наиболее загрязненных субъектов, представлены в таблице 3. Максимальные значения

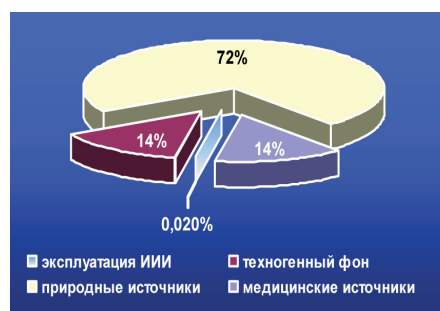
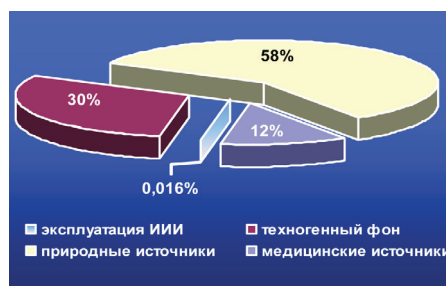
Плотность загрязнения ¹³⁷Cs от 1 до 5 Ки/ км²Плотность загрязнения ¹³⁷Cs от 5 до 15 Ки/ км²Плотность загрязнения ¹³⁷Cs свыше 15 Ки/ км²

Рис. Структура доз облучения населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях

Таблица 3

Распределение населенных пунктов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей по величине средней накопленной эффективной дозы (СНЭД) за период 1986–2014 гг.

Область	Количество НП	В том числе, в интервале доз, мЗв				Максимум, мЗв
		< 35	35 – 70	70–150	150	
Брянская	978	648	244	83	3	290
Калужская	353	353	–	–	–	–
Орловская	950	950	–	–	–	–
Тульская	1306	1303	3	–	–	–

средней накопленной эффективной дозы за период 1986–2014 гг. у населения, проживающего в населенных пунктах Брянской области, – 290 мЗв [16, 17]. В Калужской, Орловской и Тульской областях средняя накопленная эффективная доза значительно ниже и не превышает 35 мЗв,

за исключением трех населенных пунктов Тульской области, где накопленная доза составляет около 41 мЗв.

Спустя 30 лет после аварии для преобладающего большинства населенных пунктов, где дозы облучения ниже 1 мЗв/год, нет оснований для продолжения меро-

приятный по снижению уровней облучения, обусловленных Чернобыльской аварией. Очевидно, что в настоящее время основной задачей является концептуальное, методологическое и практическое обеспечение возврата территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие Чернобыльской аварии, к полноценному социально-экономическому функционированию и к нормальной жизнедеятельности населения [11, 18].

Наблюдение за состоянием здоровья лиц, подвергшихся облучению в результате аварии на ЧАЭС, осуществляется в рамках Национального радиационно-эпидемиологического регистра Российской Федерации. В регистр вошли участники ликвидации аварии, население, проживающее на радиоактивно загрязненных территориях, эвакуированные и переселенные жители, а также дети указанных групп лиц. По данным, представленным в монографии под редакцией В.К. Иванова и А.Д. Каприна [19], в регистре состоит на учете 710 697 человек, в том числе 197 123 ликвидаторов, 7332 эвакуированных, 446 994 жителей, проживающих на территориях, загрязненных более 5 Ки/км², 40 467 детей ликвидаторов и 18 781 отселенных.

Медицинские последствия чернобыльской аварии отражены в Докладе НКДАР 2008 г. «Источники и последствия радиационного воздействия» [20] и представлены нарушениями здоровья как у ликвидаторов, так и у различных категорий населения.

К числу установленных медицинских последствий у ликвидаторов аварии на ЧАЭС относятся:

- лучевая болезнь у 134 участников аварийных работ в первые сутки развития аварии, из которых 28 человек погибли в первые 4 месяца после аварии, 19 человек – до 2006 г.;
- радиационно обусловленные заболевания лейкозом (величина атрибутивного риска 45–60%) среди участников ликвидации последствий аварии, получивших высокие дозы облучения. Увеличение заболеваемости в связи с облучением зарегистрировано в первые 12 лет после аварии;
- статистически значимое увеличение на 18% заболеваемости всеми типами солидных раков у ликвидаторов, получивших дозы более 150 мЗв.

Рассматривая медицинские последствия аварии для населения, важно отметить, что не было ни одного случая острой лучевой болезни среди населения, как у эвакуированных, так и среди тех, кого не эвакуировали. Статистически достоверным признано увеличение заболеваемости раком щитовидной железы у лиц, которые на момент облучения были детьми и подростками. Не выявлено статистически значимого повышенного риска по отдельным классам онкологической и неонкологической заболеваемости и смертности (кроме рака щитовидной железы).

Неблагоприятные психологические последствия объясняются не только боязнью переоблучения, но и нарушением установившегося социально-экономического уклада жизни, особенно в условиях вынужденного переселения [21].

Необходимо отметить сотрудничество отечественных ученых и специалистов с зарубежными коллегами в оценке последствий аварии на Чернобыльской АЭС, выработке мер, направленных на минимизацию ущерба как для людей, так и для окружающей среды [22, 23, 24, 25, 26]. Под эгидой Европейского союза и МАГАТЭ проведено несколько международных проектов, посвященных изучению послед-

ствий аварии. Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) выпустил три обширных сборника, где обобщаются материалы всех научных исследований, выполненных до 1988, 2000, 2008 гг. соответственно.

В 2003 г. по инициативе МАГАТЭ был создан Чернобыльский форум, который состоял из признанных учёных в разных сферах радиационных исследований из различных стран [6, 10]. В нём участвовали 8 организаций Организации Объединенных Наций, представители Правительств Беларуси, России и Украины. Перед форумом стояла задача собрать всю доступную информацию и найти согласие по интерпретации фактов и рекомендациям для будущих действий к 20-летию аварии. Материалы Чернобыльского форума и доклад НКДАР ООН является самыми полными и надежными источниками научного анализа и обобщения опыта Чернобыльской аварии.

К числу достижений ученых и специалистов России, которые были достигнуты в процессе ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, необходимо отнести и вклад в разработку целого комплекса методических и законодательных документов, которые на порядок подняли обеспечение радиационной безопасности населения страны в постчернобыльский период [15]. К таким достижениям необходимо отнести разработку в 1991 г. Дозовой концепции проживания на радиоактивно загрязненной территории и подготовку Федерального закона № 1244-1 «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». Авария на Чернобыльской АЭС стала движущей силой и основным аргументом в подготовке во главе с профессором П.В. Рамзаевым проекта Федерального закона «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.96 г. [27, 28].

Через 25 лет после чернобыльской трагедии 11 марта 2011 г. в Японии на АЭС «Фукусима-1» произошла радиационная авария, по масштабам сопоставимая с Чернобыльской, – ей присвоен седьмой, самый высокий уровень по шкале ИНЕС. Причинами, приведшими к аварийной ситуации, было мощное землетрясение и последовавшее за ним цунами. Отсутствие электроснабжения, в том числе и резервного, вывело из строя систему охлаждения аварийных реакторов и бассейнов отработавшего ядерного топлива, что привело к расплавлению ядерного топлива, разгерметизации реакторов и значительному выбросу техногенных радионуклидов в атмосферу, сбросу высокоактивных жидких радиоактивных отходов в океан [7, 29].

Сравнение относительного состава радионуклидов через 10 дней после чернобыльской и японской аварий показало (табл. 4), что относительный состав радионуклидов в обоих случаях хорошо согласуется (коэффициент около 2) [11]. Отличия объясняются различием в типах реакторов, длительностью их эксплуатации и условиями самой аварии. Суммарный состав выброса с аварийных АЭС «Фукусима-1» практически сравним с выбросом на Чернобыльской АЭС.

В результате радиационных аварий на 1–4-м энергоблоках АЭС «Фукусима-1» в атмосферу и непосредственно в океан (в отличие от Чернобыльской аварии) были выброшены и продолжают поступать в Тихий океан на протяжении 5 лет радионуклиды из активных зон ядерных реакторов и хранилищ отработавшего ядерного топлива.

Таблица 4
Сравнение отношений активностей радионуклидов в смеси, выброшенной из аварийных реакторов АЭС «Фукусима-1» и Чернобыльской АЭС, по отношению к ^{137}Cs , взятому за единицу (на 10-й день после аварии)

АЭС	^{131}I	^{132}I	^{132}Te	^{134}Cs	^{136}Cs	^{137}Cs
Фукусима-1	7,8	3,1	3,1	1,0	0,14	1,0
ЧАЭС	8,7	1,6	1,6	0,55	0,29	1,0

Сравнение раннего этапа развития аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-1» позволяет выявить следующие различия.

Для ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС с первых часов ее развития были задействованы все ресурсы государства, в предотвращении дальнейшего ее развития и ликвидации ее последствий принимали участие сотни тысяч специалистов и военнослужащих. Средняя эффективная доза, полученная 530 000 ликвидаторов Украины, России и Беларуси, оценивается примерно в 120 мЗв, коллективная эффективная доза – в 60 000 чел.-Зв.

На АЭС «Фукусима-1» в 1-е сутки после цунами практически никаких срочных мер по недопущению перегрева реакторов предпринято не было. После 12 марта персонал станции практически полностью был эвакуирован, для ликвидации аварии оставалось всего 50–60 человек. В дальнейшем количество ликвидаторов было увеличено до 650 человек. Дозовый предел для ликвидаторов до 18 марта составлял всего 100 мЗв, с 18 марта – 250 мЗв. Всего в ликвидации аварии на АЭС «Фукусима-1» приняло участие около 23 000 человек. Средние эффективные дозы у 99,3% ликвидаторов составили около 10 мЗв, не превысив 100 мЗв. Группа из 160 ликвидаторов получила дозы свыше 100 мЗв, в среднем – 130 мЗв.

Для ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС в реактор забрасывали свинец и другие сухие вещества для замедления реакции деления и охлаждения реактора, не допуская попадания воды, усиления выброса с паром и растекания жидких радиоактивных отходов по территории в водные бассейны, грунтовые воды.

На АЭС «Фукусима-1» основным видом борьбы с перегревом реакторов и бассейнов выдержки отработанного топлива явилось сбрасывание воды с вертолетов, заливка пожарными машинами и машинами подачи цемента в разрушенные здания энергоблоков. Практических мер по сбору жидких радиоактивных отходов, их локализации и недопущению попадания в Тихий океан до апреля не предпринималось.

После аварии на ЧАЭС практически все выброшенные радионуклиды осели на густонаселенные территории Украины, России, Беларуси, а также ряда европейских стран. Для более чем 6 000 000 неэвакуированных жителей загрязненных территорий бывшего Советского Союза средняя доза на щитовидную железу составляла примерно 100 мГр (для 0,7% из них – превышали 1000 мГр). Коллективная доза на щитовидную железу для 98 000 000 жителей бывшего Советского Союза составила примерно 1 600 000 чел.-Гр.

Максимальные эффективные дозы облучения населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях, за первый год после аварии достигали 100 мЗв

и более. Коллективная эффективная доза только за первый год после аварии оценивается приблизительно в 125 000 чел.-Зв для населения Беларуси, Украины и России.

В результате аварии на АЭС «Фукусима-1» значительная часть (около 40%) выброшенных радионуклидов в атмосферу осела на поверхность Тихого океана. Максимальные усредненные эффективные дозы облучения населения за первый год проживания на радиоактивно загрязненной территории составили 7,5 мЗв (дети до одного года). Максимальные поглощенные дозы облучения в щитовидной железе для населения составили 80 мГр. Коллективная эффективная доза облучения населения Японии за первый год после аварии на АЭС «Фукусима-1» оценивается в 18 000 чел.-Зв.

Сравнение популяционной радиационной нагрузки от аварии на Чернобыльской АЭС и аварии на японской АЭС «Фукусима-1» показывает:

- по данным НКДАР ООН от 2008 г., коллективная пожизненная эффективная доза от ЧАЭС в Европе (включая Российскую Федерацию, Республику Беларусь и Украину) оценена в 400 000 чел.-Зв, в том числе в Российской Федерации, Республике Беларусь и Украине этот показатель составляет 220 000 чел.-Зв;

- по данным НКДАР ООН от 2013 г., коллективная пожизненная эффективная доза населения Японии составит около 50 000 чел.-Зв, т.е. примерно в 8 раз меньше чернобыльской.

В первые недели и месяцы после аварии на Чернобыльской АЭС очень широко выполнялись прямые инструментальные измерения содержания радионуклидов йода в щитовидной железе, радионуклидов цезия во всем теле. Только на содержание радионуклидов йода в щитовидной железе обследовано около 400 000 жителей Беларуси, Украины и России в первые несколько недель после аварии на ЧАЭС.

После аварии на АЭС «Фукусима-1» японскими специалистами выполнено очень малое количество прямых измерений содержания радионуклидов йода в щитовидной железе у жителей Японии – менее 2000 человек, что совершенно несопоставимо с количеством обследованных жителей России, Беларуси и Украины [29].

Запроектная авария в 2011 г. на АЭС «Фукусима-1», приведшая к радиоактивному загрязнению территории Японии и попаданию радиоактивных веществ в воды Тихого океана, привела к необходимости оперативной оценки возможности трансграничного переноса радионуклидов воздушным и водными путями и потенциального загрязнения территории Российской Федерации (особенно дальневосточных регионов), прибрежных вод России, морепродуктов. Важным и актуальным являлся радиационный контроль за прибывающим из Японии на территорию Российской Федерации воздушным и водным транспортом, людьми [30].

В период 2011–2014 гг. с целью мониторинга радиационной обстановки в прибрежных районах российского Дальнего Востока выполнены три комплексных морских экспедиции под эгидой Русского географического общества на кораблях «Павел Гордиенко», «Академик Шокальский», «Профессор Хлюстин». Помимо радиэкологических исследований в Японском море и северо-западной части Тихого океана, проведена оценка радиационной обстановки в дальневосточных субъек-

тах России с прогнозом радиационного воздействия на население Дальнего Востока Российской Федерации, исследованы уровни загрязнения долгоживущими радионуклидами дальневосточных морепродуктов, промысловых перелетных птиц.

Результаты этих широкомасштабных научных исследований подробно изложены в монографии, в подготовке и издании которой приняли активное участие специалисты Санкт-Петербургского НИИ радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева [31].

Сохранение уникального опыта аварийного реагирования на чернобыльскую катастрофу является актуальным, несмотря на течение времени. Произошедшая через 25 лет после чернобыльской трагедии в 2011 г. авария на АЭС «Фукусима-1» вновь подняла вопросы о безопасности ядерной энергетики, трансграничных переносах радиоактивных веществ, радиационной защите персонала и населения. Сохранение и востребованность чернобыльского опыта объясняется тем, что подобные аварии стали испытанием на прочность системы обеспечения радиационной безопасности и защиты населения, которая в условиях быстрого развития ядерной энергетики во всем мире становится интернациональной задачей.

Литература

1. Онищенко, Г.Г. Радиационно-гигиенические и медицинские последствия чернобыльской аварии: итоги и прогноз / Г.Г. Онищенко // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 23–30.
2. Онищенко, Г.Г. Оценка радиационных рисков вследствие потребления дальневосточной промысловой рыбы после аварии на АЭС «Фукусима-1» / Г.Г. Онищенко, В.С. Репин, И.К. Романович // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 1. – С. 5–15.
3. Sources and Effects of Ionizing Radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSEAR 2008: Report, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York: Annexes D and E., 2010.
4. International Atomic Energy Agency. One Decade after Chernobyl: Summing up the Consequences of the Accident, Vienna, IAEA, 1996.
5. Константинов, Ю.О. Чернобыльская авария: обоснование и реализация решений по защите населения / Ю.О. Константинов // Радиационная гигиена. – 2011. – Т.4, № 2. – С. 59–67.
6. Балонов, М.И. Международная оценка последствий Чернобыльской аварии: Чернобыльский Форум ООН (2003–2005) и НКДАР ООН (2005–2008) / М.И. Балонов // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 31–39.
7. Онищенко, Г.Г. Авария на АЭС «Фукусима-1»: первые итоги аварийного реагирования. Сообщение 1: Общие сведения об аварии и радиационной обстановке / Г.Г. Онищенко, И.К. Романович, М.И. Балонов, А.Н. Барковский, А.А. Горский // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 5–12.
8. Концепция проживания населения в районах, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС (одобрена постановлением Кабинета министров СССР от 08 апреля 1991 года № 164).
9. Российская Федерация. Распоряжение Совета Министров РСФСР. О дополнительном переселении граждан с загрязненных территорий, № 878-3 от 05 октября 1989, № 1990 от 16 марта 1990.
10. Международное агентство по атомной энергии. Наследие Чернобыля: Медицинские, экологические и социально-экономические последствия и рекомендации правительствам Беларуси, Российской Федерации и Украины. Чернобыльский Форум: 2003–2005. – Вена: МАГАТЭ, 2006.
11. Радиационно-гигиенические аспекты преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС / под ред. академика РАН Г.Г. Онищенко и профессора А.Ю. Поповой. – СПб.: НИИРГ имени проф. П.В. Рамзаева, 2016. – Т. 1. – 448 с.
12. Брук, Г.Я. Облучение населения Российской Федерации вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / Г.Я. Брук [и др.] // Гигиенические аспекты обеспечения радиационной безопасности населения на территориях с повышенным уровнем радиации 15–17 сентября 2008 г., Санкт-Петербург: Сб. тезисов междунар. науч.-практ. конф. – СПб., 2008. – С. 23–26.
13. Likhtarev I.A., Likhtarev I.A., Chumak V.V., Repin V.S. Retrospective Reconstruction of Individual and Collective External Gamma Doses of Population Evacuated after the Chernobyl Accident, Health Physics, 1994, V. 66 (6), pp. 643–652.
14. Балонов, М.И. Методология реконструкции дозы внутреннего облучения населения России вследствие Чернобыльской аварии / М.И. Балонов [и др.] // Радиационная гигиена. – 2008. – Т. 1, № 3. – С. 12–19.
15. Оценка доз облучения населения Российской Федерации вследствие аварии на Чернобыльской АЭС: сб. метод. документов. Изд. 3-е. – СПб, 2011. – 456 с.
16. Братилова, А.А. Облучение населения Российской Федерации, проживающего на территориях, пострадавших вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / А.А. Братилова // 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС. Современные проблемы радиационной медицины: от науки к практике : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. – Гомель, 2016. – С. 97–105.
17. Брук, Г.Я. Средние годовые эффективные дозы облучения в 2014 году жителей населенных пунктов Российской Федерации, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (для целей зонирования населенных пунктов) / Г.Я. Брук [и др.] // Радиационная гигиена. – 2015. – Т. 8, № 2. – С. 32–128.
18. Романович, И.К. Обоснование концепции перехода населенных пунктов, отнесенных в результате аварии на Чернобыльской АЭС к зонам радиоактивного загрязнения, к условиям нормальной жизнедеятельности населения / И.К. Романович [и др.] // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 1. – С. 6–18.
19. Медицинские радиологические последствия Чернобыля: прогноз и фактические данные спустя 30 лет / под общей ред. чл.-корр. РАН В.К. Иванова, чл.-корр. РАН А.Д. Каприна. – М.: ГЕОС, 2015. – 450 с.
20. Научный комитет ООН по действию атомной радиации: отчет за 2008 год с приложениями; пер. с англ. – М.: РАДЭКОН, 2010.
21. Архангельская, Г.В. Радиотревожность населения и меры по её снижению. Социально-психологические последствия аварии на ЧАЭС / Г.В. Архангельская, И.А. Зыкова, О.А. Теодорович // Чернобыль – 20 лет спустя. Социально-экономические проблемы и перспективы развития пострадавших территорий : сб. тезисов междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2006. – С. 30–40.
22. Публикация 60 МКРЗ. Радиационная безопасность. Рекомендации Международной Комиссии по Радиационной защите 1990 года – М.: Энергоатомиздат, 1994. – Ч.1. – 192 с.
23. Effects and Risks of Ionizing Radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSEAR 1988: Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York, Annexes D and G, 1988.
24. Научный комитет ООН по действию атомной радиации. Источники и эффекты ионизирующей радиации: отчет за 2000 год с приложениями / под ред. Ю.С. Рябухина, С.П. Ярмоненко; пер. с англ. – М.: РАДЭКОН, 2001.
25. Международное агентство по атомной энергии. Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление: двадцатилетний опыт. – Вена: МАГАТЭ, 2006.

26. Всемирная организация здравоохранения. Медицинские последствия Чернобыльской аварии и специальные программы здравоохранения. – Женева: ВОЗ, 2006.
27. Российская Федерация. Федеральный закон. О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, N 1244-1 от 15.05.1991 (ред. от 28.11.2015, с изм. от 14.12.2015)
28. Российская Федерация. Федеральный закон. О радиационной безопасности населения от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ // Российская газета. – 1996, 17 янв. (№9)
29. Аклеев, А.В. Последствия ядерной аварии на АЭС «Фукусима-1» (обзор доклада НКДАР ООН 2013 г.) / А.В. Аклеев, В.К. Иванов, Т.Г. Сазыкина, С.М. Шинкарев // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2015. – Т. 60, № 5. – С. 12–24.
30. Онищенко, Г.Г. Авария на АЭС «Фукусима-1»: Первые итоги аварийного реагирования. Сообщение 2: действия органов Роспотребнадзора по радиационной защите населения Российской Федерации на ранней стадии аварии / Г.Г. Онищенко [и др.] // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, № 2. – С. 13–22.
31. Авария на АЭС «Фукусима-1»: организация профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения Российской Федерации / И.К. Романович [и др.]; под ред. Акад. РАМН Г.Г. Онищенко. – СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2012. – 336 с.

Поступила: 05.05.2016 г.

Онищенко Геннадий Григорьевич – доктор медицинских наук, профессор, академик Российской академии наук, помощник председателя Правительства Российской Федерации. Адрес: 103274, Россия, Москва, Краснопресненская наб., д. 2. Тел.: 8(495)985-54-86; e-mail: taruntaeva_na@apr.f.gov.ru)

- **Онищенко Г.Г. Чернобыль – 30 лет спустя. Радиационно-гигиенические и медицинские последствия аварии // Радиационная гигиена. – 2016. – Т.9, № 2. – С. 10–19.**

The Chernobyl – Thirty Years After The Post – Accidental Radiological – Hygienic and Medical Consequences

Onishchenko Gennadiy G. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician Russian Academy of Sciences, Assistant to the Chairman of the government of the Russian Federation (Krasnopresnenskaya naberezhnaya, 2, Moscow, 103274, Russia; e-mail: taruntaeva_na@apr.f.gov.ru)

Abstract

As the result of the Chernobyl NPP accident more than 200 thousand square kilometers of the European territories were contaminated by Cs-137 in the amount of above 37 kBq/m² (1 Ci/km²). Belorussia, Russia and Ukraine amount up to 70% of this entire affected area. More than 600 000 people were engaged in the accidental cleanup operations, 340000 were evacuated or relocated within 1986–1991. The early stage evacuation efficacy is confirmed by the absence of acute radiation syndrome among the population and by the prevented collective dose which amounts to no less than 10 000 man/Sv. The effective measure to reduce the internal radiation dose to the population at the early accidental stage was introduction of maximum tentative permissive levels of radionuclide content in the foodstuffs.

Among the identified post – accident medical consequences of the Chernobyl is the radiation syndrome found in 134 emergency cleanup workers within the first 24 hours of the accident's development. Out of that number, 28 people died within the first four months, 19 people died before 2006. The accident's liquidators developed radiation – induced leukemia (the attributive risk value is 45–60%). People exposed to high radiation doses display the statistically significant 18% morbidity increase of all types of solid cancers at the doses above 150 mSv. There is the statistically significant information indicating the increased amount of thyroid

✉ **Onishchenko Gennadiy G.** – The Government of the Russian Federation, Assistant to the Chairman of the government of the Russian Federation.

Address for correspondence: Krasnopresnenskaya naberezhnaya, 2, Moscow, 103274, Russia; E-mail: taruntaeva_na@apr.f.gov.ru)

cancer morbidity among those who were just children and teenagers at the time of the accident. The adverse psychological consequences are accounted for not just the fear of overexposure but also for the disturbance of the habitual lifestyle especially mindful of the forced relocation.

The long-term protection measures, radionuclide decay and self-cleaning of the contaminated areas resulted in the drastic reduction of the population dose in the radioactively contaminated territories. In 2015, only in some settlements of the Briansk Region's the mean annual effective dose to the population exceeds 1 mSv. Presently the major goal is to transfer to normal human life with the change of the legal status of radioactively contaminated settlements in which the radiation situation is back to normal.

The article provides the comparative data on the Chernobyl and the Fukushima – 1 accidental consequences and emphasizes the necessity of retaining the Chernobyl experience because the rapid advancement of the atomic energy around the world makes the mitigation of the accident's consequences a truly international mission.

Key words: *The Chernobyl NPP accident, radionuclides, radioactive release, radioactive contamination, ionizing radiation dosimetry, radiation – hygienic consequences, medical and social – psychological consequences, radiation doses.*

References

- Onishchenko G.G. Radiatsionno-gigienicheskie i meditsinskie posledstviya chernobylskoy avarii: itogi i prognoz [Radiation-hygienic and health consequences of the Chernobyl accident: results and outlook]. Radiatsionnaya gigiena – Radiation hygiene, 2011, Vol.4, № 2., pp.23-30.
- Onishchenko G.G., Repin V.S., Romanovich I.K. Otsenka radiatsionnykh riskov vsledstvie potrebleniya dalnevostochnoy promyslovoy ryby posle avarii na AES «Fukushima-1» [Assessment of radiation risks owing to Far East commercial fish consumption after accident on the NPP «Fukushima-1»]. Radiatsionnaya gigiena – Radiation hygiene, 2015, Vol.8, № 1, pp. 5-15.
- Sources and Effects of Ionizing Radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR 2008: Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York, Annexes D and E, 2010.
- International Atomic Energy Agency. One Decade after Chernobyl: Summing up the Consequences of the Accident, Vienna, IAEA, 1996.
- Konstantinov Yu.O. Chernobylskaya avariya: obosnovanie i realizatsiya resheniy po zashchite naseleniya [The Chernobyl accident: the justification and implementation of population protection solutions]. Radiatsionnaya gigiena – Radiation hygiene, 2011, Vol.4, № 2, pp. 59-67.
- Balonov M.I. Mezhdunarodnaya otsenka posledstviy Chernobylskoy avarii: Chernobylskiy Forum OON (2003–2005) i NKDAR OON (2005–2008) [International Chernobyl accident Aftermath Assessment: UN Chernobyl Forum (2003–2005) and UNSCEAR (2005–2008)]. Radiatsionnaya gigiena – Radiation hygiene, 2011, Vol. 4, № 2, pp. 31-39.
- Onishchenko G.G., Romanovich I.K., Balonov M.I., Barkovsky A.N., Gorsky A.A. Avariya na AES «Fukushima-1»: pervye itogi avariynogo reagirovaniya. Soobshchenie 1: Obshchie svedeniya ob avarii i radiatsionnoy obstanovke [The accident at the «Fukushima-1» NPP: first results of the emergency response. Message 1: General information about the accident and radiation situation]. Radiatsionnaya gigiena – Radiation hygiene, 2011, Vol. 4, № 2, pp. 5-12.
- Kontseptsiya prozhivaniya naseleniya v rayonakh, postradavshikh ot avarii na Chernobylskoy AES (odobrena postanovleniem Kabineta ministrov SSSR ot 08 aprelya 1991 goda № 164) [The concept of the population living in areas affected by the Chernobyl accident (approved by the Cabinet of Ministers of the USSR from April 8, 1991 № 164)].
- Rossiyskaya Federatsiya. Rasporyazhenie Soveta Ministrov RSFSR O dopolnitelnom pereselenii grazhdan s zagryaznennykh territoriy, № 878-3 ot 05 oktyabrya 89, № 1990 ot 16 marta 1990 [Russian Federation. Order of the RSFSR Council of Ministers On the additional resettlement of citizens from the affected areas, № 878-3 from 05 October 1989, № 1990 from 16 March 1990]. March.
- Mezhdunarodnoe Agentstvo po Atomnoy Energii. Nasledie Chernobyla: Meditsinskie, ekologicheskie i sotsialno-ekonomicheskie posledstviya i rekomendatsii pravitelstvam Belarusi, Rossiyskoy Federatsii i Ukrainy. Chernobylskiy Forum: 2003–2005. [The International Atomic Energy Agency. Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts and Recommendations to the Governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine. Chernobyl Forum: 2003-2005], Vienna, IAEA, 2006.
- Radiatsionno-gigienicheskie aspekty preodoleniya posledstviy avarii na Chernobylskoy AES [The radiation – hygienic aspects of rectifying the Chernobyl accident consequences], Ed.: G.G. Onishchenko, A.Yu., Popova. St. Petersburg, Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P. V. Ramzaev, 2016, Vol. 1., 448 p.
- Bruk G.Ya. Obluchenie naseleniya Rossiyskoy Federatsii vsledstvie avarii na Chernobylskoy AES [The Russian Federation public exposure due to the Chernobyl accident] Gigienicheskie aspekty obespecheniya radiatsionnoy bezopasnosti naseleniya na territoriyakh s povyshennym urovnem radiatsii 15–17 sentyabrya 2008 g., Sankt-Peterburg: Sb. tezisov mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Hygienic aspects of ensuring radiation safety of the population at areas with a high radiation level: Abstracts the international scientific-practical conference September 15-17, 2008. St. Petersburg, 2008, pp. 23–26.
- Likhtarev I.A., Chumak V.V., Repin V.S. Retrospective Reconstruction of Individual and Collective External Gamma Doses of Population Evacuated after the Chernobyl Accident, Health Physics, 1994, V. 66 (6), pp. 643–652.
- Balonov M.I. Metodologiya rekonstruktsii dozy vnutrennego oblucheniya naseleniya Rossii vsledstvie Chernobylskoy avarii [The methodology of internal dose reconstruction of the Russian population due to the Chernobyl accident]. Radiatsionnaya gigiena – Radiation hygiene, 2008, Vol. 1, № 3, pp. 12–19.
- Otsenka doz oblucheniya naseleniya Rossiyskoy Federatsii vsledstvie avarii na Chernobylskoy AES: Sb. metod. dokumentov. Izd. 3-e. [The Russian Federation public exposure doses assessment as a result of the Chernobyl NPP accident: guidance documents collection], St. Petersburg., 2011, 456 p.
- Bratilova A.A. Obluchenie naseleniya Rossiyskoy Federatsii, prozhivayushchego na territoriyakh, postradavshikh vsledstvie avarii na Chernobylskoy AES [The Russian Federation public exposure in the areas affected by the Chernobyl NPP accident]. 30 let posle avarii na Chernobylskoy AES. Sovremennye problemy radiatsionnoy meditsiny: ot nauki k praktike: Sb. materialov mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – 30 years after the Chernobyl NPP accident. Modern problems of radiation medicine: from science to practice Gomel. Proceedings of the international scientific-practical conference. 2016, pp. 97–105.
- Bruk G.Ya., Bazyukin A.B., Bratilova A.A., Vlasov A.Yu., Goncharova Yu.N. [et al.] Srednie godovye effektivnye dozy oblucheniya v 2014 godu zhitel'ey naselennykh punktov Rossiyskoy Federatsii, otnesennykh k zonam radioaktivnogo

- zagryazneniya vsledstvie katastrofy na Chernobylskoy AES (dlya tseley zonirovaniya naselennykh punktov) [Average annual effective doses in 2014 of inhabitants of the Russian Federation settlements assigned to contaminated zones owing to accident on the Chernobyl NPP (for settlements zoning purposes)]. *Radiatsionnaya gigiena – Radiation hygiene*, 2015, Vol. 8, № 2, pp. 32–128.
18. Romanovich I.K., Bruk G.Ya., Barkovsky A.N., Bratilova A.A., Gromov A.V., Kaduka M.V. Obosnovanie kontseptsii perekhoda naselennykh punktov, otnesennykh v rezultate avarii na Chernobylskoy AES k zonom radioaktivnogo zagryazneniya, k usloviyam normalnoy zhiznedeyatel'nosti naseleniya [Justification of the concept to transit settlements related to the Chernobyl accident to contamination zones, to the normal conditions of the population's life]. *Radiatsionnaya gigiena – Radiation hygiene*, 2016, Vol. 9, № 1, pp. 6–18.
 19. Meditsinskie radiologicheskie posledstviya Chernobylya: prognoz i fakticheskie dannye spustya 30 let. [Medical radiological consequences of Chernobyl: the forecast and the actual data after 30 years], Ed.: V.K. Ivanova, A.D. Kaprina. Moscow, GEOS, 2015, 450 p.
 20. Nauchnyy komitet OON po deystviyu atomnoy radiatsii: otchet za 2008 god s prilozheniyami [The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Report for 2008 with applications; translation from English], Moscow.: RADECON, 2010.
 21. Arkhangel'skaya, G.V. Zykova I.A., Teodorovich O.A. Radiotrezozhnost naseleniya i mery po ee snizheniyu. Sotsialno-psikhologicheskie posledstviya avarii na ChAES [Radio anxiety of population and measures for it's decrease. The social and psychological consequences of the Chernobyl NPP accident]. Chernobyl – 20 let spustya. Sotsialno-ekonomicheskie problemy i perspektivy razvitiya postradavshikh territoriy: Sb. tezisov mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Chernobyl – 20 years later. Socio-economic problems and development prospects of the affected areas: Abstracts of the international scientific-practical conference, Bryansk, 2006. pp. 30–40.
 22. Publikatsiya 60 MKRZ. Radiatsionnaya bezopasnost. Rekomendatsii Mezhdunarodnoy Komissii po Radiatsionnoy Zashchite 1990 goda [ICRP Publication 60, Part 1. Radiation safety. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection in 1990], Moscow, Energoatomizdat, 1994, 192 p.
 23. Effects and Risks of Ionizing Radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSEAR 1988: Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York, Annexes D and G, 1988.
 24. Nauchnyy komitet OON po deystviyu atomnoy radiatsii. Istochniki i efekty ioniziruyushchey radiatsii: otchet za 2000 god s prilozheniyami [UN Atomic Radiation Scientific Committee. Sources and effects of ionizing radiation: report for 2000 with the application], Ed.: Yu.S. Ryabukhina, S.P. Yarmonenko, Moscow, RADEKON, 2001.
 25. Mezhdunarodnoe Agenstvo po Atomnoy Energii. Ekologicheskie posledstviya avarii na Chernobylskoy AES i ikh preodolenie: dvadtsatiletniy opyt [The International Atomic Energy Agency. Ecological consequences of the Chernobyl accident and it's overcoming: twenty years of experience], Vienna, IAEA, 2006.
 26. Vsemirnaya organizatsiya zdavookhraneniya. Meditsinskie posledstviya Chernobylskoy avarii i spetsialnye programmy zdavookhraneniya [World Health Organization. Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes], Geneva, WHO, 2006.
 27. Rossiyskaya Federatsiya. Federalnyy zakon. O sotsialnoy zashchite grazhdan, podvergnutyykh vozdeystviyu radiatsii vsledstvie katastrofy na Chernobylskoy AES № 1244-1 ot 15.05.1991 (red. ot 28.11.2015, s izm. ot 14.12.2015) [The Russian Federation. Federal Law On the social protection of the citizens exposed to radiation due to the Chernobyl NPP accident., № 1244-1, 15 May 1991 (ed. of 28 November 2015, as amended on 14 December 2015).
 28. Rossiyskaya Federatsiya. Federalnyy zakon. O radiatsionnoy bezopasnosti naseleniya, ot 9.01.1996, № 3-FZ [The Russian Federation. Federal Law. On radiation safety of population, 9 January, 1996, № 3-FZ]. *Rossiyskaya Gazeta – Russian newspaper*, 1996, January 17, № 9.
 29. Akleev A.V., Ivanov V.K., Sazykina T.G., Shinkarev S.M. Posledstviya yadernoy avarii na AES «Fukusima-1» (obzor doklada NKDAR OON 2013 g.) [The consequences of the nuclear accident at the nuclear power plant «Fukushima-1» (review of the UNSCEAR report 2013)]. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost – Nuclear Medicine and Radiation Safety*, 2015, Vol. 60, № 5., pp. 12–24.
 30. Onishchenko G.G., Romanovich I.K., Barkovsky A.N., Bruk G.Ya., Golikov V.Yu. [et al.] Avariya na AES «Fukusima-1»: Pervye itogi avariynogo reagirovaniya. Soobshchenie 2: deystviya organov Rospotrebnadzora po radiatsionnoy zashchite naseleniya Rossiyskoy federatsii na ranney stadii avarii [The accident at the «Fukushima-1» NPP: first results of the emergency response. Message 2: The Russian Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing actions for the Russian Federation population protection in the early stages of the accident]. *Radiatsionnaya gigiena – Radiation hygiene*, 2011, Vol. 4, № 2., pp. 13–22.
 31. Romanovich I.K. [et al.] Avariya na AES «Fukusima-1»: organizatsiya profilakticheskikh meropriyatiy, napravlennykh na sokhranenie zdorov'ya naseleniya Rossiyskoy federatsii [The accident at the «Fukushima-1» NPP: the preventive measures organization aimed at the preservation of the Russian Federation public health], Ed.: G.G. Onishchenko, St. Petersburg., Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P. V. Ramzaev, 2012, 336 p.

• **Onishchenko G.G. Chernobyl – 30 let spustya. Radiatsionno-gigienicheskie i meditsinskie posledstviya avarii [The Chernobyl – Thirty Years After. The Post – Accidental Radiological – Hygienic and Medical Consequences].** *Radiatsionnaya gigiena – Radiation hygiene*, 2016, Vol. 9, № 2, pp. 10–19.