

К 30-ЛЕТИЮ КАТАСТРОФЫ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС: ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И СОВРЕМЕННОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА ТЕРРИТОРИИ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

¹ Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко
(Россия, г. Воронеж, ул. Студенческая, д. 10);

² Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области Роспотребнадзора
(Россия, г. Воронеж, ул. Космонавтов, д. 21);

³ Воронежский государственный университет инженерных технологий
(Россия, г. Воронеж, пр. Революции, д. 19)

Представлена оценка последствий радиоактивного воздействия аварии на Чернобыльской АЭС (1986 г.) на территорию Воронежской области, удаленную от эпицентра более 600 км. Для этого были использованы данные радиологической лаборатории Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области. Основными показателями для оценки воздействия аварии на Чернобыльской АЭС на территорию Воронежской области были выбраны характеристики поверхностной загрязненности почвы радионуклидами цезия-137 и стронция-90 (Ки/км²), суммарные среднегодовые эффективные дозы облучения (мЗв/год), показатель мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (мкЗв/ч). Установлено, что на территориях Воронежской области, отнесенных к зоне радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, за 30-летний период произошло снижение максимальных значений поверхностной загрязненности почвы радионуклидами цезия-137 с 3,15 до 1,66 Ки/км², стронция-90 с 0,063 до 0,0033 Ки/км². Максимальные территориальные значения среднегодовых эффективных доз внешнего облучения снизились с 1,70 до 0,08 мЗв/год. На основании проведенных исследований, в настоящее время радиационную обстановку на территории Воронежской области можно считать удовлетворительной. По результатам оценки показателей, характеризующих уровень воздействия источников ионизирующего излучения, превышений нормативов не зарегистрировано. Среднегодовая эффективная доза от «Чернобыльских выпадений», получаемая жителями населенных пунктов, подвергшихся радиоактивному воздействию, в 2010–2015 гг. не превышает 0,16 мкЗв/год. В структуре коллективной дозы облучения населения Воронежской области ежегодно лидирует доза от природных источников ионизирующего излучения, которая составляет от 74,96 до 76,68 % (в среднем по России в 2014 г. – 86,81 %); далее следуют медицинские источники ионизирующего излучения, ежегодный вклад которых в коллективную дозу варьирует от 20,04 до 24,78 % (по России в 2014 г. – 12,91 %), техногенно измененный радиационный фон, включая глобальные выпадения и аварию на ЧАЭС – от 0,18 до 0,20 % (по РФ в 2014 г. – 0,23 %), излучения от деятельности предприятий, использующих источники ионизирующего излучения – 0,07–0,08 % (по России в 2014 г. – 0,05 %). По результатам анализа онкологической заболеваемости населения за последние пять лет (злокачественные новообразования всего, в том числе щитовидной железы, лимфатической и кроветворной ткани), достоверности различий их величин на территориях, которые были контрастны по уровню радиоактивного загрязнения после Чернобыльской катастрофы, не установлено, что позволяет сделать вывод об отсутствии в настоящее время связи между плотностью радиоактивного загрязнения территорий Воронежской области и уровнем злокачественных новообразований у населения, проживающего на них.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, Чернобыльская АЭС, радиоэкология, радиоактивное загрязнение, Воронежская область.

Введение

Разрушение 26 апреля 1986 г. 4-го энергоблока Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС), расположенной на территории Украинской ССР (сегодня – Республика Украина), носило взрывной характер, реактор был полностью разрушен, и в окружающую

среду было выброшено большое количество радиоактивных веществ. Последствия данной катастрофы анализируются на протяжении третьего десятилетия [1, 4, 8].

Информационный поиск научных публикаций, посвященный оценке последствий Чернобыльской катастрофы по рассматрива-

✉ Попов Валерий Иванович – д-р мед. наук проф., зав. каф. общ. гигиены Воронеж. гос. мед. ун-т им. Н.Н. Бурденко (Россия, 394036, г. Воронеж, ул. Студенческая, д. 10); e-mail: 9038504004@mail.ru;

Клепиков Олег Владимирович – д-р биол. наук проф., зав. отд-нием информ. технологий Центра гигиены и эпидемиологии в Воронеж. обл. (Россия, 394038, г. Воронеж, ул. Космонавтов, д. 21), проф. каф. инж. экологии Воронеж. гос. ун-та инж. технологий (Россия, 394036, г. Воронеж, пр. Революции, д. 19); e-mail: klepa1967@rambler.ru;

Кузмичёв Максим Константинович – канд. мед. наук, зав. радиол. лаб. Центра гигиены и эпидемиологии в Воронеж. обл. (Россия, 394038, г. Воронеж, ул. Космонавтов, д. 21), доц. каф. гигиенических дисциплин Воронеж. гос. мед. ун-та им. Н.Н. Бурденко (Россия, 394036, г. Воронеж, ул. Студенческая, д. 10); e-mail: maxidoctor@rambler.ru.

емой проблеме, проведенный в мировой реферативно-библиографической базе данных Scopus (<http://www.scopus.com>) и Научной электронной библиотеке (<http://www.elibrary.ru>), показывает значительный интерес к оценке медико-биологических, экологических и социальных последствий данной аварии. Так, при поисковых словосочетаниях «Chernobyl» и в поисковом режиме «Title – Abstract – Keywords» в базе данных Scopus были найдены 557 научных статей, рассматривающих последствия Чернобыльской катастрофы. Научометрическая оценка отечественных публикаций по базе данных (<http://www.elibrary.ru>) по поисковому запросу «Чернобыль» (по состоянию на январь 2015 г.) позволила создать массив из 254 отечественных публикаций. Научные статьи в журналах составили 60,6% (154 статьи), материалы конференций, съездов, симпозиумов – 8,7% (22 публикации). Большинство работ посвящены оценке экстремальных радиационных медико-биологических и экологических последствий Чернобыльской катастрофы (69,5% публикаций). Среди других встречающихся направлений – оценка последствий пожара на атомной электростанции, статьи, поднимающие социальные вопросы последствий аварии. Естественно, мы понимаем, что формирование поисковых запросов в базах данных по рассматриваемой теме не лишено субъективного фактора, что может искажать полученные результаты, однако масштабность актуальности проблемы ни у кого не вызывает сомнений.

Часть территории Воронежской области, граница которой удалена от Чернобыля приблизительно на 600 км, в результате аварии на ЧАЭС оказалась подверженной радиоактивному загрязнению [9, 10]. 30-летний период, прошедший после аварии на ЧАЭС, позволяет оценить долговременные последствия крупномасштабной радиационной аварии на территории Воронежской области.

Цель исследования – оценка отдаленных последствий радиоактивного воздействия аварии на ЧАЭС на территорию Воронежской области, удаленную от эпицентра более чем на 600 км.

Материал и методы

Оценка отдаленных последствий аварии на ЧАЭС для территории и населения Воронежской области проведена по фоновым региональным данным радиологической лаборатории Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области на основе анализа ин-

формации, содержащейся в базе данных «Рег-БД36», разработанной в Санкт-Петербургском научно-исследовательском институте радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева, в радиационно-гигиеническом паспорте Воронежской области, а также в архивных материалах «Обзор радиационной обстановки на территории Воронежской области за период с 1986 по 1996 год» (Центр Госсанэпиднадзора в Воронежской области, 1997, 11 с.).

Несмотря на систематичность измерений за 30-летний период, представляет интерес оценка данных с дискретностью в 10 лет (1986, 1996, 2006 и 2015 г.), а также имеющихся архивных данных за 1985 г. – год до аварии на ЧАЭС.

До 2015 г. проанализированы и обобщены данные измерений в 79 населенных пунктах 8 районов Воронежской области (перечень утвержден Постановлением Правительства РФ от 18.12.1997 г. № 1582 «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС»). В 2015 г. проанализированы данные по 74 населенным пунктам в 8 районах Воронежской области (перечень утвержден Постановлением Правительства РФ от 08.10.2015 г. № 1074 «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС»).

Основными показателями для оценки воздействия Чернобыльской аварии на территорию Воронежской области были выбраны характеристики поверхностной загрязненности почвы радионуклидами цезия-137 и стронция-90 (Ки/км²), суммарные среднегодовые эффективные дозы облучения (мЗв/год). Выбор данных показателей обусловлен тем, что на территориях, пострадавших от катастрофы на ЧАЭС, оцениваются только именно эти два радионуклида, которые в силу своих физических и химических свойств легко включаются в метаболические процессы человека, подменяя собой стабильные изотопы. У этих радионуклидов по сравнению с другими, присутствующими в аварийных выбросах ЧАЭС, наиболее длительные периоды полураспада. Период полураспада цезия-137 составляет 30,2 года, стронция-90 – 28,6 года. Нормы для стронция-90 более жесткие, чем для цезия-137, что связано с его большей опасностью.

Проанализирован также показатель мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (мкЗв/ч).

Выполнен анализ показателей онкологической заболеваемости населения (злокачественные новообразования всего, в том числе щитовидной железы, лимфатической и кроветворной ткани) на территориях, контрастных по уровням воздействия радиационного фактора. При этом использованы официальные данные формы государственной статистической отчетности № 7 «Сведения о заболеваниях злокачественными новообразованиями», содержащие информацию о ежегодном числе случаев впервые в жизни выявленных злокачественных новообразованиях независимо от обстоятельств выявления с распределением этих данных по основным локализациям (согласно МКБ-10) и в разбивке по полу и возрасту за 5-летний период (2010–2014 гг.).

Результаты и их анализ

До 1986 г. основными источниками поступления искусственных радионуклидов на территорию Воронежской области были глобальные выпадения от проводившихся испытаний ядерного оружия, которые создавали среднюю плотность поверхностного загрязнения по цезию-137 на уровне 0,07 Ки/км². Среднегодовая эффективная доза облучения населения составляла 0,76 мЗв/год. Доза облучения от нуклидов антропогенного происхождения до 1986 г. была гораздо меньше дозы от естественных радионуклидов. Средняя эффективная эквивалентная доза облучения по пищевым цепочкам от стронция-90 составляла в 1985 г. 2,3 мЗв/год и от цезия-137 – 1,3 мЗв/год и была незначительной по вкладу в среднегодовую эффективную дозу.

Авария на ЧАЭС привела к выбросу в атмосферу огромного количества радионуклидов. В апреле–мае 1986 г. на территории Воронежской области в воздухе были зарегистрированы концентрации, возросшие в десятки тысяч раз по сравнению с периодом до 26.04.1986 г., следующих радионуклидов: бериллий-7, стронций-89, -90, цирконий-95, ниобий-95, рубидий-103, -106, цезий-134, -137, церий-141, -144, йод-131, теллур-132, барий-140, лантан-140, нептуний-209. Поскольку йод-131 в первые дни после аварии являлся основным дозообразующим нуклидом, его контролю отводилось приоритетное внимание. Максимальная концентрация йода-131 на отдельных пунктах наблюдения достигала $5 \cdot 10^{-11}$ Ки/л. При условии сохранения этой концентрации хотя бы в течение одних суток

в условиях пребывания на открытой местности эквивалентная доза от этого нуклида составляла 4,5 мЗв.

Анализ данных по мощности эквивалентной дозы гамма-излучения в мониторинговой точке (г. Воронеж) за период апрель–май 1986 г. показывает, что, начиная с 30 апреля, её значение возросло примерно в 20 раз, достигла максимума в 2 мЗв/ч 5 мая и к концу мая снизилась до 0,4 мЗв/ч. В отдельных районах области уровень загрязнения был более высоким: мощность эквивалентной дозы гамма-излучения к 5 мая увеличилась в десятки раз и достигала 8 мЗв/ч в Хохольском районе и 7,5 мЗв/ч в Репьевском районе. Средний по 32 районам области уровень гамма-излучения на 05.05.1986 г. составлял 1,15 мЗв/ч, что было в 10 раз выше величин фона, зарегистрированного до 26.04.1986 г. Наименее загрязненным оказался Эртильский район (0,25 мЗв/ч). Следует отметить ярко выраженный неравномерный характер загрязнения территории области, обусловленный метеоусловиями (в частности, менявшееся направление ветра и интенсивные дожди, имевшие место в мае 1986 г.).

За счёт радиоактивных выпадений из ЧАЭС на территорию области её население за счет внешнего облучения дополнительно получило в 1986 г. дозу в 1,05 мЗв, 75% этой дозы было получено в мае.

Было установлено, что большое число нуклидов, поступивших с аэрозолями на территорию Воронежской области, основную дозу облучения создавали по пищевым цепям. На основе оценки содержания цезия-137 и стронция-90 в четырех основных продуктах питания (хлеб, мясо, молоко, картофель) и величине их потребления были рассчитаны дозы облучения населения. В 1986 г. суммарная по всем видам продуктов доза составила в среднем: по стронцию-90 – 0,76 мЗв/год, по цезию-137 – 0,06 мЗв/год. До аварии на ЧАЭС годовая эквивалентная доза от нуклидов, содержащихся в продуктах питания, составляла по цезию-137 0,001 мЗв/год, по стронцию-90 – 0,12 мЗв/год. Следует отметить несколько заниженные расчетные значения полученных доз из-за того, что не были учтены все продукты питания.

Эквивалентная доза, полученная населением с молоком по йоду-131, составляла в 1986 г. 4,24 мЗв. Следовательно, эквивалентная доза облучения, полученная населением с продуктами питания, в основном была обусловлена йодом-131 [10].

По результатам оценки радиологических показателей в 1986 г. 8 из 32 административных районов Воронежской области были отнесены к зонам радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (Аннинский, Верхнехавский, Нижнедевицкий, Ольховатский, Острогожский, Панинский, Репьевский, Хохольский районы).

Ретроспективный анализ данных за 30-летний период, проведенный по 79 населенным пунктам 8 районов, оказавшихся в зоне радиоактивного загрязнения вследствие аварии на ЧАЭС, показывает снижение практически всех показателей. Так, максимальные значения поверхностной загрязненности почвы радионуклидом цезия-137 снизились с 3,15 до 1,66 Ки/км², стронция-90 – с 0,063 до 0,0033 Ки/км² (табл. 1). Данные за 2015 г. представлены в целом по Воронежской области до аварии на ЧАЭС по архивным материалам.

Максимальные территориальные значения суммарных среднегодовых эффективных доз облучения с 1985 по 2015 г. снизились с 3,29 до 0,08 мЗв/год.

Наиболее быстро после аварии стабилизировался гамма-фон. В течение следующего после аварии года в среднем по области он составил 0,12 мкЗв/ч. В последующие годы – ежегодно лежал в интервале от 0,08 до 0,14 мкЗв/ч, т. е. на уровне до Чернобыльской катастрофы (табл. 2).

Во всех населенных пунктах Воронежской области, отнесенных к зоне радиоактивного загрязнения, средние годовые эффективные дозы у населения, обусловленные радиоактивным загрязнением вследствие

Чернобыльской катастрофы, с 1988 г. не превышали 1 мЗв. В соответствии с «Концепцией радиационной, медицинской и социальной защиты и реабилитации населения Российской Федерации, подвергшегося аварийному облучению», в таких населенных пунктах не требуется проведения противорадиационных мероприятий и сохраняется выборочный характер радиационного контроля.

Для сравнения дозовых нагрузок на население Воронежской области от различных видов источников ионизирующего излучения нами также проведен анализ данных радиационно-гигиенической паспортизации территории Воронежской области за 2010–2015 гг. Его результаты свидетельствуют, что коллективная годовая эффективная доза облучения населения Воронежской области за счет всех источников ионизирующего излучения составляет от 6684 до 7710 чел./Зв. В структуре коллективной дозы населения Воронежской области ежегодно лидирует доза от природных источников ионизирующего излучения, которая составляет от 74,96 до 76,68 % (в среднем по России в 2014 г. – 86,81 %); далее следуют медицинские источники ионизирующего излучения, ежегодный вклад которых в коллективную дозу варьирует от 20,04 до 24,78 % (по России в 2014 г. – 12,91 %), техногенно измененный радиационный фон, включая глобальные выпадения и аварию на ЧАЭС – от 0,18 до 0,20 % (по России в 2014 г. – 0,23 %), излучения от деятельности предприятий, использующих источники ионизирующего излучения – 0,07–0,08 % (по России в 2014 г. – 0,05 %). Большой удельный вес

Таблица 1

Показатели (min–max) радиоактивного загрязнения по 79 населенным пунктам Воронежской области, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на ЧАЭС

Показатель	Год				
	1985	1986	1996	2006	2015
Поверхностная загрязненность почвы цезием-137, Ки/км ²	0,07	1,18–3,15	0,95–2,52	0,75–2,00	0,62–1,66
Поверхностная загрязненность почвы стронцием-90, Ки/км ²	Нет данных	0,024–0,063	0,019–0,050	0,015–0,039	0,012–0,033
Суммарные среднегодовые эффективные дозы облучения, мЗв/год	0,76	1,28–3,29	0,06–0,16	0,04–0,11	0,03–0,08

Таблица 2

Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения, мкЗв/ч

Показатель	Год				
	1985	1986	1996	2006	2015
Среднее значение по области	0,105 ± 0,008	0,222 ± 0,020	0,106 ± 0,010	0,102 ± 0,020	0,105 ± 0,030
Интервал значений по области (min–max)	0,08–0,14	0,09–0,13	0,08–0,14	0,08–0,14	0,07–0,14

Таблица 3

Годовая эффективная доза на 1 жителя Воронежской области за счет всех источников ионизирующего излучения в сравнении со среднероссийскими показателями (мЗв/год)

Территориальная единица	Год					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Воронежская область	2,925	2,980	3,167	3,095	3,309	3,209
Российская Федерация	3,835	3,830	3,800	3,900	3,789	–

медицинской компоненты в структуре коллективной дозы у населения Воронежской области по сравнению с аналогичным среднероссийским показателем обусловлен тем, что для Воронежской области характерно меньшее, по сравнению с Российской Федерацией в целом, значение вклада природного облучения [6, 7]. В этой связи для оценки радиационного воздействия на население более информативным показателем является средняя доза на одного жителя [5]. Возможно также, что доза облучения от медицинских вмешательств засела и от качества рентгеновской аппаратуры, что может явиться предметом наших дальнейших исследований.

Установлено, что средняя годовая эффективная доза на 1 жителя Воронежской области за счет всех источников ионизирующего излучения в 2010–2015 гг. составляет от 2,980 до 3,309 мЗв/год, что меньше, чем по России (табл. 3).

Максимальный показатель 3,309 мЗв отмечен в 2014 г. (по России – 3,789 мЗв).

На основании проведенных исследований, в настоящее время радиационную обстановку на территории Воронежской области можно считать удовлетворительной. По результатам оценки показателей, характеризующих уровень воздействия источников ионизирующего излучения, превышений нормативов не зарегистрировано.

Одним из значимых индикатором воздействия радиационного фактора является уровень онкологической заболеваемости насе-

ления [5]. В этой связи для ответа на вопрос о влиянии радиационной ситуации, сложившейся на территории Воронежской области в настоящее время, на уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями, нами проведен выборочный анализ данных по двум административным районам – Хохольскому, территория которого была наиболее подвержена радиоактивному загрязнению от аварии на ЧАЭС, и Эртильскому, территория которого была наименее подвержена радиоактивному загрязнению от аварии на ЧАЭС по объективным данным радиологического мониторинга. Выборка данных проведена за 2012–2014 гг. (табл. 4).

В целом при анализе онкологической заболеваемости населения не было установлено достоверных различий показателей на территориях, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС и не отнесенных к данным зонам, за исключением злокачественных новообразований щитовидной железы среди женщин ($p < 0,05$).

На территории, наименее подверженной радиоактивному загрязнению от аварии на ЧАЭС, среднемноголетний уровень онкологической заболеваемости у мужчин составляет $(488,88 \pm 33,92)$ случая на 100 тыс. населения и выше, чем на территории, наиболее подверженной радиоактивному загрязнению от аварии на ЧАЭС $(430,29 \pm 21,31)$. Среди женщин наоборот: $(444,45 \pm 97,42)$ и $(394,51 \pm 17,43)$ случая на 100 тыс. населения. Злокачествен-

Таблица 4

Среднемноголетний уровень онкологической заболеваемости населения за 2010–2014 гг. (показатель числа случаев заболеваний на 100 тыс. населения, $M \pm m$)

Злокачественные новообразования	Район Воронежской области	
	Хохольский (наиболее пострадавший)	Эртильский (наименее пострадавший)
Всего, мужчины	$430,29 \pm 21,31$	$488,88 \pm 33,92$
Всего, женщины	$444,45 \pm 97,42$	$394,51 \pm 17,43$
Щитовидной железы, мужчины	$2,94 \pm 0,97$	$3,61 \pm 1,25$
Щитовидной железы, женщины	$26,94 \pm 5,01$	$17,76 \pm 2,87^*$
Лимфатической и кроветворной ткани, мужчины	$17,12 \pm 3,07$	$23,06 \pm 6,67$
Лимфатической и кроветворной ткани, женщины	$22,78 \pm 7,62$	$15,99 \pm 6,07$

* Достоверные различия при $p < 0,05$.

ные новообразования щитовидной железы у мужчин на относительно благополучной территории выше, чем на неблагополучной: $(3,61 \pm 1,25)$ и $(2,94 \pm 0,97)$ случая на 100 тыс. населения соответственно, а среди женщин, наоборот, и имеют достоверные различия ($p < 0,05$). Показатели уровня злокачественных новообразований лимфатической и кровеносной ткани на территориях не имеют достоверных различий.

Результаты анализа онкологической заболеваемости населения, отсутствие закономерностей достоверности их различий на территориях позволяют сделать вывод об отсутствии в настоящее время связи между плотностью радиоактивного загрязнения территорий Воронежской области и показателями онкологической заболеваемости населения, на них проживающего. Этот результат закономерен по ряду причин.

Во-первых, детерминированные радиационные эффекты (лучевая болезнь, лучевой ожог кожи) возникают при относительно больших дозах (более 50 бэр) за короткий промежуток времени и характеризуются наличием порога радиационного воздействия, ниже которого эффект не наблюдается.

Во-вторых, стохастические радиационные эффекты (онкологические заболевания, серьезные наследственные эффекты) возникают с различной вероятностью в зависимости от полученной дозы. Официально принята «беспороговая концепция», в соответствии с которой стохастические эффекты могут возникать при сколь угодно малой дозе. Но данная концепция базируется не на опытных данных, а на экстраполяции из области более высоких доз.

В-третьих, стохастические радиационные эффекты носят неспецифический характер, т. е. они неотличимы от аналогичных эффектов, обусловленных факторами нерадиационной природы. Поэтому статистически достоверно выделить их над спонтанным уровнем часто невозможно. К сведению, статистически достоверные риски для лейкемии, установленные у людей, переживших атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, обнаружены только с уровня доз выше 60 мЗв (6 бэр) острого облучения [2].

Еще одной проблемой является неадекватное восприятие обществом рисков от последствий аварии на ЧАЭС. Благодаря политике замалчивания в первое время после аварии люди относятся недоверчиво к любым позитивным официальным материалам. В своей работе с населением приходится сталкивать-

ся не столько с реальными радиационными последствиями, сколько с далекими от истины представлениями, наносящими психологический вред населению и обостряющими социальную обстановку [8]. Так, при сокращении списка населенных пунктов, входящих в зону проживания с льготным статусом, жители сокращенных населенных пунктов считают, что лишились льгот несправедливо, так как «дышат тем же воздухом и пьют и едят то же», что и жители соседних населенных пунктов, пользующихся льготным статусом. При этом все свои болезни и недомогания относят на счет «радиации», не принимая во внимание другие источники опасности, такие как химическое загрязнение среды обитания человека, снижение жизненного уровня и т.д.

В перспективе доза от «Чернобыльских выпадений» будет и далее уменьшаться за счет естественных процессов самоочищения почв, а также распада радионуклидов.

Выводы

1. До 1986 г. основными источниками поступления искусственных радионуклидов на территорию Воронежской области были глобальные выпадения от проводившихся испытаний ядерного оружия, которые создавали среднюю плотность поверхностного загрязнения по цезию-137 на уровне $0,07 \text{ Ки/км}^2$. Средняя эффективная эквивалентная доза облучения по пищевым цепочкам от стронция-90 составляла в 1985 г. $2,3 \text{ мкЗв/год}$ и от цезия-137 – $1,3 \text{ мкЗв/год}$.

2. С точки зрения воздействия на население в первые недели после аварии, наибольшую опасность представлял радиоактивный йод, имеющий сравнительно малый период полураспада (восемь дней). По архивным данным, основная доза в 1986 г., полученная населением Воронежской области вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, была обусловлена ингаляционным поступлением и поступлением по пищевым цепям йода-131 в организм человека. Эквивалентная доза, полученная населением только с молоком по йоду-131, составляла в 1986 г. $4,24 \text{ мЗв}$.

3. Считается, что в настоящее время (и в ближайшие десятилетия) наибольшую опасность представляют изотопы стронция-90 и цезия-137 с периодом полураспада около 30 лет. Установлено, что для территорий Воронежской области, отнесенных к зоне радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, за 30-летний период произошло снижение максимальных

значений поверхностной загрязненности почвы радионуклидами цезия-137 с 3,15 до 1,66 Ки/км², стронция-90 – с 0,063 до 0,0033 Ки/км². Максимальные территориальные значения среднегодовых эффективных доз облучения снизились с 1,70 до 0,08 мЗв/год.

3. На основе проведенных исследований, в настоящее время радиационную обстановку на территории Воронежской области можно считать удовлетворительной. По результатам оценки показателей, характеризующих уровень воздействия источников ионизирующего излучения, превышений нормативов не зарегистрировано. Среднегодовая эффективная доза от «Чернобыльских выпадений», получаемая жителями населенных пунктов, подвергшихся радиоактивному воздействию, в 2010–2015 гг. не превышает 0,16 мЗв/год. В структуре коллективной дозы у населения Воронежской области ежегодно лидирует доза от природных источников ионизирующего излучения, которая составляет от 74,96 до 76,68 % (в среднем по России в 2014 г. – 86,81 %); далее следуют медицинские источники ионизирующего излучения, ежегодный вклад которых в коллективную дозу варьирует от 20,04 до 24,78 % (по России в 2014 г. – 12,91 %), техногенно измененный радиационный фон, включая глобальные выпадения и аварию на ЧАЭС, – от 0,18 до 0,20 % (по России в 2014 г. – 0,23 %), излучения от деятельности предприятий, использующих источники ионизирующего излучения, – 0,07–0,08 % (по России в 2014 г. – 0,05 %).

4. По результатам анализа онкологической заболеваемости населения за последние пять лет достоверности различий их величин на территориях, которые были контрастны по уровню радиоактивного загрязнения после Чернобыльской катастрофы, не установлено, что позволяет сделать вывод об отсутствии в настоящее время связи между плотностью радиоактивного загрязнения террито-

рий Воронежской области и уровнем злокачественных новообразований у населения, проживающего на них.

Литература

1. Балонов М. И. Последствия Чернобыля: 20 лет спустя // Радиация и риск (Бюл. Нац. радиац.-эпидемиол. регистра). 2006. Т. 15, № 3/4. С. 97–119.
2. Ермоленко Е. В., Семенов А. А. Ядерная бомбардировка США Хиросимы и Нагасаки и ее последствия // Вестн. Краснодарск. гос. института культуры. 2015. № 3. С. 1–2.
3. Заряева Е. В., Кузмичёв М. К. Гигиеническая оценка радиационного фактора на территории в Воронежской области // Вестн. новых медицинских технологий. 2011. Т. 18, № 2. С. 478–480.
4. Иванов В. К., Цыб А. Ф. Медицинские радиологические последствия спустя 20 лет после аварии на Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. 2006. Т. 100, № 4. С. 297–304.
5. Легеза В. И., Ушаков И. Б., Гребенюк А. Н., Попов В. И. Радиобиология, радиационная физиология и медицина : словарь-справочник. Воронеж : Науч. книга, 2014. 152 с.
6. Стёпкин Ю. И., Кузмичёв М. К., Клепиков О. В., Кухтина И. В. Гигиеническая оценка доз облучения населения Воронежской области от источников ионизирующего излучения // Гигиена и санитария. 2015. № 9. С. 39–41.
7. Стёпкин Ю. И., Кузмичёв М. К., Клепиков О. В. Результаты регионального мониторинга доз облучения населения от источников ионизирующего излучения // Радиационная гигиена. 2015. Т. 8, № 4. С. 83–86.
8. Чернобыль: 25 лет спустя: социально-правовые и медицинские проблемы граждан, пострадавших в радиационных авариях и катастрофах : материалы всерос. науч.-практ. конф. СПб., 2011. 268 с.
9. Чубирко М. И., Попов В. И., Либина И. И. Гигиеническая характеристика радиационной обстановки в Воронежской области // Медико-физиологические проблемы экологии человека : материалы IV всерос. конф. Ульяновск, 2011. С. 296–298.
10. Чубирко М. И., Яменсков А. А. Радиационной обстановке на территории Воронежской области в связи с аварией на Чернобыльской АЭС // Здоровье населения и среда обитания. 2006. № 4. С. 32–34.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

On the 30-th anniversary of the Chernobyl accident: assessment of the impact of radioactive contamination and current radiation situation in the Voronezh region

Popov V. I.¹, Klepikov O. V.^{2,3}, Kuzmichev M. K.^{1,2}

¹ Voronezh State Medical University named after N. N. Burdenko (Russia, 394036, Voronezh, Student Str., 10);

² Center of Hygiene and Epidemiology in the Voronezh region (Russia, 394038, Voronezh, Kosmonavtov Str., 21);

³ Voronezh State University of Engineering Technologies (Russia, 394036, Voronezh, Revolution Ave., 19).

✉ Valery Ivanovich Popov — Dr. Med. Sci. Prof., Head of the Department of General Hygiene Medical University Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko (Russia, 394036, Voronezh, Student Str., 10); e-mail: 9038504004@mail.ru;
 Oleg Vladimirovich Klepikov — Dr. Biol. Sci. Prof., Head of the Information Technology Department, Center of Hygiene and Epidemiology in the Voronezh region (Russia, 394038, Voronezh, Kosmonavtov Str., 21), Prof. of Department of Environmental Engineering, Voronezh State University of Engineering Technologies (Russia, 394036, Voronezh, Revolution Ave., 19); e-mail: klepa1967@rambler.ru;

Maxim Konstantinovich Kuzmichev — PhD Med. Sci., Head of the Radiological Research Laboratory, Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh region (Russia, 394038, Voronezh, Kosmonavtov Str., 21), associate professor, Hygiene Department, Medical University Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko (Russia, 394036, Voronezh, Studencheskaya Str. 10); e-mail: maxidoctor@rambler.ru.

Abstract. The aim of the study was to evaluate the effect of radiation from the 1986 Chernobyl disaster for the Voronezh region situated at a distance of more than 600 km from the epicenter. Data from the radiological laboratory of Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh region were used. Characteristics of the soil surface contamination with cesium-137 and strontium-90 (Ci/km²), the overall average annual effective dose (mZv/year), the dose of gamma radiation (mZv/h) were selected to assess the impact of the Chernobyl accident on the Voronezh region. It was found that for the Voronezh region areas of radioactive contamination from the Chernobyl disaster, maximum surface contamination of soils with cesium-137 reduced from 3.15 to 1.66 Ci/km², strontium-90 from 0.063 to 0.0033 Ci/km² over 30 years. Maximum territorial average annual effective dose of external radiation decreased from 1.70 to 0.08 mZv/year. Based on the research the current radiation situation in the Voronezh region can be considered satisfactory (secure). Radiation indicators comply with safety regulations. The average annual effective dose from «Chernobyl rain» for residents of the settlements subjected to radioactive exposure, in 2010–2015 did not exceed 0.16 mZv/year. In the structure of the collective radiation dose of the population of the Voronezh region, doses from natural sources of ionizing radiation dominate each year (from 74.96 to 76.68 %; average for Russia in 2014 – 86.81 %); followed by medical sources of ionizing radiation, their annual contribution to the collective dose varies from 20.04 to 24.78 % (in Russia in 2014 – 12.91 %), technologically modified radiation background, including global fallout and the Chernobyl accident – from 0.18 to 0.20 % (in Russia in 2014 – 0.23 %), radiation from enterprises that use sources of ionizing radiation – 0.07–0.08 % (in Russia in 2014 – 0.05 %). According to the analysis of cancer incidence over the past five years (total malignant neoplasms, including the thyroid gland, lymphatic and hematopoietic tissue), there were no significant differences between areas with varying radioactive contamination after the Chernobyl accident. Therefore, it can be concluded that the density of radioactive pollution in the Voronezh region is currently not associated with malignancy rates.

Keywords: emergency situation, Chernobyl Nuclear Power Plant, radioecology, radioactive pollution, Voronezh region.

References

1. Balonov M.I. Posledstviya Chernobylya: 20 let spustya [The consequences of Chernobyl: 20 Years After]. *Radiatsiya i risk (Byulleten' Natsional'nogo radiatsionno-epidemiologicheskogo registra)* [Radiation risk (Bulletin of the National Radiation and Epidemiological Registry)]. 2006. Vol. 15, N 3/4. Pp. 97–119. (In Russ.)
2. Ermolenko E.V., Semenov A.A. Yadernaya bombardirovka SSa Khirosimy i Nagasaki i ee posledstviya [US nuclear bombing of Hiroshima and Nagasaki and its consequences]. *Vestnik Krasnodarskogo gosudarstvennogo instituta kul'tury* [Bulletin of the Krasnodar State Institute of Culture]. 2015. N 3. Pp. 1–2. (In Russ.)
3. Zaryeva E.V., Kuzmichev M.K. Gigienicheskaya otsenka radiatsionnogo faktora na territorii v Voronezhskoi oblasti [Hygienic assessment of the radiation factor in the territory of the Voronezh Region]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Journal of New Medical Technologies]. 2011. Vol. 18, N 2. Pp. 478–480. (In Russ.)
4. Ivanov V.K., Tsyb A.F. Meditsinskie radiologicheskie posledstviya spustya 20 let posle avarii na Chernobyl'skoi AES [Medical radiological consequences of 20 years after the Chernobyl accident]. *Atomnaya energiya* [Nuclear power]. 2006. Vol. 100, N 4. Pp. 297–304. (In Russ.)
5. Legeza V.I., Ushakov I.B., Grebenyuk A.N., Popov V.I. Radiobiologiya, radiatsionnaya fiziologiya i meditsina [Radiobiology, radiation medicine and physiology]. Voronezh. 2014. 152 p. (In Russ.)
6. Stepkin Yu.I., Kuzmichev M.K., Klepikov O.V., Kukhtina I.V. Gigienicheskaya otsenka doz oblucheniya naseleniya Voronezhskoi oblasti ot istochnikov ioniziruyushchego izlucheniya [Hygienic estimation of doses to the population of the Voronezh region from ionizing radiation sources]. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene & Sanitation]. 2015. N 9. Pp. 39–41. (In Russ.)
7. Stepkin Yu.I., Kuzmichev M.K., Klepikov O.V. Rezul'taty regional'nogo monitoringa doz oblucheniya naseleniya ot istochnikov ioniziruyushchego izlucheniya [The results of the regional monitoring of radiation doses from ionizing radiation sources in the population]. *Radiatsionnaya gigiena* [Radiation Hygiene]. 2015. Vol. 8, N 4. Pp. 83–86. (In Russ.)
8. Chernobyl': 25 let spustya: sotsial'no-pravovye i meditsinskie problemy grazhdan, postradavshikh v radiatsionnykh avariakh i katastrofakh [Chernobyl: 25 years later: the social, legal and medical concerns of citizens affected by radiation accidents and catastrophes]: Scientific. Conf. Proceedings. Sankt-Peterburg, 2011. 268 p. (In Russ.)
9. Chubirko M.I., Popov V.I., Libina I.I. Gigienicheskaya kharakteristika radiatsionnoi obstanovki v Voronezhskoi oblasti [Hygienic characteristics of the radiation situation in the Voronezh region]. *Mediko-fiziologicheskie problemy ekologii cheloveka* [Medical and physiological problems of human ecology]: Scientific. Conf. Proceedings. Ul'yanovsk. 2011. Pp. 296–298. (In Russ.)
10. Chubirko M.I., Yamenskov A.A. O radiatsionnoi obstanovke na territorii Voronezhskoi oblasti v svyazi s avariye na Chernobyl'skoi AES [Radiation situation in the Voronezh region in connection with the accident at the Chernobyl nuclear power plant]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* [Public health and environment]. 2006. N 4. Pp. 32–34. (In Russ.)

Received 25.01.2016

For citing. Popov V.I., Klepikov O.V., Kuzmichev M.K. K 30-letiyu katastrofy na Chernobyl'skoi AES: otsenka posledstviy radioaktivnogo zagryazneniya i sovremennoi radiatsionnoi obstanovki na territorii Voronezhskoi oblasti. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2016. N 1. Pp. 48–55. (In Russ.)

Popov V.I., Klepikov O.V., Kuzmichev M.K. On the 30-th anniversary of the Chernobyl accident: assessment of the impact of radioactive contamination and current radiation situation in the Voronezh region. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2016. N 1. Pp. 48–55. DOI 10.25016/2541-7487-2016-0-1-48-55