

© [Тетенев Ф. Ф.], Поровский Я. В., Матковская Т. В., Агеева Т. С., Бодрова Т. Н., Черногорюк Г. Э., Карзилов А. И., Месько П. Е., Невдах А. Е.

УДК 616-001.28-057.117-058.66-071[»]451*30[»]

DOI: 10.20333/2500136-2019-1-25-33

30 ЛЕТ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ СТАНЦИИ: РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЛИКВИДАТОРАМИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ

[Ф. Ф. Тетенев¹], Я. В. Поровский¹, Т. В. Матковская¹, Т. С. Агеева¹, Т. Н. Бодрова¹, Г. Э. Черногорюк¹, А. И. Карзилов¹, П. Е. Месько¹, А. Е. Невдах²

¹Сибирский государственный медицинский университет, Томск 634050, Российская Федерация

²Научно-исследовательский институт кардиологии, Томск 634012, Российская Федерация

Цель исследования. Подвести итог результатам клинического обследования ликвидаторов последствий аварии (ЛП) на Чернобыльской станции (ЧС) с заболеваниями внутренних органов и их исходов за 30 летний период после аварии.

Материал и методы. В 1996 -2002 гг. обследовано 117 ЛП, которые с июня 1986 г., в 1987 и 1988 гг. занимались трудовыми операциями разными по месту работы и ее продолжительности в 30-километровой зоне ЧС. Поглощенная доза внешнего γ - излучения составила от 50,0 до 270,0 мГр (в среднем $163,06 \pm 9,54$ мГр). Методы исследования включали стандартное клиническое обследование больных, изучение заболеваний системы дыхания, сердца и сосудов, пищеварительной, кроветворной, ЦНС и периферической нервной систем с аутопсийной морфологической диагностикой и проводимой прижизненно. В последующем проведен анализ жизненного статуса ЛП и структуры смертности.

Результаты. Исследование показало, что патологическое действие ионизирующего излучения (ИИ) состоит в распространенном, различной степени выраженности повреждении микроциркуляторного русла (МЦР) от васкулопатии до проявления продуктивного васкулита, установленного в биоптатах миокарда правого желудочка и кожно-мышечного лоскута. Генерализованное поражение сосудов МЦР стало причиной часто диагностируемой у ЛП микровазкулярной формы ИБС, развитию диффузионного и сосудистого видов недостаточности аппарата внешнего дыхания, вызывает повреждение глиального компонента ЦНС и вегетативного отдела нервной системы, приводящих к развитию и нервно-психических заболеваний и расстройств. За период, прошедший после аварии в этой когорте лиц установлена сверхсмертность в трудоспособном возрасте. До 2002 г. она была обусловлена внешними причинами и болезнями системы кровообращения, в последующем - болезнями системы кровообращения и злокачественными новообразованиями легких.

Заключение. К важным мишеням повреждающего действия «малых» доз ИИ необходимо отнести сосуды МЦР головного мозга и сердца. Их изменения в отдаленном от аварии периоде усугубляют психосоматическую дезадаптацию этих пациентов и могут объяснить высокую смертность от различных причин внешнего характера и заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Ключевые слова: ликвидаторы последствий аварии на Чернобыльской станции, лучевое повреждение микроциркуляторного русла, исходы.

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

Для цитирования: Тетенев ФФ, Поровский ЯВ, Матковская ТВ, Агеева ТС, Бодрова ТН, Черногорюк ГЭ, Карзилов АИ, Месько ПЕ, Невдах АЕ. 30 лет после аварии на Чернобыльской станции: результаты клинического наблюдения за ликвидаторами последствий аварии. *Сибирское медицинское обозрение.* 2019;(1):25-33. DOI: 10.20333/2500136-2019-1-25-33

30 YEARS AFTER THE ACCIDENT AT THE CHERNOBYL STATION: THE RESULTS OF CLINICAL OBSERVATION FOR THE EMERGENCY WORKERS

[F. F. Tetenev¹], Y. V. Porovskiy¹, T. V. Matkovskaya¹, T. S. Ageeva¹, T. N. Bodrova¹, G. E. Chernogoruk¹, A. I. Karzilov¹, P. E. Mesko¹, A. E. Nevдах²

¹Siberian State Medical University, Tomsk 634050, Russian Federation

²Cardiology Research Institute, Tomsk 634012, Russian Federation

The aim of the research is to summarize the results of clinical examination of the emergency workers (EW) at the Chernobyl station (ChS) with the diseases of internal organs and their outcomes for 30-year period after the accident.

Material and methods. In 1996 -2002 117 EW were examined, who, since June 1986, in 1987 and 1988, worked in different places in 30-kilometer emergency zone and whose work duration differed. The absorbed dose of external γ -radiation ranged from 50.0 to 270.0 mGy (on average 163.06 ± 9.54 mGy). The research methods included standard clinical examination of patients, the study of the diseases of respiratory system, heart and blood vessels, digestive, hematopoietic, central nervous system and peripheral nervous systems with autopsy morphological diagnostics and conducted in vivo. Then analysis of life status of EW and of mortality structure was performed.

Results. The study showed that the pathological effect of ionizing radiation (IR) consists in widespread severity of damage (of various degrees) of microvasculature (Mv) from vasculopathy to the manifestation of productive vasculitis, established in biopsy materials of the right ventricular myocardium and skin-muscle flap. Generalized vascular lesion of the Mv has caused the microvascular form of coronary artery disease often diagnosed in EW, the development of diffusion and vascular insufficiency of the respiratory apparatus, caused damage of the glial component of CNS and vegetative part of nervous system, leading to the development of neuropsychiatric diseases and disorders. For the period passed since the accident, super mortality is established in this

cohort at working age. Until 2002, the mortality was caused by external causes and diseases of circulatory system, and then it was caused by the diseases of circulatory system and malignant neoplasms of lungs.

Conclusion. The important targets of the damaging effect of “small” doses of IR include Mv of the brain and heart vessels. Their changes happened in the remote period after the accident exacerbate the psychosomatic maladjustment of these patients and can explain high mortality from various causes of external character and diseases of cardiovascular system.

Key words: emergency workers at the Chernobyl station after its accident, radiation damage of microvasculature, outcomes.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest associated with the publication of this article.

Citation: Tetenev FF, Porovskiy YV, Matkovskaya TV, Ageeva TS, Bodrova TN, Chernogoruk GE, Karzilov AI, Mesko PE, Nevdakh AE. 30 years after the accident at the Chernobyl station: the results of clinical observation for the emergency workers. *Siberian Medical Review*. 2019;(1):25-33. DOI: 10.20333/2500136-2019-1-25-33

Введение

В 2016 г. исполнилось 30 лет со дня радиационной аварии на Чернобыльской станции (ЧС). К моменту ее возникновения медициной было накоплено не так уж много знаний, вследствие ограниченного поступления фактического материала, касающихся последствий воздействия ионизирующего излучения (ИИ) на человека и то, что уже было известно, в основном относилось к воздействию высоких доз радиации. Дополнительный материал исследования мог быть получен из данных о влиянии ИИ, в случаях его применения по медицинским показаниям, а также из экспериментального моделирования различных ситуаций облучения на животных. Кроме того, можно было бы использовать данные различных радиационных аварий, но которые по существу длительно малодоступны [1].

Исходя из линейного закона формирования «доза-эффект» можно было предположить, что эффекты более низких доз облучения, по сравнению с дозами, вызывающими костномозговую форму лучевой болезни, должны быть чрезвычайно малыми и вообще не влиять на здоровье человека. Тем самым, патологическое влияние ИИ в диапазоне «малых» доз отрицалось, так как при этом не было супрессирующих изменений в показателях периферической крови. Данное положение стало парадигмой, препятствующей глубокому фундаментальному изучению проблемы.

Наиболее подробный многолетний обзор воздействия резкого повышения ИИ на здоровье человека приводится японскими исследователями, изучавших последствия проведенных атомных бомбардировок гг. Нагасаки и Хиросимы. Эти результаты обсервационного эпидемиологического наблюдения за продолжительностью жизни, онкологической и неонкологической патологией в когорте LSS (Life Span Study) считаются наиболее надежным источником информации о влиянии ИИ на популяцию человека [2].

По радионуклидному составу выброшенная из реактора ЧС активность была гораздо сложнее, чем продукты мгновенного взрыва атомной бомбы, так как в этот состав входили долгоживущие продукты распада осколков деления, накопившихся в активной зоне реактора за более чем двухлетнюю кампанию [3]. В

связи с чем возникает вопрос о возможности прогнозирования последствий чернобыльской аварии на состояние здоровья людей, исходя из полученных данных наблюдений за лицами, которые пережили атомные бомбардировки в Японии и в первую очередь на значительную когорту лиц, участников ликвидации последствий аварии (ЛП) на ЧС, подвергшихся облучению в дозах, отнесенных к категории «малых» [4].

С целью изучения здоровья ЛП проведено впечатляющее количество клинических исследований. При оценке физического состояния ЛП первостепенное значение имеет отражение в общепринятом клиническом диагнозе помимо этиологического, симптоматического, функционального компонентов морфологического компонента - клеточной основы патологии, которая часто является определяющей.

Важным результатом экспериментальных исследований, проведенных за последние десятилетия, является применение разнообразных современных диагностических методов в клинической практике, которые позволили выявить факт преждевременного развития сенесенса эндотелиальных клеток радиационно-индуцированного генеза [3, 5, 6]. Кроме того, эндотелий относится к важным функциональным компонентам интимы сосудов и является основным структурно-функциональным компонентом сосудов гемомикроциркуляторного русла (МЦР), в связи с этим, МЦР может выступать в качестве васкулярной модели воздействия радиации и возможного механизма, приводящего к поражению внутренних органов у ЛП. При этом влияние нерадиационных факторов (болезни, злоупотребление алкоголем, стресс, курение и др.) на исследуемые показатели может быть преодолено путем создания репрезентативных групп сравнения (пациенты с перечисленными факторами, не подвергавшиеся облучению) и контроля (здоровые лица, которые не подвергались облучению).

Распределение заболеваний по классам, частотным характеристикам тех или иных нозологий у ЛП между аналогичными по полу и возрасту контингентами населения довольно противоречиво. В связи с этим важным является обобщение результатов клинического обследования ЛП с заболеваниями внутренних органов и анализ их исходов за 30 летний период

после аварии. Показатель смертности был выбран в качестве основного индикатора, поскольку он устойчив к влиянию факторов, вызывающих искажения.

Цель исследования: установить особенности заболеваемости и структуру причин смертности ЛП за 30 летний период после аварии на ЧС.

Материал и методы

В клинике пропедевтики внутренних болезней СибГМУ с 1996 по 2002 г. было обследовано 117 ЛП проживающих в г. Томске. В последующем изучена их медицинская документация, жизненный статус, проведен анализ летальности по картам причин смерти и протоколам судебно-медицинских вскрытий до осени 2016 г., находящихся в Областном организационно-методическом и реабилитационном центре «Чернобыль» г. Томска.

Когорта ЛП состояла из мужчин (средний возраст на момент обследования $43,1 \pm 0,7$ года), которые с июня 1986 г., в 1987 и 1988 гг. выполняли работу в 30-километровой зоне ЧС различного характера: уборка территории, дезактивация, строительство, администрирование и месту проведения: в помещении, на открытой местности, на технике, в целом в течение $3,1 \pm 0,9$ месяца. В 1986 г. в ликвидации последствий аварии участвовали 59 представителей данной группы, в 1987 и 1988 гг. – 40 и 18 соответственно. Согласно записям, в военных билетах, карточках учета поглощенная доза от внешнего источника γ -излучения была в диапазоне от 50,0 до 270,0 мГр, что составило в среднем $163,06 \pm 9,54$ мГр.

Всем ЛП проведено общеклиническое обследование. Дополнительно 49 ЛП с заболеванием бронхолегочной системы исследовали вентиляционную и диффузионную способность легких с помощью прибора «Masterlab Pro» (ERICH JAEGGER, Германия). Рассчитывали минутный объем дыхания (МОД); структуру общей емкости легких (ОЕЛ): жизненную емкость легких (ЖЕЛ), функциональную остаточную емкость (ФОЕ), остаточный объем легких (ООЛ); объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ1), показатели петли поток-объем, бронхиальное сопротивление (Raw tot) и трансфер-фактор (TLCO). Показатели биомеханики дыхания записывали путем одновременной регистрации спирограммы, пневмотахограммы и транспульмонального давления с помощью методики зондирования пищевода. Рассчитывали общую работу дыхания (ОРД), удельную работу дыхания (УРД), эластическую работу дыхания (ЭРД), общую неэластическую работу дыхания, динамическую (C_{dyn}) и статическую растяжимость (C_{st}). Для оценки функции вентиляция-кровоток у части ЛП были выполнены одновременно компьютерная томография с денситометрией легочной ткани и перфузионная сцинтиграфия легких с определением апикально-базального градиента перфузии.

14 ЛП с атипичной стенокардией, в целях верификации диагноза, выполнялась велоэргометрия, селективная коронарография и вентрикулокардиография с биопсией миокарда правого желудочка.

Клиническая картина непсихотических (пограничных) психических расстройств оценивалась согласно диагностическим критериям МКБ-10 (класс V «Психические расстройства и расстройства поведения»). Неврологическое обследование включало исследование когнитивной сферы, оценку неврологического статуса, магнитно-резонансную томографию головного мозга с анализом размеров ликворосодержащих емкостей, интенсивности сигнала ликвора и белого вещества, электроэнцефалографию (n. medianus, n. peroneus) с определением порога возбудимости, амплитуды М-ответа, скорости проведения импульса (СПИ), морфологическое исследование терминальных нервных проводников в биоптате кожно-мышечного лоскута.

Морфологическое исследование МЦР в биоптате кожно-мышечного лоскута голени проведено у 36, клеток костного мозга – 28 ЛП. Подробное описание материалов и методов приведено в работе [7].

Группа сравнения по всем характеристикам была идентичная ЛП, кроме фактора воздействия. Также 21 больному было проведено гистологическое изучение сосудов МЦР в биопсийном материале из кожно-мышечного лоскута голени. В качестве морфологического контроля у 16 здоровых людей, погибших от острых травм, было исследовано МЦР.

Статистический анализ данных проводили с использованием программы Statistica 6. Количественные данные удовлетворяли нормальному закону распределения по критерию Шапиро-Уилкса и представлены в виде $M \pm m$, где M – среднее значение, m – ошибка среднего. Частота встречаемости качественных признаков выражена в абсолютных значениях и процентах. Для анализа различий частот качественных признаков в сравниваемых группах использовался точный критерий Фишера, χ^2 . Статистически значимыми считались различия на уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

При обследовании 117 ЛП у 61 (52,1 %) из них в качестве основной патологии выявлены заболевания сердечно-сосудистой системы – ишемическая болезнь сердца (ИБС), гипертоническая болезнь, у 49 (41,9 %) – системы дыхания (хроническая обструктивная болезнь легких, необструктивный бронхит), у 7 (6,0 %) – заболевания органов пищеварения (язвенная болезнь, желчнокаменная болезнь). Одновременно у одного ЛП регистрировалось до 13 заболеваний сформировавшихся не только по типу синтропий, но и с сочетанным патологическим изменением ряда систем

организма [8-10]. Своеобразное течение и развитие ряда патологических процессов у ЛП сводятся к следующему:

– особенность патологии системы дыхания проявлялась малой информативностью основных показателей вентиляционной функции легких (ЖЕЛ, ОФВ₁, МВЛ), наличием других видов недостаточности аппарата внешнего дыхания, выявляемых с помощью исследований неиспользуемых широко в практике – диффузионного вида, нарушения кровотока в легких, а также изменением показателей биомеханики дыхания (повышение доли ЭРД, уменьшение C_{st});

– особенностью патологии сердечно-сосудистой системы было наличие атипичной стенокардии. При интактных коронарных артериях по результатам селективной коронарографии у этих пациентов в артериолах и капиллярах биоптатов, взятых из миокарда правого желудочка были найдены морфологические маркеры микроваскулярной формы проявления ИБС (рис. 1);

– изменения нервной системы проявлялось высоким уровнем психоэмоционального напряжения и частотой непсихотических (пограничных) психических расстройств, умеренным проявлением в клинике цефалгического, вестибуло-атактического и астенического синдромов с признаками сенсорной полиневропатии, а также наличием ряда функциональных (повышение порога возбудимости, сниже-

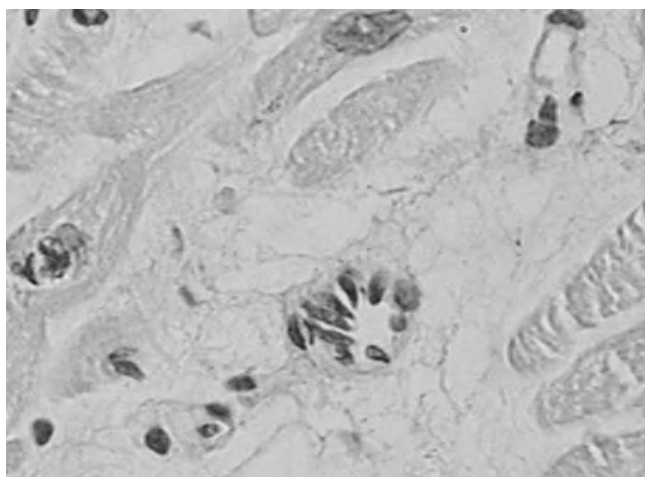


Рисунок 1. Биопсия миокарда правого желудочка у ликвидатора последствий аварии на Чернобыльской станции. Утолщение интимы артериолы, неравномерное выбухание эндотелиоцитов в просвет сосуда. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 500.

Figure 1. Myocardial biopsy of the right ventricle in emergency workers at the Chernobyl station. Intimal thickening of arterioles, uneven protrusion of endothelial cells into the vessel lumen. Stained with hematoxylin and eosin. H. 500.

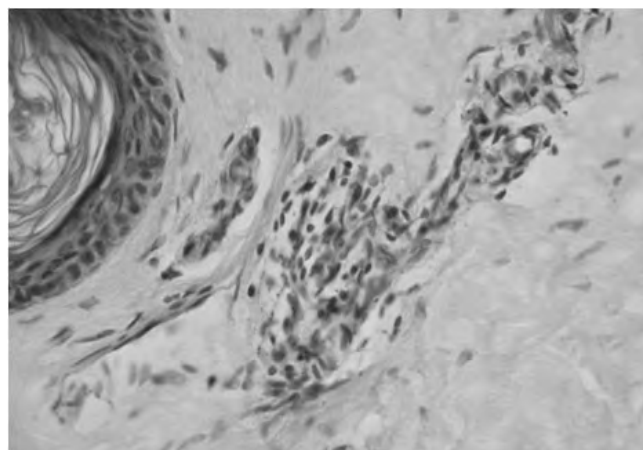


Рисунок 2. Кожно-мышечный биоптат голени ликвидатора последствий аварии на Чернобыльской станции. Продуктивный васкулит. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 400.

Figure 2. Skin-muscular biopsy materials of the lower leg of the emergency worker at the Chernobyl station. Productive vasculitis. Stained with hematoxylin and eosin. H. 400.

ние амплитуды М-ответа и СПИ) и морфологических (наплывы нейроплазмы по ходу волокон, истончение осевых цилиндров, разволокнение нейрофибрилярного аппарата) проявлений изменения нервных проводников миелинового типа;

– в МЦР голени выявлена морфологическая картина повреждения эндотелиоцитов, с признаками плазматического пропитывания стенки сосудов, мукоидного набухания и адаптивная реакция, проявляющаяся пролиферацией эндотелиоцитов, признаками продуктивного васкулита разной степени выраженности с мононуклеарной инфильтрацией сосудистой стенки с развитием в склероз (рис.2). Воспаление сосудов МЦР протекало латентно (отсутствовали внешние изменения кожи) и выявлялось при гистологическом исследовании. У 24 из 36 ЛП диагностирован васкулит выраженной степени с густой лимфоцитарной инфильтрацией стенки сосудов, периваскулярной соединительной ткани, с вовлечением в процесс сосудов мышц. В 6 случаях васкулит выраженной степени проявлялся с периваскулярным склерозом сосудов дермы, а также мышечной ткани, в 7 - проявлялась облитерацией просвета сосудов. В биоптатах остальных 12 ЛП в 3 случаях выявлялась пролиферативная васкулопатия, в 5 наблюдалась минимальная степень воспалительных изменений и у 4 исследуемых была морфологическая картина сосудов МЦР такая же, как в группе контроля. В группе ЛП реже, по сравнению с лицами группы сравнения и лиц контрольной группы, сосуды были без изменений – соответственно в

4 случаях из 36 (11,1 %) против 13 из 21 (61,9 %), ($p = 0,0002$) и 12 из 16 (75, 0%), ($p = 0,0005$).

Результаты проведенного исследования согласуются с данными других авторов, установивших в биопсийном материале у ЛП признаки легочного васкулита [11], распространенную микроциркуляторную васкулопатию при сопоставимых дозах облучения [12].

Анализ зависимости «доза–эффект» и радиационных факторов у ЛП показал, что продуктивный васкулит выраженной степени, чаще выявлялся у ликвидаторов с поглощенной дозой 200–270 мГр, по сравнению с ликвидаторами, имевшими поглощенную дозу 50–99 мГр (7,6 %; $\chi^2 = 4,89$; $p = 0,0271$); чаще у ликвидаторов, участвующих в устранении последствий аварии в 1986 г., по сравнению с принимавшими участие в 1988 г. (0 %; $\chi^2 = 4,71$; $p = 0,0299$); чаще при выполнении работ, связанных с дезактивацией, уборкой территории ЛП при отсутствии такового у водителей транспорта (0 %; $\chi^2 = 4,90$; $p = 0,0269$); чаще у работавших в течение 3,1–4,5 месяца в 30-километровой зоне ЧС по сравнению с минимальным периодом в 1–2 месяца (0 %; $\chi^2 = 4,54$; $p = 0,0331$).

Радиационной медициной были получены данные, что при значительной радиационной аварии пострадавшие будут подвергаться внешнему воздействию гамма-квантов с энергией 600 кэВ и более [13]. Поэтому можно допустить, что при таких энергиях облучаются равномерно все органы и ткани человека. Для лиц, работавших в 30 км зоне ЧС, режим облучения являлся достаточно сложным (вахтовый метод и частичное соблюдение рекомендаций по использованию средств индивидуальной защиты), однако можно утверждать, что при разных режимах облучения, радиационно-индуцированный эффект был выше от равномерного внешнего облучения. Поэтому оценки степени опасности облучения для ликвидаторов последствия взрыва реактора четвертого блока ЧС ориентированы на условия внешнего радиационного воздействия как наиболее опасного [13].

Период ликвидации (второй этап) последствий аварии Чернобыльской катастрофы начался с мая 1986 г. и продолжается до настоящего времени. Главная роль в загрязнении околосреднего слоя атмосферы принадлежит вторичному пылеобразованию, формируемому розой ветров и деятельностью людей на этих территориях, в связи с чем возрастала роль внутреннего облучения от вдыхаемых аэрозолей. На протяжении четырех лет после аварии с помощью спектрометра излучений человека в организме ЛП выявлялось повышенное содержание $^{134-137}\text{Cs}$ [14], в альвеолярных макрофагах, полученных с помощью техники бронхоальвеолярного лаважа, регистрировался ^{137}Cs [15], что свидетельствовало о наличии в организме

обследованных «горячих частиц» - микроскопических локальных источников излучения, испускающих одновременно альфа- и бета- частицы. Проведенное обследование волос, ногтей, сыворотки крови [14], определение концентрации радионуклидов в экскретах [16] у ЛП, установило ведущую роль поступления трансураниевых элементов (изотопы плутония, кюрия, америция) в формировании доз внутреннего облучения на последующие годы. Есть основания рассматривать внешнее облучение не как единственную причину облучения ликвидаторов.

По данным центра «Чернобыль» к 2002 г., летальный исход наступил в 41 случае среди ЛП, живущих в г. Томске. Анализ, проведенный по картам причин смерти, позволил утверждать, что у большинства обследуемых лиц - 29 (70,7 %) это было связано с внешними причинами (несчастные случаи, отравления, суицид), у 6 (14,6 %) – были выявлены болезни системы кровообращения (нарушение мозгового кровообращения, внезапная коронарная смерть), у 4 (9,8 %) – патология органов пищеварения и заболевания легких воспалительного генеза, 2 (4,9 %) - злокачественные новообразования. Возраст скончавшихся ЛП составил от 41 до 47, в среднем 45,4 лет, при общем среднем показателе смертности у мужчин г. Томска 55,5 года.

Близкие результаты за этот поставарийный период получены при наблюдении ЛП проживающих в Калужской области [17] и Российским межведомственным экспертным советом по установлению причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти граждан, которые подверглись воздействию радиационных факторов [18].

Весной 2016 г. жизненный статус был известен у 104 (88,9 %) из 117 наблюдаемых нами прежде ЛП. Остальные 13 (11,1 %) не состояли на учете в центре «Чернобыль». Среди 104 ЛП 60 наблюдались в центре «Чернобыль» с различными соматическими заболеваниями, 36 – умерло (у 9 из них причина смерти не установлена) и 8 выехали из г. Томска. Причиной смерти у 12 (44,4 %) были заболевания сердечно-сосудистой системы, у 7 (26,0 %) – злокачественные новообразования, у 5 (18,5 %) – внешние причины, у 3 (14,8 %) - заболевания органов пищеварения и воспалительные заболевания легких. Был выявлен рост числа заболеваний сердечно-сосудистой системы и новообразований по сравнению с наблюдаемым периодом до 2002 г. В структуре причин смертности первое и второе место занимали заболевания сердечно-сосудистой системы и злокачественные новообразования легких [19]. Возраст всех умерших ЛП за это время был от 48 до 68, в среднем 56,9 лет, при показателе смертности у мужчин г. Томска 64,9 года. Сравнение коэффициентов смертности ЛП (количество умерших за 1 год на 1 тыс. населения и исследуемой когорты) проживаю-

щих в Томской области показало, что в первое десятилетие этот показатель составил $7,8 \pm 0,9$ и $12,8 \pm 1,2$ ($p < 0,05$), спустя 20 лет после аварии в среднем увеличился на 50%, в третье десятилетия был в 2-3 раза выше, чем в аналогичной возрастной группе мужчин [20]. Аналогичный существенный рост количества новообразований за период с 1987 по 2015 гг. отмечен среди ЛП, привлеченных на восстановительные работы из Армении [21].

По данным Национального радиационно-эпидемиологического регистра, за период 1992-2012 гг. выявлена дозовая зависимость дополнительных смертей в когорте ЛП (мужчин) от солидных раков и болезней системы кровообращения. Средняя доза облучения в когорте составила 164 мГр, средний возраст в 1992 г. 39 лет [22].

Классический патогенез острой и хронической костномозговой форм лучевой болезни является результатом влияния этиологического фактора и за действие компенсаторных механизмов, в первую очередь в кроветворной ткани, что приводит к супрессии ее наиболее восприимчивых ростков. Проведенные фундаментальные исследования в рамках данной концепции привело ее к широкому использованию в клинической медицине, в том числе и в ситуациях, связанных с влиянием «малых» доз ИИ. В пределах предложенной парадигмы другие механизмы развития патологии не были значимыми, поскольку прогноз определялся в основном состоянием системы крови, а также тем, что долго не возникала объективная потребность изучения рамок указанного стиля мышления.

Клинические наблюдения и данные экспериментальной радиобиологии в последнее десятилетие делают акцент на изучении реакций тканей, которые медленно обновляются (в первую очередь, эндотелию сосудов) и не обуславливают исход лучевого поражения [3, 23]. Эти ткани, тем не менее, включаются в постлучевые патологические процессы, и проявляются поздними патологическими признаками.

Данные проведенного нами исследования показали, что патологическое действие «малых» доз ИИ состоит в распространенном повреждении МЦР, которое проявляется от явлений васкулопатии до выраженного продуктивного васкулита, подтвержденного изучением биоптатов, взятых из кожно-мышечного лоскута, а также из миокарда правого желудочка. При отсутствии супрессирующих отклонений в показателях периферической крови, с нашей точки зрения, системное ремоделирование МЦР в группе обследованных можно отнести к латентной лучевой болезни, – предложенной нами новой форме проявления лучевой болезни [24]. Генерализованное поражение сосудов МЦР приводит к часто диагностируемой у ЛП

микроваскулярной формы ИБС, развитию диффузного и сосудистого вида недостаточности аппарата внешнего дыхания, вызывает поражение глиального компонента ЦНС и вегетативного отдела нервной системы, приводящих к развитию ряда заболеваний и нервно-психических нарушений.

Выдвинутая нами гипотеза патоморфоза соматических заболеваний при воздействии «малых» доз ИИ в виде латентной лучевой болезни, несомненно может претендовать в качестве теории – кандидата на новую концептуальную парадигму, а также теории, увеличивающей границы существующей парадигмы.

Заключение

Воздействие ИИ у ЛП в изученных поглощенных дозах являлось значимым для состояния здоровья. Необходимо учитывать весь комплекс факторов аварийной ситуации, в том числе и динамику воздействия инкорпорированных радионуклидов, что требует углубленного изучения и дальнейших исследований по проблеме радиотоксичности элементов.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о необходимости изучения и обобщения всех компонентов синтетического клинического диагноза. К мишеням «малых» доз ИИ у ЛП следует отнести центральную нервную и сердечно-сосудистую системы организма, морфологические изменения сосудов МЦР которых, усугубляют психосоматическую дезадаптацию этих пациентов и объясняют высокую смертность в трудоспособном возрасте от внешних причин и заболеваний системы кровообращения в отдаленном от аварии периоде.

Произошедшие в конце XX века авария в г. Чернобыле и в начале XXI века авария в Японии на АЭС «Фукусима 1», свидетельствуют о техническом несовершенстве атомных станций, недопустимости забвения и необходимости извлечения уроков их медицинских последствий. Накопление и обобщение данных по группе лиц подвергшихся облучению в диапазоне «малых» доз, приблизит нас к определению диапазона пороговых уровней облучения, вклад которых может занять определенное место среди наиболее распространенных факторов риска для человека.

Работа над этой статьей была начата профессором Ф.Ф. Тетеневым, однако уход из жизни не позволил ему завершить ее. Ученики и коллеги Федора Федоровича подготовили настоящую публикацию к тридцатилетию аварии в г. Чернобыле.

Литература/ References

1. Ильина ЛА, Губанова В.А. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. М.: Изд. АТ, 2001: 752 с. [Ilin LA, Gubanov VA. Large-scale radiated accidents: consequences and protective measures. Moscow: IzdAT; 2001. 752 p. (In Russian)]

2. Kamiya K, Ozasa K, Akiba S, Niwa O, Kodama K, Takamura N, Wakeford R. Long-term effects of radiation exposure on health. *The Lancet*. 2015; 386(1): 469-478. DOI:10.1016/s0140-6736(15)61167-9
3. Алексанин СС. 30 лет после Чернобыля: патогенетические механизмы формирования соматической патологии, опыт медицинского сопровождения участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции: монография. СПб.: Политехника-принт; 2016: 506 с. [Aleksanin SS. 30 years after Chernobyl: pathogenetic mechanisms of the formation of somatic pathology, experience of medical support of the liquidators of consequences of the Chernobyl nuclear power plant accident: monograph. SPb.: Politechika-print; 2016. 506 p. (In Russian)]
4. Яблоков АВ, Нестеренко ВВ, Нестеренко АВ, Преображенская НЕ. Чернобыль: последствия. Катастрофы для человека и природы. М.: Товарищество научных изданий КМК; 2016 с. [Yablokov AV, Nesterenko VB, Nesterenko AV, Preobrazhenskaya NE. Chernobyl: consequences. Catastrophe for man and nature. Moscow: KMK; 2016, 826 p. (In Russian)]
5. Kim KS, Kim JE, Choi KJ, Bae S, Kim DH. Characterization of DNA damage-induced cellular senescence by ionizing radiation in endothelial cells. *International Journal of Radiation Biology*. 2014; 90(1): 71–80. DOI: 10.3109/09553002.2014.859763
6. Yentrapalli R, Azimzadeh O, Sriharshan A, Malinowsky K, Merl J, Wojcik A, Tapio S. The PI3K/Akt/mTOR Pathway is implicated in the Premature Senescence of Primary Human Endothelial Cells Exposed to Chronic Radiation. *PLoS ONE*. 2013; 8(8): e70024. DOI:10.1371/journal.pone.0070024
7. Поровский ЯВ. Результаты клинического обследования лиц, подвергшихся облучению. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2015; (4): 50-54 [Porovskiy YaV. Clinical examination of persons exposed to low doses of ionizing radiation. *Siberian Medical Journal (Irkutsk)*. 2015; (4): 50-54. (In Russian)]
8. Поровский ЯВ, Завадовская ВД, Тетенев ФФ, Огородова ЛМ. Изменения регионарной перфузии легких у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС. *Пульмонология*. 2009; 19 (2): 70-73. [Porovskiy YaV, Zavadovskaya VD, Tetenev FF, Ogorodova LM. Regional pulmonary perfusion in Chernobyl clean-up workers. *Russian Pulmonology*. 2009;(2):70-73. (In Russian)]
9. Поровский ЯВ, Алифирова ВМ, Аксенов ММ, Тетенев ФФ. К механизму гипервентиляционного синдрома у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС. *Сибирский вестник психиатрии и наркологии*. 2011; 68 (5): 43–48. [Porovskiy YaV, Alifirova VM, Aksenov MM, Tetenev FF. Mechanism of hyperventilation syndrome in liquidators of consequences of the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident. *Siberian Journal of Psychiatry and Addiction Psychiatry*. 2011;(5):43-48. (In Russian)]
10. Поровский ЯВ. Медицинские радиологические последствия у лиц, подвергшихся облучению малыми дозами ионизирующего излучения. *Фарматека*. 2016; 13 (326): 44-48. [Porovskiy YaV. Medical radiological consequences for persons exposed to small doses of ionizing radiation. *Pharmateca*. 2016;13(326):44-48. (In Russian)]
11. Самсонова МВ, Черняев АЛ, Копылев ИД, Чикина СЮ. Патологическая анатомия легких при ингаляционном поражении многокомпонентной пылью после аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленном периоде. *Пульмонология*. 2006; 16 (4): 46-52. [Samsonova MV, Chernyaev AL, Kopylev ID, Chikina SYu. Pathological anatomy of the lungs with inhalation lesion with multicomponent dust after the Chernobyl accident in the remote period. *Russian Pulmonology*. 2006;(4):46-52. (In Russian)]
12. Телкова ИЛ. Особенности проявлений сердечно-сосудистых заболеваний у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции спустя 25 лет. Клинико-аналитический обзор. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2012; 11 (3): 62-69. [Telkova IL. Cardiovascular disease manifestations in Chernobyl liquidators: 25 years later. Clinico-analytical review. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2012;11(3):62-69. (In Russian)]
13. Крючков ВП, Ильин ЛА, Кочетков ОА, Цовьянов АГ. Дозы участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2016; 61 (3): 52-61. [Kryuchkov VP, Il'in LA, Kochetkov OA, Tsovyanov AG. Doses of participants in the liquidation of the consequences of the Chernobyl nuclear power plant accident. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2016;61(3):52-61. (In Russian)]
14. Шишмарев ЮН, Алексеев ГИ, Никифоров АН, Ларченко ГК, Криворучко АА, Пронин МА, Иванов ИА. Клинические аспекты последствий аварии на Чернобыльской АЭС. *Радиобиология*. 1992; 32 (3): 323-331. [Shimarev YuN, Alekseev GI, Nikiforov AN, Larchenko GK, Krivoruchko AA, Pronin MA, Ivanov IA. Clinical aspects of the consequences of the Chernobyl accident. *Radiobiologiya*. 1992;32(3):323-331. (In Russian)]
15. Чучалин АГ, Черняев АЛ, Вуазен К. Патология органов дыхания у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС. М.: Грантъ; 1998: 272 с. [Chuchalin AG, Chernyaev AL, Vuazen K. Pathology of respiratory organs in liquidators of the Chernobyl accident. Moscow: Grant; 1998, 272 p. (In Russian)]
16. Попов ВИ, Кочетков ОА, Кухта БА, Кононыкина НН, Цовьянов АГ. Облучение от инкорпорированных трансураниевых элементов при работе в

тридцатикилометровой зоне Чернобыльской АЭС. *Медицинская радиология*. 1993; 38 (2): 12-16. [Porov VI, Kochetov OA, Kukhta BA, Kononykina NN, Tsovyanov AG. Irradiation from incorporated transuranium elements when working in the thirty-kilometer zone of the Chernobyl nuclear power plant. *Medicinskaya radiologiya*. 1993;38(2):12-16. (In Russian)]

17. Лушников ЕФ, Ланцов СИ. Смертность ликвидаторов в Калужской области за 10 лет после аварии на Чернобыльской АЭС. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 1999; (2): 36-44. [Lushnikov EF, Lantsov SI. Mortality of liquidators in the Kaluga region for 10 years after the accident at the Chernobyl nuclear power plant. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 1999;(2):36-44. (In Russian)]

18. Хрисанфов СА. Анализ основных причин смерти участников ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы. *Вестник Российского научного центра рентгенодиологии*. 2008; 1(8): 24-27. [Khrisanov SA. Analysis of the main causes of death of participants in the liquidation of the consequences of the Chernobyl disaster. *Bulletin of Russian Scientific Center of Roentgenradiology*. 2008;1(8):24-27. (In Russian)]

19. Внушинская МА. Анализ состояния здоровья лиц, пострадавших от ионизирующего излучения в отдаленном периоде. Актуальные проблемы реабилитации: 30 лет после Чернобыльской аварии: материалы региональной научно-практической конференции, Томск, 2016: 15-25. [Vnuchinskaya MA. Analysis of the state of health of persons affected by radiation in the remote period. Actual problems of rehabilitation: 30 years after the Chernobyl accident: materials of regional scientific-practical conference, Tomsk, 2016:15-25. (In Russian)]

20. Краюшкина НИ, Внушинская МА. Отдаленные медицинские последствия и прогноз состояния здоровья участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Актуальные проблемы реабилитации: 30 лет после Чернобыльской аварии: материалы региональной научно-практической конференции, Томск, 2016: 27-31. [Krayushkina NP, Vnuchinskaya MA. Long-term health implications and prognosis of the health status of participants of liquidation of consequences of the Chernobyl accident. Actual problems of rehabilitation: 30 years after the Chernobyl accident: materials of the regional scientific-practical conference, Tomsk, 2016: 27-31. (In Russian)]

21. Оганесян НМ, Давидян НР, Карапетян АГ, Асрян КВ, Мириджанян МИ, Шахмурадян МГ. Эпидемиология медицинских последствий аварии на Чернобыльской АЭС. К 30-летию аварии. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2016; 61 (3): 89-97. [Oganesian NM, Davadyan NR, Karapetyan AG, Asryan KV, Mirijanyan MI, Shahmuradyan MG. Ep-

idemiology of Medical Consequences of Chernobyl NPP Accident: 30 Years after. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2016;61(3):89-97. (In Russian)]

22. Горский АИ, Максюттов МА, Туманов КА, Щукина НВ, Чекин СЮ, Иванов ВК. Непараметрический анализ радиационных рисков смертности среди ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС. *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2016; 56 (2): 138-148 [Gorskiy AI, Maksyutov MA, Tumanov KA, Schukina NV, Chekin SYu, Ivanov VK. Nonparametric analysis of radiation risks of mortality among liquidators of consequences of the Chernobyl accident. *Radiacionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2016;56(2):138-148. (In Russian)]

23. Бычковская ИБ, Степанов РФ, Федорцева ЕИ, Сапугольцева ЕИ. Особые эффекты малых доз и проблема продолжительности жизни животных и человека. *Медико-биологические и социально психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2011; (2): 57-64. [Bychkovskaya IB, Stepanov RF, Fedortseva RE, Sarapultseva EI. Special effects of low-dose radiation and lifespan of humans and animals. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems in Emergency Situations*. 2011;(2):57-64. (In Russian)]

24. Патент РФ на изобретение № 2414707 / 20.03.11. Бюл. №8. Поровский ЯВ, Тетенев ФФ, Рыжов АИ, Калынов ЕВ, Шкатов ДА. Способ диагностики латентной лучевой болезни. Ссылка активна на 16.01.2019 [Patent RU № 2414707 / March 20,2011. Bull. №8. Porovskiy YaV, Tetenev FF, Ryzhov AI, Kalanov EV, Shkatov DA. Method of diagnosis of latent radiation sickness. Accessed January 16, 2019. (In Russian)]. <http://www.findpatent.ru/patent/241/2414707.html>

Сведения об авторах

Тетенев Федор Федорович, д.м.н., профессор, Сибирский государственный медицинский университет, адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2; тел.: +7(3822)412738; e-mail: ftetenev@bk.ru

Поровский Ярослав Витальевич, д.м.н., профессор, Сибирский государственный медицинский университет; адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2; тел.: +7(3822)9011011917; e-mail: porovs@sibmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3378-0608>

Матковская Тамара Васильевна, д.м.н., профессор, Сибирский государственный медицинский университет; адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2; тел.: +7(3822)9011011948; e-mail: matkovskayatamara@yandex.ru

Агеева Татьяна Сергеевна, д.м.н., профессор, Сибирский государственный медицинский университет; адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2; тел.: +7(3822)9011011313; e-mail: ts.ageeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3378-0608>

Бодрова Тамара Николаевна, д.м.н., профессор, Сибирский государственный медицинский университет; адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2; тел.: +7(3822)9011011915; e-mail: tn.bodrova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3369-2109>

Черногорюк Георгий Эдинович, д.м.н., профессор, Сибирский государственный медицинский университет; адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2; тел.: +7(3822)644481; e-mail: chernogoryuk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5780-6660>

Карзилов Александр Иванович, д.м.н., профессор, Сибирский государственный медицинский университет; адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2; тел.: +7(3822)9011011918 e-mail: karzilov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3919-7205>

Месько Павел Евгеньевич, к.м.н., доцент, Сибирский государственный медицинский университет; адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2; тел.: +7(3822)9011011917; e-mail: mpe106@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2183-4402>

Невдах Антон Евгеньевич, научный сотрудник, Научно-исследовательский институт кардиологии, адрес: Российская Федерация 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а, тел.: +7 (3822)553981; e-mail: fypnoc@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9108-2114>

Author information

Fedor F. Tetenev, Dr.Med.Sci., Professor, Siberian State Medical University; Address: 2, Moscow tract; Tomsk, Russian Federation 634050; Phone: +7(3822)412738; e-mail: ftetenev@bk.ru
Yaroslav V. Porovskiy, Dr.Med.Sci., Professor, Siberian State Medical University; Address: 2, Moscow tract; Tomsk, Russian Federation 634050; Phone: +7(3822)9011011917; e-mail: porovs@sibmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3378-0608>

Tamara V. Matkovskaya, Dr.Med.Sci., Professor, Siberian State Medical University; Address: 2, Moscow tract; Tomsk, Russian Federation 634050; Phone: +7(3822)9011011948; e-mail: matkovskayatamara@yandex.ru

Tatyana S. Ageeva, Dr.Med.Sci., Professor, Siberian State Medical University; Address: 2, Moscow tract; Tomsk, Russian Federation 634050; Phone: +7(3822)9011011313; e-mail: ts.ageeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3378-0608>

Tamara N. Bodrova, Dr.Med.Sci., Professor, Siberian State Medical University; Address: 2, Moscow tract; Tomsk, Russian Federation 634050; Phone: +7(3822)9011011915; e-mail: tn.bodrova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3369-2109>

Georgiy E. Chernogoruk, Dr.Med.Sci., Professor, Siberian State Medical University;

Address: 2, Moscow tract; Tomsk, Russian Federation 634050; Phone: +7(3822)644481; e-mail: chernogoryuk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5780-6660>

Alexander I. Karzilor, Dr.Med.Sci., Professor, Siberian State Medical University; Address: 2, Moscow tract; Tomsk, Russian Federation 634050; Phone: +7(3822)9011011918; e-mail: karzilor@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3919-7205>

Pavel E. Mesko, Cand.Med.Sci., Associate Professor, Siberian State Medical University; Address: 2, Moscow tract; Tomsk, Russian Federation 634050; Phone: +7(3822)9011011917; e-mail: mpe106@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2183-4402>

Anton E. Nevdakh, Researcher, Research Institute for Cardiology, Address: 111a, Kievskaya, Tomsk, Russian Federation, 634012, Phone: +7(3822)553981; e-mail: fynoc@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9108-2114>

Поступила 24.10.2017 г.
Принята к печати 06.12.2018 г.

Received 24 October 2017
Accepted for publication 06 December 2018