

30 ЛЕТ АВАРИИ НА ЧАЭС

"Проблемы старения и долголетия", 2016, 25, № 3. — С. 369–379.

УДК 612.67.004.6 477):616.1-053.9

Н. Г. Ахаладзе

*Государственное учреждение "Институт геронтологии
им. Д. Ф. Чеботарева НАМН Украины", 04114 Киев*

ХИРОСИМА И НАГАСАКИ, ЧЕРНОБЫЛЬ И ФУКУСИМА. ВЛИЯНИЕ ОТДАЛЕННЫХ ЭФФЕКТОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ТЕМП СТАРЕНИЯ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА (обзор литературы)

Проведенный анализ отдаленных последствий ионизирующего облучения на темп старения и состояние здоровья человека на примере трех крупнейших ядерных событий (бомбардировка Хиросимы и Нагасаки, аварии на Чернобыльской АЭС и Фукусима-1) показал неоднозначность оценок этого процесса. Вопреки распространенному среди большинства ученых мнению об ускоряющем влиянии ионизирующего облучения на процессы старения, данные исследований Фонда по изучению воздействия ионизирующего излучения (*REF*) в 70-е годы свидетельствовали об отсутствии влияния радиации на эти процессы. Несмотря на неоднозначность оценок влияния отдаленных эффектов ионизирующей радиации на состояние здоровья и темп старения человека, есть все основания утверждать, что действие ионизирующей радиации на организм человека следует рассматривать как ускоряющее процессы старения. Ионизирующая радиация ускоряет темп старения человека в зависимости от полученной дозы. Молодые люди более подвержены ее отрицательному влиянию. Ионизирующая радиация не только ускоряет темп старения, но в значительной мере усиливает характерные для него гетерохронность и гетеротопность. Результатом негативного влияния ионизирующего облучения выступает и феномен "патологизации" старения,

© Н. Г. Ахаладзе, 2016.

развития присущей старости полиморбидности, о чем свидетельствует увеличение количества диагностированных болезней при долговременном наблюдении.

Ключевые слова: старение, отдаленные последствия ионизирующего облучения.

Известно, что радиационное старение в значительной мере адекватно отражает процесс физиологического старения. оно подчиняется тем же основным закономерностям, но протекает с большей скоростью [12]. Однако, при этом было отмечено, что экстраполяция при низких дозах ($< 0,1$ Гр) и очень низких дозах (< 10 мГр) может быть неточной [27].

Данные, приведенные *N. Shok* [31] свидетельствуют об отсутствии ускорения возрастных процессов у лиц, перенесших атомную бомбардировку в Хиросиме и Нагасаки даже спустя 15–20 лет.

В начале 60-х годов была проведена серия исследований по оценке старения оставшихся в живых пострадавших в результате атомной бомбардировки в Хиросиме и Нагасаки. Исследования проводились объединенной американско-японской группой под эгидой Комиссии по изучению последствий атомной бомбардировки (*ABCC — Atomic Bomb Casualty Commission*), которую возглавлял *J. William Hollinsworth*, являющийся в то время руководителем медицинского сервисного центра Калифорнийского университета в Сан-Диего. Батарея тестов по определению биологического возраста (БВ) состояла из 9 показателей: 1) эластичность кожи, 2) систолическое кровяное давление, 3) жизненная емкость легких, 4) сила кисти, 5) время угасания света, 6) вибрационная чувствительность, 7) острота зрения, 8) острота слуха, 9) уровень холестерина в сыворотке крови [23].

В дальнейшем исследования по изучению БВ были продолжены Фондом по изучению воздействия ионизирующего излучения (*REFR — Radiation Effects Research Foundation*), преемником *ABCC*. *REFR* в своих исследованиях использовал 6 параметров оценки БВ: 1) силу кисти, 2) эластичность кожи, 3) вибрационную чувствительность, 4) время угасания света, 5) остроту слуха, 6) объем аккомодации хрусталика. Вопреки распространенному среди большинства ученых мнению об ускоряющем влиянии ионизирующего облучения на процессы старения, данные исследований *REFR* в 70-е годы свидетельствовали об отсутствии влияния радиации на эти процессы.

Широкомасштабные исследования *REFR* по изучению радиационных эффектов лиц переживших атомную бомбардировку продолжаются по настоящее время. Крупнейшим исследованием является когортное исследование продолжительности жизни *Life Span Study (LSS)* 93 741 лиц, выживших после атомной бомбардировки. Хотя рак всегда был основной проблемой среди поздних эффектов радиационного воздействия, злокачественные новообразования, (в частности, новообразования кроветворной системы) в *LSS* составляют малую долю от об-

щей суммы патологических состояний. При этом, большинство оставшихся в живых, получили малую дозу облучения. *REFR* отмечает, что риск возникновения радиационно-ассоциированного рака чрезвычайно варьирует, и что некоторые виды доброкачественных опухолей, такие как миома матки, также связаны с радиацией. Специфические риски были отмечены для сердечно-сосудистых заболеваний: артериальной гипертензии и мозговых инсультов [19].

REFR показал, что избыточные риски в значительной степени зависят от возраста на момент облучения. Риск в возрасте 10 лет примерно в два раза выше, чем в возрасте 40 лет. Медиана продолжительности жизни уменьшается с увеличением дозы до 1,3 лет/Гр, но снижается более быстрыми темпами при высоких дозах. Было подсчитано, что на 1 Гр, доля от общего числа потерянной жизни составляла примерно 60 % от солидного рака, 30 % от других, кроме рака заболеваний, а также 10 % от лейкемии [21].

Поздние эффекты ионизирующего облучения включают в себя повышенный риск смертности. Модели трансгенерационных эффектов предсказывают увеличение генетических заболеваний у детей, подвергшихся воздействию радиации. Однако до настоящего времени не получено никаких четких эпидемиологических наследственных эффектов радиационного воздействия на человека. Данные проспективного когортного исследования, где оценивали состояние здоровья 75 327 детей, переживших атомную бомбардировку в Хиросиме и Нагасаки, а также необлученный контроль, рожденных в период с 1946 по 1984 год не показали никаких признаков вредного воздействия по прошествии 62 лет [22].

Когортные исследования продолжительности жизни (*LSS*) японцев, переживших атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки считаются самым надежным источником информации об этих последствиях на здоровье человека из-за размера когорты, охватывающей оба пола и все возрастные группы, а также из-за широкого спектра полученных доз облучения. По этой причине *LSS* стало основой для оценки рисков в системе Международной комиссии по радиологической защите. В целом, выжившие имеют четко связанный с радиацией повышенный риск развития рака. Особенно это касается детей, которые имеют более высокий риск радиационно-индуцированного рака. Однако, до сих пор нет ясности в отношении влияния низких доз радиации на риск сердечно-сосудистых заболеваний и некоторых других нераковых заболеваний. Не были обнаружены и наследственные эффекты у детей, переживших атомную бомбардировку. Вопрос потенциальных последствий влияния низких доз радиации на здоровье как на Фукусиме, так и на Чернобыльской АЭС остается до сих пор открытым [25].

Результаты проспективных когортных исследований 120 321 человек, переживших атомную бомбардировку Хиросимы и Нагасаки, вносят определенную ясность в противоречивые заявления в отношении биологических и медицинских последствий воздействия низких доз радиации. 45-летние исследования не подтверждают положения о том,

что продолжительность жизни, оставшихся в живых, выше, чем у лиц, не подвергшихся облучению [18].

Несмотря на то, что с момента аварии на ЧАЭС прошло 30 лет, оценка влияния этой экологической катастрофы на жизнеспособность, здоровье и темп старения организма человека остается неясным.

Определение интегрального БВ у лиц, принимавших участие в ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, свидетельствует о значительном влиянии ионизирующего облучения на ускорение темпов постарения организма в целом [4, 6, 9, 10].

При этом отмечается определенная возрастная зависимость: молодые люди более чувствительны к действию ионизирующего облучения, чем лица старшего возраста. Определены также факторы ускоренного старения опорно-двигательного аппарата среди населения территорий жесткого радиационного контроля и участников ликвидации последствий аварии (ЛПА) [11].

Зарегистрированы признаки ускоренного старения органа зрения у участников ЛПА [13,14]. Интересно, что в интервале трехлетней экспозиции существенного влияния на состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем не обнаружено.

Из 306 человек из числа работающих на ЧАЭС после катастрофы, синдром ускоренного старения выявлен у 81 % мужчин и 77 % женщин. Эти данные, полученные А. М. Polyukhov и соавт. [28] стали основанием для формулирования концепции преждевременного старения под воздействием ионизирующего облучения как формы ускоренного старения.

Комплексное психофизиологическое исследование 150 мужчин-участников ЛПА на ЧАЭС показало достоверное снижение уровня биопотенциалов ЭЭГ, повышенную истощаемость, нарушение памяти, снижение качества выполнения всех когнитивных тестов. Подобный характер нарушения высших психических функций людей, подвергшихся воздействию малых доз радиации, соответствует признакам раннего старения [7].

Известно, что полиморбидность, дегенеративно-дистрофические изменения в различных органах и тканях являются характерными признаками стареющего организма. Анализ 214 историй болезни участников ЛПА на ЧАЭС, проходивших обследование в 2000 г., показал, что количество установленных диагнозов на 1 пациента составило 10,6, что по сравнению с контрольной группой было в 2,4 раза выше. Накопление большего количества болезней в возрасте 35–58 лет, которое приводило к инвалидизации, свидетельствует о преждевременном старении организма в отдаленный сроки после облучения в малых дозах [15].

10-летнее долговременное наблюдение за 942 инвалидами-участниками ЛПА в возрасте 50–70 лет позволило сделать вывод об особенностях старения организма. Помимо внешнего радиационного воздействия, исследователи отмечают ряд факторов, отрицательно влияющих на организм человека. Это инкорпорированные радионуклиды, массивное воздействие психологических факторов, детергенты, использовав-

шиеся при дезактивации. В результате, в 42 % случаев, основной причиной инвалидности были церебро-васкулярные заболевания, дегенеративные заболевания опорно-двигательного аппарата, заболевания ЖКТ, сахарный диабет 2 типа, что, в целом, соответствует картине преждевременного старения [8].

Проведенный сравнительный анализ данных БВ и клинико-лабораторных показателей нейроэндокринной, иммунной и антиоксидантной систем выявил изменения, характеризующие процесс преждевременного старения участников ЛПА на ЧАЭС. По мере увеличения БВ у них наблюдается усиление проявлений дисгормональных нарушений. Установлена положительная корреляция между БВ и уровнем кортизола, инсулина, глюкозы, провоспалительных цитокинов ФНО- α в сыроворотке периферической крови [2].

Исследования, проведенные в 1995–1996 гг., а также в 2003–2004 гг. на базе Научно-лечебного центра ВМФ РФ показали, что БВ большинства ветеранов-ликвидаторов радиационных аварий (офицеры запаса, служившие на Северном или Тихоокеанском флотах, участники ЛПА на ЧАЭС, офицеры запаса, служившие на атомных подводных лодках) значительно превышает среднепопуляционный стандарт. Наряду с этим, выявлена прямая связь между увеличением функционального класса БВ и продолжительностью службы на ВМФ (подводных лодках и на надводных кораблях) [1].

Профессиональная деятельность лиц, входящих в подразделения особого риска (ПОР) Министерства обороны РФ связана с воздействием специфических факторов (в первую очередь, ионизирующей радиации). Результаты оценки БВ у ветеранов ПОР в отдаленном периоде свидетельствуют о значительном его превышении (на 5,5 года). Это сопровождалось полиморбидностью, увеличением общесоматической и психосоматической заболеваемости [5].

Долгосрочные эффекты влияния малых доз радиации на здоровье участников ЛПА на ЧАЭС проявлялись в повышении выраженности признаков общих воспалительных реакций, таких как увеличение количества лейкоцитов, непропорционально большое количество моноцитов, увеличение уровня цитокинов (интерферон- α , ФНО- β) [30].

Результаты долгосрочного проспективного исследования (1990–2014 гг.) участников ЛПА на ЧАЭС, проведенные в Московском НИИ психиатрии, свидетельствуют о ранней цереброваскулярной патологии, вписывающейся в концепцию психоорганического синдрома [26].

Эпидемиологические исследования пострадавшего населения по прошествии 25 лет после Чернобыльской катастрофы позволили получить важные данные о связи между радиацией и раком, особенно щитовидной железы. Это, прежде всего, касается детей и подростков, подвергшихся воздействию радиоактивного йода. Данные о рисках заболевания раком щитовидной железы в других возрастных группах нельзя считать доказанными. Хотя некоторые исследования трудно интерпретировать из-за методологических ограничений, исследования 5-летней давности участников ЛПА на ЧАЭС представили ряд доказательств по-

вышенных рисков лейкемии, катаракты, а также сердечно-сосудистой патологии как результат воздействия низких доз радиации [17].

Значение лонгитудинальных наблюдений для оценки истинности прогноза темпов старения не нуждаются в обсуждении. Повторные обследования участников ЛПА через 5 лет после первого исследования (а в целом через 8 лет после аварии на ЧАЭС) дали возможность проследить изменения БВ и кардиопульмонального возраста [3]. В лонгитудинальных исследованиях в сравнении с поперечными более заметными становятся негативные дозо-зависимые эффекты облучения: у больных, перенесших острую лучевую болезнь, индексы БВ через 5 лет увеличились вдвое — $(11,5 \pm 2,3)$ усл. лет по сравнению с $(5,4 \pm 1,4)$ усл. лет.

Как известно, старение наряду с универсальностью характеризуется гетерохронностью и гетеротопностью изменений. Ионизирующая радиация усиливает эти особенности старения, о чем свидетельствует диссоциация оценок интегрального и парциального (кардиопульмонального) БВ. При этом, отдельные оценочные критерии БВ могут нести значительно большую информацию о характере возрастных процессов, чем интегральный показатель. Так, результаты проведенного нами факторного анализа свидетельствуют о том, что на протяжении 5 лет произошла трансформация факторов, формирующих БВ участников ЛПА. Если главным фактором во время первого исследования наряду с хронологическим возрастом было артериальное давление, то со временем произошла своеобразная "патологизация" процесса старения, что отразилось в увеличении количества диагностированных болезней (КДБ).

Таким образом, долговременные наблюдения не только дополняют и подтверждают результаты поперечных исследований, но даже делают возможной попытку прогноза влияния ионизирующего облучения на темп старения человека. У участников ЛПА на ЧАЭС реализация негативного влияния ионизирующего облучения на темп старения происходит через определенный отрезок времени. Наблюдается процесс ускоренной "патологизации", которая и обуславливает процесс ускоренного старения [3].

Такие исследователи как *J. M. Cuttler* [20] считают, что значимость Чернобыльской трагедии в значительной степени преувеличена из-за страха, который был внушен человечеству. Автор считает, что окружающая среда включает в себя излучение от природных источников различной интенсивности, к которому все живые существа приспособились. По его мнению, низкие дозы радиации уменьшают случаи рака и врожденных пороков развития; высокие же дозы оказывают противоположный эффект. Поэтому усилия организаций по радиационной защите человека от низких доз радиации не приносят никакой пользы. Мнение *J. M. Cuttler* разделяет *S. V. Jargin* [24], полагающий, что медицинские последствия аварии на Чернобыльской АЭС были преувеличены, с тем, чтобы задушить развитие атомной энергетики и поднять цены на ископаемые виды топлива (уголь, нефть).

"Ионизирующее излучение и старение: омоложение старой идеи" так назвал свою статью *R. B. Richardson* [29], из *Radiation Protection Research and*

Instrumentation Branch Atomic Energy of Canada Limited (Chalk River Laboratories)). В 60-е годы прошлого века идея о том, что ионизирующее облучение вызывает преждевременное старение была отклонена и утверждалось, что радиационные последствия ограничиваются лишь новообразованиями. В последнее время радиационное облучение стало ассоциироваться с широким спектром возрастных заболеваний (в частности, сердечно-сосудистых), хотя некоторые болезни, такие как диабет, инфекционные заболевания и деменция не входят в зону радиационного риска. При этом, радиационные риски в настоящее время распространяются на заболевания органов пищеварения и дыхательных путей.

В целом, радиационно-опосредованное старение, как представляется *R. B. Richardson*, в большей степени связано с вредным воздействием свободных радикалов, апоптозом и воспалением, а не дисфункциональными метаболическими процессами.

В течение уже почти 100 лет эпидемиологические исследования популяций людей, подвергшихся воздействию ионизирующей радиации, накопили огромный материал, касающийся риска для здоровья. Показано, что высокие дозы, вызывающие гибель клеток (чаще костного мозга), могут привести к смерти. Эффекты низких доз носят стохастический характер и связаны с повышенным риском возникновения рака, наследственных генетических дефектов у детей облученных родителей. Однако последнее еще предстоит убедительно продемонстрировать. Основным вопросом в области радиационной эпидемиологии, остается уровень риска низких доз облучения (<100 мЗв). В радиационной эпидемиологии, наряду с утверждением "чем меньше доза, тем ниже риск", чрезвычайно трудным является выявление любого увеличения различных видов рака при низких дозах облучения. Необходимо отметить, что исследования популяций, подвергшихся воздействию низких доз радиации ограничены в своих возможностях в связи с тем, что такие факторы образа жизни как курение и рентгеновские обследования, могут в значительной степени исказить полученные результаты. Кроме того, крайний психологический стресс, вызванный потерей близких людей после цунами и крупномасштабной эвакуации (Фукусима-1), ограничивает получение достоверной информации о возможных рисках для здоровья малых доз радиации [16].

Несмотря на неоднозначность оценок влияния отдаленных эффектов, есть все основания полагать, что:

1. Ионизирующая радиация ускоряет темп старения человека в зависимости от полученной дозы.
2. Молодые люди более подвержены ее отрицательному влиянию.
3. Ионизирующая радиация не только ускоряет темп старения, но в значительной мере изменяет качество этого процесса, усиливая характерные для него гетерохронность и гетеротопность.
4. Результатом негативного влияния ионизирующего облучения выступает и феномен "патологизации" старения — развития присущей старости полиморбидности, о чем свидетельствует увеличение количества диагностированных болезней при долговременном наблюдении.

Список использованной литературы

1. *Алишев Н. В., Свистов А. С., Рыжман Н. Н.* и др. Показатели биологического возраста и ускоренное старение у ликвидаторов последствий радиационных аварий // *Успехи геронтол.* — 2006. — № 18. — С. 110–124.
2. *Алхутова Н. А.* Клинико-лабораторные критерии ускоренного старения участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — С.-Пб., 2005. — 22 с.
3. *Ахаладзе Н. Г., Ена Л. М.* Биологический возраст человека. Оценка темпа старения, состояния здоровья и жизнеспособности. — Киев, Ирпень: Перун, 2009. — 224 с.
4. *Бернович О. В., Петравчук Л. В.* Основные тенденции смертности ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, проживающих в Киеве // Чернобыльская трагедия и здоровье киевлян через 10 лет. Сб. науч.-практ. работ. — Киев, 1996. — С. 25–26.
5. *Блощинский И. А.* Результаты оценки состояния здоровья ветеранов подразделений особого риска // *Вестн. психотерапии.* — 2007. — № 22. — С. 8–10.
6. *Грицай Н. М., Литвиненко Н. В.* Малі дози іонізуючого випромінювання як фактор ризику прискореного старіння // *Мат-ли 2-ої наук.-практ. конф. "Прискорене старіння та шляхи його профілактики"* (Одеса, 18–19 жовтня 2001 р.). — Київ, 2001. — С. 78–80.
7. *Жаворонкова Л. А.* и др. Психофизиологические маркеры старения после воздействия малых доз радиации (последствия аварии на Чернобыльской АЭС) // 7 Междунар. науч.-практ. конф. "Пожилой больной. Качество жизни" (Москва, 1–3 октября 2002 г.). — *Клин. геронтол.* — 2002. — 8, № 9. — С. 60.
8. *Зубовский Г. А., Малова Ю. В.* Особенности старения организма у участников ликвидации последствий аварии (ЛПА) на ЧАЭС // 7 Междунар. науч.-практ. конф. "Пожилой больной. Качество жизни" (Москва, 1–3 октября 2002 г.). — *Клин. геронтол.* — 2002. — 8, № 9. — С. 82.
9. *Коваленко А. Н.* Геронтогенные эффекты у участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС (феноменология и синдромология) // *Мат-ли 2-ої наук.-практ. конф. "Прискорене старіння та шляхи його профілактики"* (Одеса, 18–19 жовтня 2001 р.). — Київ, 2001. — С. 85–88.
10. *Москалев Ю. И.* Отдаленные последствия ионизирующих излучений. — М.: Медицина, 1991. — 458 с.
11. *Поворознюк В. В., Подрушняк Е. П., Коштура И. Д.* Структурно-функциональное состояние костно-мышечной системы у лиц разного возраста, подвергшихся воздействию малых доз ионизирующего излучения и пути его коррекции // *Пробл. старения и долголетия.* — 1995. — 5, № 3–4. — С. 227–238.
12. *Руднев М. И.* Концепция механизма биологического воздействия малых доз радиации // *Тез. докл. III междунар. Конф. "Медицинские последствия Чернобыльской катастрофы: итоги 15-летних исследований"* (Киев, 4–8 июня 2001 г.). — *Междунар. журн. радиац. мед.* — 2001. — 3, № 1–2. — С. 281–282.
13. *Умовист Н. М.* Признаки преждевременного старения органа зрения у лиц, подвергшихся воздействию ионизирующего излучения при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС // *Тез. докл. II Нац. конгр. геронтологів і геріатрів України* (Київ, 4–6 жовтня 1994 р.). — Київ, 1994. — Ч. II. — С. 622.
14. *Федирко П. А., Бузунов В. А.* Чернобыль и синдром преждевременного старения (по данным обследования органа зрения участников ликвидации по-

- следствий катастрофы на ЧАЭС) // Пробл. старения и долголетия. — 2000. — **9**, № 3. — С. 250–255.
15. *Холодова Н. Б., Зубовский Г. А.* Полиморбидность — как синдром преждевременного старения в отдаленные сроки после облучения малыми дозами // 7 Междунар. научно-практ. конф. "Пожилой больной. Качество жизни" (Москва, 1–3 октября 2002 г.). // Клин. геронтол. — 2002. — **8**, № 9. — С. 86.
 16. *Boice J. D.* Radiation epidemiology: a perspective on Fukushima // *J. Radiol. Prot.* — 2012. — **32**, № 1. — P. 33–40.
 17. *Cardis E., Hatch M.* The Chernobyl accident—an epidemiological perspective // *Clin. Oncol.* — 2011. — **23**, № 4. — P. 251–260.
 18. *Cologne J. D., Preston D. L.* Longevity of atomic-bomb survivors // *Lancet.* — 2000. — **356**, № 9226. — P. 303–307.
 19. *Cullings H. M.* Impact on the Japanese atomic bomb survivors of radiation received from the bombs // *Health Phys.* — 2014. — **106**, № 2. — P. 281–293.
 20. *Cuttler J. M.* Health effects of low level radiation: when will we acknowledge the reality? // *Dose Response.* — 2007. — **5**, № 4. — P. 292–298.
 21. *Douple E. B., Mabuchi K., Cullings H. M.* et al. Long-term radiation-related health effects in a unique human population: lessons learned from the atomic bomb survivors of Hiroshima and Nagasaki // *Disaster Med. Public Health Prep.* — 2011. — **5**, Suppl. 1. — P. 122–133.
 22. *Grant E. J., Furukawa K., Sakata R.* et al. Risk of death among children of atomic bomb survivors after 62 years of follow-up: a cohort study // *Lancet Oncol.* — 2015. — **16**, № 13. — P. 1316–1323.
 23. *Hollingsworth J. W.* The Hiroshima studies of physiological age: A historical note. — *Practical Handbook of Human Biological Age Determination.* — CRC Press, 1994. — P. 15–20.
 24. *Jargin S. V.* Hormesis and radiation safety norms // *Hum. Exp. Toxicol.* — 2012. — **31**, № 7. — P. 671–675.
 25. *Kamiya K., Ozasa K., Akiba S.* et al. Long-term effects of radiation exposure on health // *Lancet.* — 2015. — **386**, № 9992. — P. 469–478.
 26. *Krasnov V., Kryukov V., Samedova E.* et al. Early aging in Chernobyl clean-up workers: long-term study // *Biomed. Res. Int.* — 2015. — doi: 10.1155/2015/948473.
 27. *Orgiazzi J.* Radiation-related health effects of major nuclear events // *Rev. Prat.* — 2015. — **65**, № 1. — P. 93–94.
 28. *Polykhov A. M., Kobsar I. V., Grebelnik V. I., Voitenko V. P.* The accelerated occurrence of age-related changes of organism in Chernobyl workers: A radiation-induced progeroid syndrome? // *Exp. Gerontol.* — 2000. — **35**, № 1. — P. 105–115.
 29. *Richardson R. B.* Ionizing radiation and aging: rejuvenating an old idea // *Aging (Albany NY).* — 2009. — **1**, № 11. — P. 887–902.
 30. *Senyuk O. F., Kavsan V. M., Muller W. E., Schroder H. C.* Long-term effects of low-dose irradiation on human health // *Cell. Mol. Biol.* — 2002. — **48**, № 4. — P. 393–409.
 31. *Shock N. W.* Normal human aging. — Baltimore: NIH Publication № 84, 1984. — P. 36–39.

Поступила 20.03.2016

**ХІРОСИМА І НАГАСАКІ, ЧОРНОБИЛЬ І ФУКУСИМА.
ВПЛИВ ВІДДАЛЕНИХ ЕФЕКТІВ ІОНІЗУЮЧОГО
ОПРОМІНЕННЯ НА ТЕМП СТАРІННЯ
І ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ЛЮДИНИ**

М. Г. Ахаладзе

Державна установа "Інститут геронтології
ім. Д. Ф. Чеботарьова НАМН України", 04114 Київ

Проведений аналіз віддалених наслідків іонізуючого випромінювання на темп старіння і здоров'я людини на прикладі трьох найбільших ядерних подій (бомбардування Хіросіми і Нагасакі, аварії на Чорнобильській АЕС та Фукусіма-1) показав неоднозначність оцінок цього процесу. Всупереч поширеній серед більшості вчених думки про прискорюючий вплив іонізуючого випромінювання на процеси старіння, дослідження Фонду з вивчення впливу іонізуючого випромінювання в 70-ті роки свідчили про відсутність впливу радіації на ці процеси. Незважаючи на неоднозначність оцінок впливу віддалених ефектів іонізуючої радіації на стан здоров'я і темп старіння людини, є всі підстави вважати, що дію іонізуючої радіації на організм людини слід розглядати як прискорюючу процеси старіння. Іонізуюча радіація прискорює темп старіння людини в залежності від отриманої дози. Молоді люди більш схильні до її негативного впливу. Іонізуюча радіація не лише прискорює темп старіння, але в значній мірі змінює якість цього процесу, посилюючи характерні для нього гетерохронність і гетерогонність. Результатом негативного впливу іонізуючого випромінювання виступає і феномен "патологізації" старіння.

**HIROSHIMA AND NAGASAKI, CHERNOBYL
AND FUKUSHIMA. REMOTE EFFECTS OF EXPOSURE
TO IONIZING RADIATION ON THE RATE
OF HUMAN AGING AND VIABILITY
(review of literature)**

N. G. Akhaladze

State institution "D. F. Chebotarev Institute of Gerontology
NAMS Ukraine", 04114 Kyiv

Analysis of the deferred effects of exposure to ionizing radiation on the rate of human aging and health status after three major nuclear disasters — nuclear bombardment of Hiroshima and Nagasaki and nuclear accidents at Chernobyl and Fukushima-1 nuclear plants — has revealed ambiguous results. Contrary to the widely spread opinion that the ionizing radiation has accelerating effect on ageing processes, the data produced in 1970th by the

Radiation Effects Research Foundation have evidenced the absence of such effects. Despite uncertainty of assessments of the above remote effects, there is a strong foundation to assert the accelerating effect of ionizing radiation on the process of ageing. Moreover, this effect is dose dependent, and the younger individuals are more susceptible to it. Along with the accelerating effect on ageing, the ionizing radiation modifies the qualitative characteristics of this process by amplifying its heterochronic and heterotopic features. The negative influence of ionizing radiation may also result in facilitating the 'pathological aspects' of the ageing process, development of ageing-related polymorbidity as evidenced by the increase in the number of diagnosed diseases during long-term observation.

Сведения об авторе

Н. Г. Ахаладзе — гл.н.с. отдела клинической и эпидемиологической кардиологии, к.м.н.
(geronick@ukr.net)