

Получена: 28 августа 2017 / Принята: 17 сентября 2017 / Опубликовано online: 31 октября 2017

УДК 616.4-616.839-614.876(574.41)

РИСК РАЗВИТИЯ НАРУШЕНИЙ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ МАЛЫХ ДОЗ РАДИАЦИИ

Людмила М. Пивина¹,

Юлия М. Семенова¹, <http://orcid.org/0000-0003-1324-7806>

Татьяна И. Белихина¹,

Альмира М. Манатова¹,

Алтай А. Дюсупов¹, <http://orcid.org/0000-0003-0875-1020>

Нурлан Е. Аукенов

Государственный медицинский университет города Семей,
г. Семей, Казахстан

Резюме

Введение: длительное воздействие ионизирующей радиации в малых дозах на организм человека проявляется нарушениями адаптивного ответа регуляторных систем на стрессорное воздействие.

Цель: проведение систематического поиска научной информации по оценке нарушений неспецифической резистентности в организме человека при длительном воздействии малых доз радиации.

Материалы и методы. Поиск релевантных научных публикаций проводился в базах данных доказательной медицины (PubMed, Cochrane Library, ResearchGate), а также с помощью специализированных поисковых систем (Google Scholar) и в электронных научных библиотеках (CyberLeninka, e-library). Всего было найдено 312 литературных источников, из которых для последующего анализа были отобраны 46 статей.

Результаты: найденные научные исследования по изучению неспецифической резистентности у лиц, пострадавших от радиационного воздействия, отличаются большой гетерогенностью. Большая часть исследований принадлежит к разряду поперечных, также удалось найти небольшое количество когортных исследований и несистематических обзоров литературы.

Выводы: Литературные источники по изучаемой теме, найденные в различных базах данных, позволяют установить определенную закономерность развития эффектов малых доз облучения в отношении регуляторных систем организма. Исследования, проведенные в Казахстане, требуют дальнейшего развития и продолжения в связи с тем, что до сих пор огромные по численности группы населения продолжают жить на экологически неблагоприятных территориях.

Ключевые слова: радиация, адаптивный ответ, эндокринная система, вегетативная нервная система, Семипалатинский ядерный полигон.

Summary

RISK OF DISORDERS OF NONSPECIFIC RESISTANCE DUE TO LONG-TERM EXPOSURE TO RADIATION IN SMALL DOSES**Lyudmila M. Pivina**¹,**Yuliya M. Semenova**¹, <http://orcid.org/0000-0003-1324-7806>**Tatyana I. Belikhina**¹,**Almira M. Manatova**¹,**Altaj A. Dyussupov**¹, <http://orcid.org/0000-0003-0875-1020>**Nurlan Ye. Aukenov**²**Semey State Medical University, Semey, Kazakhstan**

Background: long-term exposure to ionizing radiation in small doses on the human body is manifested by violations of the adaptive response of regulatory systems to stress.

Aim: to perform a systematic search of valid scientific data in order to assess the disorders of nonspecific resistance in the human organism due to long-term exposure to radiation in small doses

Materials and methods. The search for scientific publications was carried out in the evidence-based medicine's databases (PubMed, Cochrane Library, ResearchGate, Google Scholar) and in the electronic scientific libraries (CyberLeninka). A total of 312 literary sources were found, 46 articles were selected for further analysis.

Results: the relevant scientific papers found in electronic databases are characterized by the marked heterogeneity. Most of the published studies belong to the category of cross-sectional, we could also find a small amount of cohort studies and unsystematic literature reviews.

Conclusion: Literary sources in the studied field found in various databases allow us to define a certain pattern of development of effects of small doses of radiation to the regulatory systems of the human organism. Studies carried out in Kazakhstan require further development and continuation due to the fact that until now large populations continue to live in ecologically unfavorable territories.

Key words: radiation, adaptive response, endocrine system, vegetative nervous system, Semey Nuclear Test Site.

Түйіндеме

**ҰЗАҚ МЕРЗІМДІ АЗ МӨЛШЕРДІ РАДИАЦИЯЛЫҚ
ДОЗАНЫҢ ӘСЕРІНЕН ТӘН ЕМЕС ҚАРСЫЛЫҚТЫҚ
БҰЗЫЛУЫ ДАМУ ҚАУПІ****Людмила М. Пивина**¹,**Юлия М. Семенова**¹, <http://orcid.org/0000-0003-1324-7806>**Татьяна И. Белихина**¹,**Альмира М. Манатова**¹,**Алтай А. Дюсупов**¹, <http://orcid.org/0000-0003-0875-1020>**Нурлан Е. Ауkenov****Семей мемлекеттік медицина университеті, Семей, Қазақстан;**

Кіріспе: ұзақ мерзімді аз мөлшерлі иондаушы сәуле шығаруының, адам ағзасының стресс әсеріне регуляторлық жүйенің адаптивтік жауап беру қабілетін бұзуы.

Мақсаты: ұзақ мерзімді аз мөлшерлі иондаушы сәуле шығару адам ағзасының тәң емес қарсылықтық бұзылуының бағалауы үшін, ғылыми ақпараттан жүйелі іздеу жүргізу.

Материалдар мен әдістері: тиісті ғылыми басылымдарды дәлелді медицина мәліметтер базасынан іздеу жүргізілді (Pub med, Кокран кітапханасы, Research Gate), деректер базасы, сондай ақ мамандандырылған іздеу жүйелеріне (Google scholar) және электронды ғылыми зерттеу кітапханалары (Cyber Leninka), электрондық кітапхана. Барлығы 312 әдеби көздер табылды, оның ішінде 46 мақала әрі қарай талдау үшін іріктелді.

Нәтижелері: радиациялық әсерден зардап шеккен адамдардың тәң емес қарсылықты зерттеу бойынша ғылыми зерттеулер өте гетерогенді.

Көптеген зерттеулердің бөлігі көлденең зерттеу болып табылады, сондай ақ когорттық және жүйелі емес әдеби шалу.

Қорытынды: түрлі дерекқорлардан табылған зерттеулер бойынша, аз мөлшерді радиациялық дозаның әсерлеріне үлгісін ашуы және оның реттеу жүйесіне әсер етуі болып табылды. Қазақстанда жүргізілген зерттеулерді ары қарай жалғастыруы қажет, өйткені көптеген кісі саны экологиялық қолайсыз аумақтарда өмір сүруді жалғастыруда.

Түйінді сөздер: радиация, адаптивті реакция, эндокриндік жүйе, автономды жүйке жүйесі, Семей ядролық полигоны.

Библиографическая ссылка:

Пивина Л.М., Семенова Ю.М., Белихина Т.И., Манатова А.М., Дюсупов А.А., Ауқенов Н.Е. Риск развития нарушений неспецифической резистентности при длительном воздействии малых доз радиации // Наука и здравоохранение. 2017. №5. С. 158-171.

Pivina L.M, Semenova Yu.M., Belikhina T.I., Manatova A.M., Dyussupov A.A., Aukenov N.E. Risk of disorders of nonspecific resistance due to long-term exposure to radiation in small doses. *Nauka i Zdravookhranenie* [Science & Healthcare]. 2017, 5, pp. 158-171.

Пивина Л.М., Семенова Ю.М., Белихина Т.И., Манатова А.М., Дюсупов А.А., Ауқенов Н.Е. Ұзақ мерзімді аз мөлшерді радиациялық дозаның әсерінен тән емес қарсылықтық бұзылуы даму қаупі // Ғылым және Денсаулық сақтау. 2017. № 5. Б. 158-171.

Введение

Эффекты малых доз ионизирующей радиации на состояние здоровья человека остаются до настоящего времени предметом дебатов исследователей всех стран. Оценка рисков такого влияния строится на глубоком изучении механизмов развития молекулярных и биохимических изменений в организме, которые значительно отличаются от таковых при воздействии высоких доз облучения [30].

Важным этапом в развитии положений о факторах риска окружающей среды является разработка понятия суммарного риска, когда индивидуум подвержен нескольким факторам техногенного и экологического риска, при этом даже умеренное увеличение каждого из них может привести к высокому суммарному риску и необходимости срочных профилактических мер.

Выявление новых причинно-следственных связей, составляющих механизм развития функциональной и органной патологии при

действии экологических факторов риска, открывает перспективы раскрытия неисследованных закономерностей заболеваемости изучаемых групп населения, и разработке на их основе новых принципов профилактики, а так же соответствующих этим принципам средств, методов и медицинских мероприятий.

В работах научных коллективов Казахстана, дальнего и ближнего зарубежья довольно подробно изучены и проанализированы результаты влияния факторов риска окружающей среды на состояние здоровья отдельных групп населения, проживающих на экологически неблагоприятных территориях. Было установлено, что, действительно, среди части декретированного населения республики регистрировалось существенное увеличение показателей заболеваемости и смертности, связанных с радиационными и нерадиационными факторами риска [33-35]. В

структуре заболеваемости преобладали онкологические заболевания, болезни системы кровообращения, крови, эндокринной системы, аллергические заболевания, установлены геронтологические эффекты ионизирующих излучений.

Изучение изменений, развивающихся в организме человека при воздействии малых доз ионизирующей радиации на уровне адаптационных механизмов, является в настоящее время предметом высокой научной заинтересованности во всем мире в силу дефицита подобных исследований, что не позволяет установить закономерности количественного определения индикаторов таких повреждений на биохимическом уровне и вызывает необходимость проведения масштабных эпидемиологических исследований в этой области.

Целью нашего исследования является анализ литературных данных, освещающих нарушения неспецифической резистентности в организме человека при длительном воздействии малых доз радиации.

Материалы и методы исследования

Поиск релевантных научных публикаций проводился в базах данных доказательной медицины (PubMed, Cochrane Library, ResearchGate), а также с помощью специализированных поисковых систем (Google Scholar) и в электронных научных библиотеках (CyberLeninka, e-library). Были использованы следующие поисковые фильтры: исследования, выполненные на людях, опубликованные на английском, русском языках, а также полные версии статей. Предпочтение отдавалось исследованиям высокого методологического качества (мета-анализам, систематическим обзорам и когортным исследованиям), при отсутствии которых принимались во внимание публикации результатов исследований дизайна «случай-контроль» и поперечных исследований [6, 7].

Ключевыми словами для поиска служили следующие: «ионизирующая радиация и адаптивный ответ», «ионизирующая радиация и функция щитовидной железы», «ионизирующая радиация и стресс» «радиационно-индуцируемые заболевания», “low dose radiation and adaptive response”, “low

dose radiation and thyroid gland function”, “radiation induced diseases”. Всего было найдено 312 литературных источников, из которых для последующего анализа были отобраны 46 статей.

Исследование проведено в рамках выполнения научной технической программы «Разработка научно-методологических основ минимизации экологической нагрузки, медицинского обеспечения, социальной защиты и оздоровления населения экологически неблагоприятных территорий Республики Казахстан».

Результаты

В настоящей литературе существуют противоречивые взгляды на эффекты малых доз ионизирующей радиации в отношении организма человека: одни авторы отмечают их повышенную опасность, сопоставимую с влиянием высоких доз, другие отрицают их пагубное воздействие, третьи приводят данные о благоприятном влиянии на здоровье (эффект гормезиса) [10]. К малым дозам радиации относят дозы, не вызывающие явных нарушений состояния организма и находящиеся в диапазоне ниже 200 мГр [27]. Радиационные эффекты принято классифицировать на детерминированные или дозозависимые, проявляющиеся в виде клинически значимых событий, и стохастические, имеющие вероятностный характер, не зависящий от дозы облучения [21, 29]. К последним относят канцерогенные и генетические повреждения, обусловленные воздействием свободных радикалов на ядра и клеточные мембраны различных клеток организма, что приводит к запуску цепных реакций перекисного окисления липидов, обладающих генотоксическим действием. Именно эти механизмы обуславливают феномен более выраженного влияния малых доз радиации на развитие генетических мутагенных повреждений, чем это можно было бы ожидать путем простой экстраполяции эффектов высоких доз облучения [22, 3]. Нестабильность генома выражается в виде отдаленной гибели клеток, повышения частоты хромосомных aberrаций, снижения адаптивного ответа и наследственных заболеваний [1, 18, 30, 41]. Некоторыми авторами отмечается более

выраженный риск развития стохастических эффектов при длительном хроническом воздействии радиации, которые не проявляются при более высоких дозах однократного облучения [5].

Нарушение стабильности генома при хроническом радиационном воздействии проявляется в изменении регуляторных механизмов организма, снижении нормальных реакций на влияние стрессогенных факторов, а в отдаленном периоде – истощением компенсаторных возможностей, связанным с переактивацией симпатико-адреналовой системы и коры надпочечников [4, 13, 39, 44].

Органы эндокринной системы, в первую очередь, щитовидная железа, принимают наряду с вегетативной нервной системой и системой иммунитета участие в регуляции гомеостатического баланса в организме при стрессовом воздействии на организм человека факторов окружающей среды. Щитовидная железа высоко восприимчива к неблагоприятным экологическим воздействиям, поскольку ее функционирование зависит от поступления в организм йода и других микроэлементов [11].

Щитовидная железа является одним из наиболее чувствительных к облучению органов человека. Хорошо известно, что радиоактивное воздействие увеличивает риск развития рака щитовидной железы, меньше известно о его последствиях в отношении доброкачественных заболеваний щитовидной железы. Исследования, проведенные на популяциях, подвергшихся радиационному воздействию в широком диапазоне доз вследствие испытаний ядерного оружия, аварий на радиохимических предприятиях и атомных электростанциях, свидетельствуют о повышенных рисках развития узловых образований и аутоиммунных тиреоидитов, сопровождающихся снижением функции щитовидной железы [19, 42].

Облучение щитовидной железы в небольших дозах (десятые доли Гр) практически не сказывается на ее функциональном состоянии в ранний период. Однако в отдаленные сроки возможно развитие доброкачественных и злокачественных опухолей, аутоиммунных

тиреоидитов, гипотиреоза [43]. Установлено, что частота субклинического антителонительства к тироглобулину у детей в зоне радиационного загрязнения в результате аварии на ЧАЭС превышает контрольные величины в 4-15 раз [15]. Механизм развития пострadiационного гипотиреоза связан с нарушениями в эндотелии стенок мелких сосудов с последующим фиброзом стромы щитовидной железы в отдаленные сроки после облучения, что приводит к снижению функции органа [23].

Систематический обзор радиационных эффектов в широком диапазоне доз в отношении щитовидной железы, проведенный в 2010 году, свидетельствует об увеличении риска развития как рака, так и доброкачественных образований этого органа. В обзор были включены масштабные исследования пациентов с онкологическими заболеваниями, получавших высокодозную лучевую терапию, пациентов с тиреотоксикозом, получавших высокие дозы йода-131, больных, прошедших лучевую терапию в диапазоне средних и высоких доз по поводу доброкачественных заболеваний, лиц, подвергшихся воздействию низких доз радиации из окружающей среды, и лиц, выживших в результате атомных бомбардировок. Практически во всех исследованиях наблюдался повышенный риск развития аденом и узловых образований щитовидной железы. Реакция доза-эффект была линейной при воздействии низких и умеренных доз облучения, причем повышенный риск развития доброкачественных образований железы отмечался на протяжении нескольких десятилетий после экспозиции. Результаты в отношении функциональных заболеваний щитовидной железы, включая аутоиммунные заболевания, оказались противоречивыми, особенно для гипотиреоза, для которого была установлена статистически значимая связь только с высокими дозами облучения. Была продемонстрирована значительная связь доза-эффект для доброкачественных узлов и фолликулярных аденом [43].

Изучение морфофункционального состояния щитовидной железы у детей, проживающих на радиационно-загрязненных

территориях Калужской области вследствие аварии на Чернобыльской аварии, свидетельствовало, что в течение первого десятилетия после аварии наблюдалась высокая заболеваемость диффузно-токсическим зобом (до 26%) у детей, облученных внутриутробно. В последующем в группе исследования отмечалось снижение содержания в крови тироксина при одновременном повышении уровня тиреотропного гормона, что говорит о перенапряжении гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной системы и снижении гормонообразующей функции щитовидной железы [24].

Эти данные полностью согласуются с результатами скринингового исследования, проведенного в 2001-2003 гг. на радиационно-загрязненных территориях Украины и включившего 10430 лиц, бывших в возрасте моложе 18 лет на момент Чернобыльской аварии. Средние показатели содержания сывороточного тиреоглобулина были существенно выше у лиц с выявленными нарушениями структуры / функции щитовидной железы и имели значительную ассоциацию с дозой облучения железы йодом-131. Результаты позволили судить о том, что сывороточный тиреоглобулин может служить биомаркером нарушений структуры или функции щитовидной железы при проведении эпидемиологических исследований [40].

Литературные данные свидетельствуют о том, что у лиц, подвергшихся длительному радиационному воздействию, в большом проценте случаев встречается сочетанная патология щитовидной железы в виде узлового зоба, аутоиммунного тиреоидита со снижением функции железы и ишемической болезни сердца [36]. Установлено, что гипотиреоидное состояние провоцирует развитие дислипидемии и дислипидотеинемии, что усугубляет атерогенные процессы в организме [35, 31, 17]. Так, среди лиц, имевших длительный профессиональный контакт с ионизирующим излучением, страдающих аутоиммунным тиреоидитом в стадии декомпенсации, наблюдались выраженные атерогенные сдвиги в биохимических показателях [2]. Эти данные хорошо согласуются с результатами

многочисленных обследований жителей территорий, попавших в зону влияния аварии на Чернобыльской атомной станции. Эпидемиологические показатели свидетельствуют о высоком уровне распространенности сочетанной кардиальной и эндокринной патологии у этих лиц [46, 38].

Изучение коморбидности болезней системы кровообращения и эндокринной системы среди жителей Восточно-Казахстанской области, подвергшихся облучению в результате испытаний ядерного оружия на Семипалатинском ядерном полигоне, и их потомков во втором поколении было проведено на основе тематического регистра, включившего информацию о результатах скринингового обследования более двух тысяч лиц с диагностированными кардиоваскулярными заболеваниями. Сочетанная патология щитовидной железы была установлена у 56,8% членов регистра, преобладающей патологией оказались диффузный и диффузно-узловой зоб (71,3%). Обращает на себя внимание высокая распространенность клинически выраженного гипотиреоза (8,5%) и аутоиммунного тиреоидита (5,6%). Сахарный диабет второго типа был выявлен у 14,4% участников исследования. Средний уровень тиреотропина находился на уровне верхней границы нормы, что является свидетельством перенапряжения функции гипоталамо-тиреоидной системы, при этом у 21% членов регистра этот показатель существенно превосходил нормальные величины, соответствуя картине субклинического или манифестированного гипотиреоза. Исследование титра антител к тиреоидной пероксидазе у этих же лиц выявило их превышение верхней границы нормы в среднем в семь раз, что говорит о наличии аутоиммунных процессов в щитовидной железе [20]. В исследовании Еспенбетовой М.Ж. (2014), проведенном среди жителей Абайского и Бескарагайского районов Восточно-Казахстанской области, также была установлена высокая распространенность аутоиммунного тиреоидита, узлообразования щитовидной железы и гипотиреоза (24,3%; 28,3% и 9,2% соответственно) при

достаточной обеспеченности региона йодом [9].

Эти данные полностью соответствуют результатам, полученным при обследовании женщин трех поколений, проживающих на радиационно-загрязненных территориях Алтайского Края, расположенных на пути радиоактивного следа от испытания ядерного оружия на Семипалатинском ядерном полигоне. Установлено превышение показателей заболеваемости патологией щитовидной железы (аутоиммунный тиреоидит, гипотиреоз, диффузно-токсический зоб) у экспонированных радиацией женщин первого и второго поколений на 74% в сравнении с необлученными женщинами [8].

Исследование состояния здоровья детей Гомельской области Республики Беларусь, являющихся потомками второго поколения лиц, подвергшихся облучению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, показало высокую распространенность дисфункций вегетативной нервной системы с преимущественной активацией симпатико-адреналовой системы [12], что характеризует наличие дисбаланса гомеостатических систем со снижением адаптационных процессов, контролируемых нейроэндокринной системой [14]. У обследованных девочек наблюдалось снижение среднего уровня трийодтиронина, тироксина и рост уровня эстрадиола с нарушениями менструальной функции. Кроме того, в исследуемой группе наблюдалось снижение функциональной активности надпочечников, что выражалось в уменьшении содержания кортизола и повышении уровня адренкортикотропного гормона в плазме крови, что можно рассматривать как своеобразный адаптивный ответ на стрессогенное влияние факторов окружающей среды [25, 26].

Украинскими учеными с целью изучения механизмов развития патологических изменений у детей, проживающих на загрязненных территориях, и хронических воздействий радионуклидов через пищевую цепь было проведено исследование вегетативного гомеостаза и термографических показателей эндотелий-зависимых сосудистых реакций с окклюзионными

тестами. Показаны признаки дисрегуляции функции вегетативной нервной системы и секреторной активности эндотелия [45]. Признаки вегетативной дисфункции и астении были установлены и при обследовании жителей Челябинской области, проживающих вблизи реки Теча, загрязненной радионуклидами вследствие сбросов радиоактивных отходов, а также работников атомного химического производства «Маяк» [28].

Результаты 25-летнего наблюдения за состоянием здоровья лиц, вошедших в армянскую когорту ликвидаторов Чернобыльской аварии, показывают рост заболеваемости нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной и пищеварительной систем. Наблюдались специфические функциональные сдвиги в нейропсихологическом и вегетативном статусе ликвидаторов. У подавляющего большинства из них наблюдалось увеличение тонуса симпатической вегетативной нервной системы, астенические и депрессивные синдромы, возникающие в виде слабости, сонливости, нестабильности настроения, уменьшения умственной способности и дефектов памяти. Показатели «качества жизни» ликвидаторов значительно уступают общим средним стандартам как по шкале физического здоровья, так и по шкале психического и социального благосостояния [37].

Обсуждение результатов

Анализ литературных данных позволяет судить о многообразных и сложных механизмах влияния длительного воздействия ионизирующей радиации в малых дозах на организм человека, проявляющегося, прежде всего, в нарушениях адаптивного ответа регуляторных систем на стрессорное воздействие. Оценить выраженность нарушений гомеостаза можно путем масштабных эпидемиологических исследований на основе создания специализированных регистров, включающих в себя информацию о дозах облучения и медицинских показателях лиц, подвергшихся радиационному воздействию в широком диапазоне доз, и их потомков нескольких поколений. В Казахстане основой для регулярного мониторинга состояния здоровья, экспонированного радиацией, населения

является Государственный научный медицинский автоматизированный медицинский регистр населения, подвергшегося радиационному воздействию вследствие испытаний ядерного оружия на Семипалатинском ядерном полигоне.

Донозологическая диагностика экологозависимых заболеваний возможна с применением лабораторных и инструментальных тестов, к которым относятся исследование морфологической структуры и функции щитовидной железы, гипофизарной системы, надпочечников, вегетативной нервной системы, системы иммунитета, генетические исследования.

Литературные источники дают возможность сделать заключение, что результаты исследований, проведенных в группах лиц, подвергшихся облучению в различных условиях радиационных аварий, проведения испытаний ядерного оружия, в медицинских целях и профессиональных ситуациях, имеют общие закономерности на доклиническом уровне. Механизм развития нарушений неспецифической резистентности организма экспонированных радиацией лиц связан с генотоксическим и мутагенным воздействием облучения на клетки организма, способным закрепиться и наследоваться в последующих поколениях.

Для определения рисков развития радиационно-индуцированной патологии, в первую очередь, онкологической, кардиоваскулярной и эндокринной, необходимо длительное и регулярное наблюдение, комплексное обследование состояния здоровья лиц, входящих в группы риска наряду с масштабными экологическими исследованиями окружающей среды.

Заключение

Литературные источники по изучаемой теме, найденные в различных базах данных, несмотря на значительную гетерогенность, связанную с уникальностью радиационных ситуаций прошлых лет, позволяют установить определенную закономерность развития эффектов малых доз облучения в отношении регуляторных систем организма. Исследования, проведенные в Казахстане в области радиационной медицины и экологии, требуют дальнейшего развития и

продолжения в связи с тем, что до сих пор огромные по численности группы декретированного населения, включающего несколько поколений, продолжают жить на экологически неблагоприятных территориях.

Литература:

1. Бычкова И.Б., Степанов Р.П., Федорцева Р.Ф. Особые долговременные изменения клеток при воздействии радиации в малых дозах // Радиационная биология. Радиоэкология. 2002. Т. 42, № 1. С.20–35.
2. Власенко М.А., Кулинич В.С. Особенности сывороточного липидного профиля у пациентов с тиреоидной патологией, профессионально контактирующих с ионизирующей радиацией в малых дозах // Клиническая медицина. 2014, №2. С. 38–43.
3. Гончарова Р.И., Смолич И.И. Генетическая эффективность малых доз ионизирующей радиации при хроническом облучении мелких млекопитающих. // Радиационная биология. Радиоэкология. 2002. Т. 42, №6. С.654–660.
4. Гончаренко Е.Н., Антонова С.В., Ахалая М.Я., Кудряшов Ю.Б. Влияние малых доз ионизирующей радиации на уровень содержания катехоламинов и кортикостероидов в надпочечниках мышей // Радиационная биология. Радиоэкология. 2000. Т. 40, №2. С.160–161.
5. Грейб Р. Действие малых доз ионизирующего излучения: Эффект Петко // Ядерная энциклопедия. М., 1996. С.387–394.
6. Гржибовский А.М., Иванов С.В. Поперечные (одномоментные) исследования в здравоохранении // Наука и здравоохранение. 2015, №2. С. 5–18.
7. Гржибовский А.М., Иванов С.В., Горбатова М.А. Исследования типа «случай-контроль» в здравоохранении // Наука и здравоохранение. 2015, №4. С. 5–17.
8. Дударева Ю.А., Гурьева В.А. Оценка состояния щитовидной железы у женщин, находившихся в зоне радиационного воздействия, и их потомков в двух поколениях // Экология человека. 2015, №10. С. 9–13
9. Еспенбетова М.Ж., Заманбекова Ж.К., Узатаева Ж.С., Сарсебаева Г.С., Шайхина А.Т., Сембаева Г.К., Таратутина

О.В. Состояние щитовидной железы у населения районов, прилегающих к бывшему семипалатинскому испытательному ядерному полигону // Наука и здравоохранение. 2014, №5. С. 28-32.

10. *Ивановский Ю.А.* Радиационный гормезис. Благоприятны ли малые дозы ионизирующей радиации? // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2006, №6. С. 86-91

11. *Кандрор В.И.* Молекулярно-генетические аспекты тиреоидной патологии // Проблемы эндокринологии. 2001.-Т. 47, № 5. С. 3-10.

12. *Киеня А.И., Мельник В.А.* Статус вегетативной нервной системы сельских детей Гомельского региона в постчернобыльский период // Проблемы здоровья и экологии. 2004. № 1. С. 30–34.

13. *Кострюкова Н.К., Карпин В.А.* Биологические эффекты малых доз ионизирующего излучения // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2005, №4. С. 17-22.

14. *Наумова Г.И.* Влияние малых доз ионизирующей радиации на вегетативную систему человека // Здравоохранение. 1999. № 1. С. 31–33.

15. *Парамонова Н.С., Ляликов С.А.* Аутоиммунитет и гормональный статус у детей из экологически неблагоприятных районов // Актуальные проблемы научного обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и пути их реализации: сборник матер. Пленума Республ. Пробл. комиссии по гигиене, Минск, 27 апреля 2000 г. Минск. 2000. С. 125-126.

16. *Парамонова Н.С.* Антитироидные антитела и патология щитовидной железы (обзор литературы) // Журнал ГГМУ. 2005 № 3. С. 9-11.

17. *Петунина Н.А.* Особенности терапии заболеваний щитовидной железы у пациентов с кардиальной патологией // Русский медицинский журнал. 2005, № 13 (28). С. 1927-1932.

18. *Пелевина И.И., Алещенко А.В., Антошина М.М.* Реакция популяции клеток на облучение в малых дозах. // Радиационная биология. Радиоэкология. 2003. Т. 43, № 2. С.161–166.

19. *Пивина Л.М., Белихина Т.И.* Оптимизация лечения артериальной гипертензии при гипотиреозе у лиц, подвергшихся радиационному воздействию // Universum: Медицина и фармакология: электронный научный журнал. 2014. № 3 (4)

20. *Пивина Л.М., Батенова Г.Б., Курумбаев Р.Р., Керимкулова А.С., Маркабаева А.М., Каскабаева А.Ш.* Характеристика коморбидной эндокринной и сердечно-сосудистой патологии у потомков лиц, подвергшихся радиационному воздействию // Наука и здравоохранение. 2013, №3. С. 13-19.

21. *Сафонова В.Ю., Сафонова В.А.* Биологическое влияние малых доз радиации, аспекты безопасности // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. Т.3, №1. С. 308-310

22. *Сусков И.И., Кузьмина Н.С.* Проблема индуцированной геномной нестабильности в детском организме в условиях длительного действия малых доз радиации. // Радиационная биология. Радиоэкология. 2003. Т. 43, № 2. С.150–152.

23. *Цыб А.Ф., Матвеев Е.Г., Нестайко Г.В., Горобец В.Ф.* Пострадиационный гипотиреоз (научный обзор). Радиация и риск. 1997, №10. С. 61-83

24. *Цыб А.Ф., Матвеев Е.Г., Горобец В.Ф., Боровикова М.П., Темникова Е.И., Горобец Н.Я.* Динамика морфофункционального состояния щитовидной железы у внутриутробно облученных детей из юго-западного региона Калужской области в течение первого десятилетия после чернобыльской аварии // Радиация и риск. 2001, № 12. С.42-47

25. *Чешик И.А., Никонович С.Н., Мельнов С.Б.* Антропометрический и эндокринный статус девочек 9–13 лет, проживающих в чернобыльских регионах Гомельской области // Проблемы здоровья и экологии. 2007. № 3. С. 83–88.

26. *Чешик И.А., Шестерина Е.К., Коваленко В.В., Мельник В.А.* Конституциональные особенности детей и подростков, постоянно проживающих в условиях хронического низкодозового радиационного воздействия, как диагностические критерии их здоровья (обзор

литературы) // Проблемы здоровья и экологии. 2011, № 3. С.32-36.

27. Ярмоненко С.П. Низкие уровни излучения и здоровье: радиобиологические аспекты // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2000. Т. 45, № 3. С.5–32.

28. Akleyev A.V. Chronic radiation syndrome among residents of the Techa riverside villages // Radiat Prot Dosimetry. 2012. Vol.151(4). P.689-695.

29. Spitz D.R., Hauer-Jensen M. Ionizing radiation-induced responses: where free radical chemistry meets redox biology and medicine // Antioxid Redox Signal. 2014. Vol.20(9). P.1407-1409.

30. Azzam E.I., Colangelo N.W., Domogauer J.D., Sharma N., de Toledo S.M. Is ionizing radiation harmful at any exposure? An echo that continues to vibrate // Health Physics. 2016, Vol. 110, Number 3. pp. 249-251.

31. Gencer B., Collet T.-H., Virgini V., Bauer D.C., Gussekloo J., Cappola A.R. et al. Subclinical thyroid dysfunction and the risk of heart failure events: An individual participant data analysis from 6 prospective cohorts // Circulation. 2012. Vol. 126. P. 1040—1049.

32. Groshe B., Land C., Bauer S., Pivina L.M., Abylkassimova Z.N, Gusev B.I. Fallout from nuclear tests: health effects in Kazakhstan // Radiat Environ Biophys. 2002. DOI 10.1007|00411-001-0136-1

33. Grosche B., Lackland D.T., Land C.E., Simon S.L., Apsalikov K.N., Pivina L.M., Bauer S., Gusev B.I. Mortality from cardiovascular diseases in the Semipalatinsk historical cohort, 1960-1999, and its relationship to radiation exposure // Radiat Res.- 2011.Vol. 176, №5. P. 660-669

34. Kawano N., Hirabayashi K., Matsuo M., Hiraoka T., Hoshi M., Apsalikov K., Muldagaliev T. Direct Experiences from the Nuclear Explosions in Inhabitants near Semipalatinsk Nuclear Test Site. 13th Hiroshima International Symposium. 4th Dosimetry workshop on the Semipalatinsk Nuclear Test Site Area. 2008. P.24.

35. Klein I., Danzi S. Thyroid disease and the heart // Circulation. 2007. Vol. 116. P. 1725-1735.

36. Little M.P. A review of non-cancer effects, especially circulatory and ocular diseases // Radiat Environ Biophys. 2013. Vol.52. P.435–449.

37. Oganessian N.M., Davidian N.R., Gevorkian E.G., Karapetian A.G., Miridzhanian M.I., Asrian K.V. Delayed medical consequences of the Chernobyl accident in Armenia. Assessment of life quality and accelerated biological aging of accident liquidators // Radiats Biol Radioecol. 2011. Vol.51(1). P.91-100.

38. Ostroumova E., Brenner A., Oliynyk V., McConnell R., Robbins J., Terekhova G., Zablotska L., Likhtarev I., Bouville A. and Hatch M. Subclinical hypothyroidism after radioiodine exposure: Ukrainian-American cohort study of thyroid cancer and other thyroid diseases after the Chernobyl accident (1998–2000) // Environ. Health Perspect. 2009. Vol.117. P.745–750.

39. Pelevina I., Gotlib V., Konradov A. 20 years after Chernobyl accident—is it a lot or not for the estimation its characteristics ? // Radiats Biol Radioecol. 2006. Vol.46(2). P.240-247.

40. Peters K.O., Tronko M., Hatch M., Oliynyk V., Terekhova G., Pfeiffer R.M., Shpak V.M., McConnell R.J., Drozdovitch V., Little P. Factors associated with serum thyroglobulin in Ukrainian cohort exposed to iodine-131 from the accident at the Chernobyl Nuclear Plant // Environ Res. 2017. Vol.156. P.801-809.

41. Prasad K.N., Cole W.C., Hasse G.M. Health risks of low dose ionizing radiation in humans: a review // Exp Biol Med (Maywood). 2004. Vol.229(5). P.378-382.

42. Rahu K, Bromet EJ, Hakulinen T, et al. Noncancer morbidity among Estonian Chernobyl cleanup workers: a register-based cohort study // BMJ Open. 2014. Vol.4. e004516.

43. Ron E., Brenner A. Non-malignant thyroid diseases after a wide range of radiation exposures // Radiat Res. 2010. V.174 (6). P. 877-888.

44. Tharmalingam S., Sreetharan S., Kulesza A.V., Boreham D.R., Tai T.C. Low-Dose Ionizing Radiation Exposure, Oxidative Stress and Epigenetic Programming of Health and Disease // Radiat Res. 2017.188(4.2). P.525-538.

45. Stepanova I.I., Berezovs'kyi V.I., Kolpakov I.E., Kondrashova V.H., Lytvynets' O.M. Endothelium dependent vascular reactivity

and autonomic homeostasis in children living in radiation-contaminated areas // *Lik Sprava*. 2013. Vol. (2). P.32-38.

46. *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2008 report to the General Assembly with scientific annexes, volume II, scientific annex D: health effects due to radiation from the Chernobyl accident.* New York: United Nations, 2011.

References:

1. Bychkovskaya I.B., Stepanov R.P., Fedortseva R.F. Osobyе dolgovremennye izmeneniya kletok pri vozdeistvii radiatsii v malykh dozakh [Specific long-term changes at small doses radiation exposure]. *Radiatsiya. Biologiya. Radioekologiya* [Radiation. Biology. Radioecology]. 2002. T. 42, № 1. pp. 20–35. [in Russian].

2. Vlasenko M.A., Kulinich V.S. Osobnosti syvorotochnogo lipidnogo profilya u patsientov s tireoidnoi patologiei, professional'no kontaktiruyushhikh s ioniziruyushhei radiatsiei v malykh dozakh [Features of serum lipid profile in patients with thyroid pathology, professionally contacting with ionizing radiation in small doses]. *Klinicheskaya meditsina* [Clinical Medicine]. 2014, №2. pp. 38-43. [in Russian].

3. Goncharova R.I., Smolich I.I. Geneticheskaya effektivnost' malykh doz ioniziruyushhei radiatsii pri khronicheskom obluchenii melkikh mlekopitayushhikh [Genetic efficacy of small doses of ionizing radiation in chronic irradiation of small mammals]. *Radiatsiya. Biologiya. Radioekologiya* [Radiation. Biology. Radioecology]. 2002. T. 42, № 6. pp.654–660. [in Russian].

4. Goncharenko E.N., Antonova S.V., Akhalaja M.Ya., Kudryashov Yu.B. Vliyanie malykh doz ioniziruyushhei radiatsii na uroven' soderzhaniya katekholaminov i kortikosteroidov v nadpochechnikakh myshei [Influence of small doses of ionizing radiation on the level of catecholamines and corticosteroids in the adrenal glands of mice]. *Radiatsiya. Biologiya. Radioekologiya* [Radiation. Biology. Radioecology]. 2000. T. 40, №2. pp.160–161. [in Russian].

5. Greib R. *Deistvie malykh doz ioniziruyushhego izlucheniya: Effekt Petko*

[Effects of small doses of ionizing radiation: The Petko effect]. *Yadernaya entsiklopediya*. M., 1996. pp.387–394. [in Russian].

6. Grzhibovskij A.M., Ivanov S.V. Poperechnye (odnomomentnye) issledovaniya v zdravookhraneniі [Cross-sectional (one-stage) studies in health care system]. *Nauka i zdravookhraneniі* [Science & Healthcare]. 2015, №2. S. 5-18. [in Russian].

7. Grzhibovskij A.M., Ivanov S.V., Gorbatova M.A. Issledovaniya tipa «sluchaj-kontrol'» v zdravookhraneniі (Case-control studies in health care system). *Nauka i zdravookhraneniі* [Science & Healthcare]. 2015, №4. pp. 5-17. [in Russian].

8. Dudareva Yu.A., Gur'eva V.A. Otsenka sostoyaniya shhitovidnoi zhelezy u zhenshhin, nakhodivshihся v zone radiatsionnogo vozdeistviya, i ikh potomkov v dvukh pokoleniyakh [Evaluation of the state of the thyroid gland in women living in the radiation exposure zone and their descendants in two generations]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, №10. pp. 9-13. [in Russian].

9. Espenbetova M.Zh., Zamanbekova Zh.K., Uvataeva Zh.S., Sarsebaeva G.S., Shaikhina A.T., Sembaeva G.K., Taratutina O.V. Sostoyanie shhitovidnoi zhelezy u naseleniya raionov, prilegayushhikh k byvshemu semipalatinskomu ispytatel'nomu yadernomu poligonu [The state of the thyroid gland in the population of the areas adjacent to the former Semipalatinsk nuclear test site]. *Nauka i zdravookhraneniі* [Science & Healthcare]. 2014, №5. pp. 28-32. [in Russian].

10. Ivanovskii Yu.A. Radiatsionnyi gormezis. Blagopriyatny li malye dozy ioniziruyushhei radiatsii? [Radiation hormesis. Are small doses of ionizing radiation favorable?] *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk* [Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences]. 2006, №6. pp. 86-91. [in Russian].

11. Kandror V.I. Molekulyarno-geneticheskie aspekty tireoidnoi patologii [Molecular-genetic aspects of thyroid pathology]. *Problemy endokrinologii* [Problems of endocrinology]. 2001. T. 47, № 5. pp. 3-10. [in Russian].

12. Kienya A.I., Mel'nik V.A. Status vegetativnoi nervnoi sistemy sel'skikh detei Gomel'skogo regiona v postchernobyl'skii period [Status of the autonomic nervous system of rural

children in the Gomel region in the post-Chernobyl period]. *Problemy zdorov'ya i ekologii* [Problems of health and ecology]. 2004. № 1. pp. 30–34. [in Russian].

13. Kostryukova N.K., Karpin V.A. Biologicheskie efekty malykh doz ioniziruyushhego izlucheniya [Biological effects of low doses of ionizing radiation]. *Sibirskii meditsinskii zhurnal (Irkutsk)* [Siberian Medical Journal (Irkutsk)]. 2005, №4. pp. 17-22. [in Russian].

14. Naumova G.I. Vliyanie malykh doz ioniziruyushhei radiatsii na vegetativnyuyu sistemu cheloveka [Influence of small doses of ionizing radiation on the human vegetative system]. *Zdravookhranenie* [Health care]. 1999. № 1. pp. 31–33. [in Russian].

15. Paramonova N.S. Lyalikov S.A. Autoimmunitet i gormonal'nyi status u detei iz ekologicheskii neblagopoluchnykh raionov [Autoimmunity and hormonal status in children from ecologically unfavorable areas]. Aktual'nye problemy nauchnogo obespecheniya sanitarno-epidemicheskogo blagopoluchiya naseleniya i puti ikh realizatsii: sbornik materialov Plenuma, Minsk, 27 aprelya 2000 g. Minsk. 2000. pp. 125-126. [in Russian].

16. Paramonova N.S. Antitiroidnye antitela i patologiya shhitovidnoi zhelezy (obzor literatury) [Antithyroid antibodies and thyroid pathology (literature review)]. *Zhurnal GGMU* [Journal of the SMU.]. 2005b № 3. pp. 9-11. [in Russian].

17. Petunina N.A. Osobennosti terapii zabolevaniy shhitovidnoi zhelezy u patsientov s kardial'noi patologiei [Features of therapy of thyroid diseases in patients with cardiac pathology]. *Russkii medicinskii zhurnal* [Russian Medical Journal]. 2005, № 13 (28). pp. 1927-1932. [in Russian].

18. Pelevina I.I., Aleshchenko A.V., Antoshhina M.M. Reaktsiya populyatsii kletok na obluchenie v malykh dozakh [The reaction of a population of cells to irradiation in small doses]. *Radiatsiya. Biologiya. Radioekologiya* [Radiation. Biology. Radioecology]. 2003. T. 43, № 2. pp.161–166. [in Russian].

19. Pivina L.M., Belikhina T.I. Optimizatsiya lecheniya arterial'noi gipertenzii pri gipotireoze u lits, podvergshikhsya radiatsionnomu vozdeistviyu [Optimization of the treatment of arterial hypertension in hypothyroidism in persons

exposed to radiation]. *Meditsina i farmakologiya: elektronnyi nauchnyi zhurnal* [Medicine and pharmacology: electronic scientific journal]. 2014. № 3 (4). [in Russian].

20. Pivina L.M., Batenova G.B., Kurumbaev R.R., Kerimkulova A.S., Markabaeva A.M., Kaskabaeva A.Sh. Kharakteristika komorbidnoi endokrinnoi i serdechno-sosudistoi patologii u potomkov lits, podvergshikhsya radiatsionnomu vozdeistviyu [Characteristics of comorbid endocrine and cardiovascular pathology in descendants of persons exposed to radiation]. *Nauka i zdavookhranenie* [Science & Healthcare]. 2013, №3. pp. 13-19. [in Russian].

21. Safonova V.Ju., Safonova V.A. Biologicheskoe vliyanie malykh doz radiatsii, aspekty bezopasnosti [Biological impact of small doses of radiation, safety aspects]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University]. 2011. T.3, №1. pp. 308-310. [in Russian].

22. Suskov I.I., Kuz'mina N.S. Problema indutsirovannoi genomnoi nestabil'nosti v detskom organizme v usloviyakh dlitel'nogo deistviya malykh doz radiatsii [The problem of induced genomic instability in the child's organism under the long-term effect of small doses of radiation]. *Radiatsiya. Biologiya. Radioekologiya* [Radiation. Biology. Radioecology]. 2003. T. 43, № 2. pp.150–152. [in Russian].

23. Cyb A.F., Matveenko E.G., Nestaiko G.V., Gorobec V.F. Postradiatsionnyi gipotireoz (nauchnyi obzor) [Post-radiation hypothyroidism (scientific review)]. *Radiatsiya i risk* [Radiation and Risk]. 1997, №10. pp. 61-83. [in Russian].

24. Cyb A.F., Matveenko E.G., Gorobets V.F., Borovikova M.P., Temnikova E.I., Gorobets N.Ja. Dinamika morfofunktsional'nogo sostoyaniya shhitovidnoi zhelezy u vnutritrobnno obluchennykh detei iz yugo-zapadnogo regiona Kaluzhskoi oblasti v techenie pervogo desyatiletia posle chernobyl'skoi avarii [Dynamics of the morphofunctional state of the thyroid gland in intra-uterine exposed children from the southwestern region of the Kaluga region during the first decade after the Chernobyl accident]. *Radiatsiya i risk* [Radiation and Risk]. 2001, № 12. pp. 42-47. [in Russian].

25. Cheshik I.A., Nikonovich S.N., Mel'nov S.B. Antropometricheskii i endokrinnyi status devochek 9–13 let, prozhivayushhikh v chernobyl'skikh regionakh Gomel'skoi oblasti [Anthropometric and endocrine status of girls 9–13 years living in the Chernobyl regions of the Gomel region]. *Problemy zdorov'ya i ekologii* [Problems of health and ecology]. 2007. № 3. pp. 83–88. [in Russian].
26. Cheshik I.A., Shesterina E.K., Kovalenko V.V., Mel'nik V.A. Konstitutsional'nye osobennosti detei i podrostkov, postoyanno prozhivayushhikh v usloviyakh khronicheskogo nizkodozovogo radiatsionnogo vozdeistviya, kak diagnosticheskie kriterii ikh zdorov'ya (obzor literatury) [The constitutional features of children and adolescents permanently living in conditions of chronic low-dose radiation exposure, as diagnostic criteria for their health (literature review)]. *Problemy zdorov'ya i ekologii* [Problems of health and ecology]. 2011, № 3. pp. 32–36. [in Russian].
27. Yarmonenko S.P. Nizkie urovni izlucheniya i zdorov'e: radiobiologicheskie aspekty [Low levels of radiation and health: radiobiological aspects]. *Meditinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'* [Medical Radiology and Radiation Safety]. 2000. T. 45, № 3. pp. 5–32. [in Russian].
28. Akleyev AV. Chronic radiation syndrome among residents of the Techa riverside villages. *Radiat Prot Dosimetry*. 2012. Vol. 151(4). P. 689–695.
29. Spitz D.R., Hauer-Jensen M. Ionizing radiation-induced responses: where free radical chemistry meets redox biology and medicine // *Antioxid Redox Signal*. 2014. Vol. 20(9). P. 1407–1409.
30. Azzam E.I., Colangelo N.W., Domogauer J.D., Sharma N., de Toledo S.M. Is ionizing radiation harmful at any exposure? An echo that continues to vibrate. *Health Physics*. 2016, Vol. 110, Number 3. C. 249–251.
31. Gencer B., Collet T.H., Virgini V., Bauer D.C., Gussekloo J., Cappola A.R. et al. Subclinical thyroid dysfunction and the risk of heart failure events: An individual participant data analysis from 6 prospective cohorts. *Circulation*. 2012. Vol. 126. P. 1040–1049.
32. Grosche B., Land C., Bauer S., Pivina L.M., Abylkassimova Z.N., Gusev B.I. Fallout from nuclear tests: health effects in Kazakhstan. *Radiat Environ Biophys*. 2002. DOI 10.1007/00411-001-0136-1
33. Grosche B., Lackland D.T., Land C.E., Simon S.L., Apsalikov K.N., Pivina L.M., Bauer S., Gusev B.I. Mortality from cardiovascular diseases in the Semipalatinsk historical cohort, 1960–1999, and its relationship to radiation exposure. *Radiat Res*. 2011. Vol. 176, №5. P. 660–669.
34. Kawano N., Hirabayashi K., Matsuo M., Hiraoka T., Hoshi M., Apsalikov K., Muldagaliev T. Direct Experiences from the Nuclear Explosions in Inhabitants near Semipalatinsk Nuclear Test Site. *13th Hiroshima International Symposium. 4th Dosimetry workshop on the Semipalatinsk Nuclear Test Site Area*. 2008. P. 24.
35. Klein I., Danzi S. Thyroid disease and the heart. *Circulation*. 2007. Vol. 116. P. 1725–1735.
36. Little MP. A review of non-cancer effects, especially circulatory and ocular diseases. *Radiat Environ Biophys*. 2013. Vol. 52. P. 435–449.
37. Oganessian N.M., Davidian N.R., Gevorkian E.G., Karapetian A.G., Miridzhanian M.I., Asrian K.V. Delayed medical consequences of the Chernobyl accident in Armenia. Assessment of life quality and accelerated biological aging of accident liquidators. *Radiats Biol Radioecol*. 2011. Vol. 51(1). P. 91–100.
38. Ostroumova E., Brenner A., Oliynyk V., McConnell R., Robbins J., Terekhova G., Zablotska L., Likhtarev I., Bouville A. and Hatch M., Subclinical hypothyroidism after radioiodine exposure: Ukrainian-American cohort study of thyroid cancer and other thyroid diseases after the Chernobyl accident (1998–2000). *Environ Health Perspect*. 2009. Vol. 117. P. 745–750.
39. Pelevina I., Gotlib V., Konradov A. 20 years after Chernobyl accident—is it a lot or not for the estimation its characteristics? *Radiats Biol Radioecol*. 2006. Vol. 46(2). P. 240–247.
40. Peters K.O., Tronko M., Hatch M., Oliynyk V., Terekhova G., Pfeiffer R.M., Shpak V.M., McConnell R.J., Drozdovitch V., Little P., Factors associated with serum thyroglobulin in Ukrainian cohort exposed to iodine-131 from the accident at the Chernobyl Nuclear Plant. *Environ Res*. 2017. Vol. 156. P. 801–809.
41. Prasad K.N., Cole W.C., Hasse G.M. Health risks of low dose ionizing radiation in humans: a review. *Exp Biol Med (Maywood)*. 2004. Vol. 229(5). P. 378–382.

42. Rahu K., Bromet E.J., Hakulinen T. et al. Noncancer morbidity among Estonian Chernobyl cleanup workers: a register-based cohort study. *BMJ Open*. 2014. Vol.4. e004516.

43. Ron E., Brenner A. Non-malignant thyroid diseases after a wide range of radiation exposures. *Radiat Res*. 2010. V.174 (6). P. 877-888.

44. Tharmalingam S., Sreetharan S., Kulesza A.V., Boreham D.R., Tai T.C. Low-Dose Ionizing Radiation Exposure, Oxidative Stress and Epigenetic Programming of Health and Disease. *Radiat Res*. 2017.188(4.2). P.525-538.

45. Stepanova I.I., Berezovs'kyi V.I., Kolpakov I.E., Kondrashova V.H., Lytvynets' O.M. Endothelium dependent vascular reactivity and autonomic homeostasis in children living in radiation-contaminated areas. *Lik Sprava*. 2013. Vol. (2). P.32-38.

46. *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2008 report to the General Assembly with scientific annexes, volume II, scientific annex D: health effects due to radiation from the Chernobyl accident.* New York: United Nations, 2011.

Контактная информация:

Пивина Людмила Михайловна – ассоциированный профессор кафедры скорой медицинской помощи Государственного медицинского университета города Семей.

Почтовый адрес: Республика Казахстан, 071407, г. Семей, ул. Киевская 8.

E-mail: semskluda@rambler.ru

Телефон: +77055227300