

- Russian [Materialy Plenuma NS po ekologii i gigiene okruzhayushchey sredy RF «Metodologicheskie problemy izucheniya, otsenki i reglamentirovaniya khimicheskogo zagryazneniya okruzhayushchey sredy i ego vliyaniya na zdorov'e naseleniya»]. Moscow; 2015. (in Russian)
- Heroux M.E., Braubach M., Korol N., Krzyzanowski M., Paunovic E., Zastenskaya I. The main conclusions of the medical aspects of Air Pollution: Projects: projects REVIHAAP и HRAPIE WHO /EC. *Gigiena i sanitariya*. 2013; 92(6): 9–14. (in Russian)
 - Bazdyrev E.D., Barbarash O.L. Ecology and cardiovascular disease. *Ekologiya cheloveka*. 2014; (5): 53–9. (in Russian)
 - Tabakaev M.V., Artamonova G.V. The impact of air pollution particulate matter on the incidence of cardiovascular diseases among the urban population. *Vestnik RAMN*. 2014; (3-4): 55–60. (in Russian)
 - Sumenko V.V., Boev V.M., Lebed'kova S.E., Roshchupkin A.N. The health status of children, depending on the level and nature of anthropogenic pollution. *Gigiena i sanitariya*. 2012; 91(1): 67–9. (in Russian)
 - Kiku P.F., Gorburokova T.V. Ecological and hygienic factors in the Primorsky Territory and circulatory system diseases among the population. *Gigiena i sanitariya*. 2010; 89(6): 15–8. (in Russian)
 - Pinigin M.A. Hygienic bases of assessment of ambient air pollution. *Gigiena i sanitariya*. 1993; 72(7): 4–8. (in Russian)
 - Guidelines for assessment of health risk when exposed to chemicals, environmental pollutants. Moscow: Federal center of sanitary inspection Ministry of health of Russia; 2004. (in Russian)
 - Komarov Yu.M., ed. *Manual on Statistics in Medicine and Biology [Rukovodstvo po statistike v meditsine i biologii]*. Vol. 1-2. Moscow: Meditsina; 2001. (in Russian)
 - Zakharchenko M.P., Maymulov V.G., Shabrov A.V. *Diagnosis in Preventive Medicine [Diagnostika v profilakticheskoy meditsine]*. St. Petersburg: MFIN; 1997. (in Russian)
 - Apanasenko G.L., Popova L.A. *Medical Valueology [Meditsinskaya valeologiya]*. Rostov-na-Donu: Feniks; 2000. (in Russian)
 - Mosteller R.D. Simplified Calculation of Body Surface Area. *N. Engl. J. Med.* 1987; 317(17): 1098.
 - Baranov A.A., Shcheplyagina L.A., eds. *Physiology of Growth and Development of Children and Adolescents (Theoretical and Clinical Issues): A Guide for Physicians: in 2 vol. [Fiziologiya rosta i razvitiya detey i podrostkov (teoreticheskie i klinicheskie voprosy): rukovodstvo dlya vrachev: v 2 t.]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2006. (in Russian)
 - Zilov V.G., Smirnov V.M. *The Physiology of Children and Adolescents: a Tutorial [Fiziologiya detey i podrostkov: uchebnoe posobie]*. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2008. (in Russian)
 - Sabir'yanov A.R., Sabir'yanova E.S., Voznitskaya O.E. Modern features of morphofunctional state of the rural and urban primary school children. *Pediatrics. Zhurnal imeni G.N. Speranskogo*. 2006; 85(5): 105–7. (in Russian)
 - Katul'skaya O.Yu., Efimova N.V., Katul'skiy Yu.N. Comprehensive assessment of the functionality of the cardiovascular system of children of an industrial city. *Gigiena i sanitariya*. 2008; 87(6): 56–9. (in Russian)

Поступила 15.01.16

Принята к печати 04.10.16

© КИСЕЛЕВ С.М., 2017

УДК 614.876:546.296

Киселев С.М.

ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ МЕТОДОЛОГИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ОБЛУЧЕНИЯ РАДОНОМ

ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123182, Москва

В работе представлен современный взгляд на проблему облучения населения радоном и дочерними продуктами распада радона, отражена роль авторитетных международных организаций в формировании научных и методологических аспектов регулирования в области защиты населения от основного компонента природного облучения. Представлены предложения о совершенствовании регулирования радиационной защиты населения России от радона.

Ключевые слова: радон; регулирование; национальный план действий; МКРЗ; НКДАР; МАГАТЭ; ВОЗ.

Для цитирования: Киселев С.М. Формирование современной методологии регулирования защиты населения от облучения радоном. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(1): 52-56. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-52-56>

Kiselev S.M.

FORMATION OF MODERN METHODOLOGY OF THE REGULATION OF PROTECTION POPULATION FROM RADIATION WITH RADON

State Research Center – A. I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA of Russia, Moscow, 123182, Russian Federation

This paper presents a contemporary view on the issue of public exposure to radon and its progenies, reflects the role of international organizations in shaping the scientific and methodological aspects of regulation of public radiological protection against inert radioactive gas. Proposals for improving the regulatory issues concerning public protection against radon are considered.

Key words: radon; regulation; national action plan; ICRP; UNSCEAR; IAEA; WHO.

For citation: Kiselev S.M. Formation of modern methodology of the regulation of protection population from radiation with radon. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(1): 52-56. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-52-56>

For correspondence: Sergey M. Kiselev, MD, PhD, leading of the Laboratory of Radiation Communal Hygiene of the State Research Center – A. I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA of Russia, 123182, Moscow, Russian Federation. E-mail: sergbio@gmail.com

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 22 September 2015

Accepted: 17 November 2015

Для корреспонденции: Киселев Сергей Михайлович, канд. биол. наук, вед. науч. сотр., ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123182, Москва. E-mail: sergbio@gmail.com

Введение

Хотя исторически с радоновой опасностью столкнулись шахтеры еще в XV веке, фактическое формирование современной методологии регулирования защиты от облучения радоном берет свое начало с пятидесятих годов прошлого века. В силу достаточно хорошо известных причин именно в этот период началось интенсивное изучение влияния различных источников ионизирующего излучения на организм человека. Современные знания в этой области свидетельствуют о том, что основной вклад в облучение населения в настоящее время вносят природные источники, среди которых основными являются радон и торон. Оценка среднегодовых доз облучения населения от природных источников в среднем по земному шару составляют 2,4 мЗв/год, что превышает в 4 раза дозы облучения населения от техногенных источников, которые в среднем оцениваются в 0,6 мЗв/год [1, 2].

Формирование методологии вначале было направлено на регулирование защиты от облучения радоном шахтеров, так как было установлено, что пролонгированное внутреннее облучение организма радоном является одним из ключевых факторов развития у них рака легкого. Однако предположение о том, что радон представляет опасность только для шахтеров урановых рудников, оказалось ошибочным.

Проводимые с начала пятидесятих годов прошлого века измерения концентраций радона в жилых помещениях привели в последующем к пониманию того, что облучение радоном в помещениях может быть очень значительным, а в ряде случаев даже сравнимым с облучением рабочих в подземных шахтах. Накопленные сведения стали основой интенсивного развития в начале 70-х годов прошлого века эпидемиологических исследований по оценке эффектов облучения населения радоном в жилых помещениях. Полученные в ходе этих исследований многочисленные данные, свидетельствующие об опасности облучения радоном населения в жилищах, вызвали необходимость проведения их научной оценки, результаты которой были положены в основу разработки адекватной стратегии радиационной защиты от его воздействия не только шахтеров, но и населения.

Деятельность ведущих международных организаций, их роль в формировании концепций радиационной защиты населения

В настоящее время в мире сложилась довольно стройная система оценки влияния ионизирующих излучений на организм человека и последующего формирования на их основе концепций радиационной защиты населения. В этом процессе задействованы, в первую очередь, такие авторитетные организации как Научный комитет по действию атомной радиации ООН (НКДАР ООН), Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ), Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ).

Разработка современной методологии регулирования защиты населения от облучения радоном осуществлялась в определенной последовательности. Всемирная организация здравоохранения рассмотрела радоновую проблему с позиций общественного здравоохранения, а научный комитет по действию атомной радиации ООН дал научную оценку уровней и эффектов воздействия радона на здоровье населения. Результаты этой деятельности стали основой для пересмотра Международной комиссией по радиологической защите предыдущих рекомендаций по радону, а для МАГАТЭ – разработки соответствующих международных стандартов безопасности. Подготовка документов ВОЗ, НКДАР ООН, МКРЗ и МАГАТЭ по проблеме радона осуществлялась в тесном взаимодействии с другими международными организациями, такими как ОАЭ ОЭСР, ЮНЭП, МКРЕ, ФАО, МОТ и др.

Роль ВОЗ и ее деятельность по изучению проблемы воздействия радона на организм человека

Всемирная организация здравоохранения является направляющей и координирующей инстанцией в области здравоохранения в рамках системы Объединенных Наций. Она несет ответственность за обеспечение ведущей роли при решении проблем глобального здравоохранения, установление медицинских норм и стандартов, разработку политики в области охраны здоровья. ВОЗ определяет направления научных исследований в области здравоохранения и стимулирует сбор, освоение и распространение ценных знаний, обеспечивает техническую поддержку стра-

нам, а также контроль за ситуацией в области здравоохранения и оценку динамики ее изменения.

В 1979 г. ВОЗ, рассматривая результаты европейской рабочей группы по качеству воздуха в закрытых помещениях, впервые отметила влияние на последствия для здоровья воздействия радона в жилых помещениях [3]. В 1988 г. Международное агентство по исследованию рака отнесло радон к соединениям, классифицируемым как канцероген для человека [4]. В 1993 г. Всемирной организацией здравоохранения был организован международный семинар, в котором приняли участие ученые и эксперты по радону из Европы, Азии и Северной Америки. На семинаре были сделаны первые шаги по обсуждению унифицированного подхода к вопросам регулирования облучения радоном и информирования общественности о связи облучения радоном с риском для здоровья населения [5].

В последующие десятилетия изучение эффектов воздействия радона на здоровье человека получило довольно интенсивное развитие. Были проведены исследования в Европе, Северной Америке и Китае [6–8], которые позволили впервые провести прямую оценку риска для населения без необходимости экстраполяции параметров риска, полученных в исследованиях среди шахтеров. Во многих странах были инициированы мероприятия по снижению риска для здоровья от воздействия радона в жилых помещениях.

Результаты развития «радоновой проблемы» были проанализированы в рамках Международного радонового проекта, который был инициирован ВОЗ в 2005 г. [4]. В нем приняли участие эксперты различных организаций из более 40 государств-членов ВОЗ.

В рамках проекта была изучена связь заболеваемости раком легкого с облучением в жилищах на основе анализа результатов мировых эпидемиологических исследований, выполненных методом «кей-контроль» и проведен объединенный анализ данных. Основным итогом данной работы продемонстрировал наличие канцерогенного эффекта воздействия радона при уровнях объемной активности радона в жилищах, не превышающих 50–100 Бк/м³. Было отмечено, что облучение радоном увеличивает риск заболевания раком легкого для всего населения. Причем большинство радон-индуцированных раков легкого обусловлены скорее пролонгированным воздействием низких и средних концентраций радона, нежели высоких. Доля радон-индуцированных случаев рака легкого в общей структуре данной патологии находится в диапазоне от 3 до 14% [4].

По итогам выполненного в 2005–2008 гг. Международного радонового проекта в 2009 г. было подготовлено и издано Руководство ВОЗ по радону в жилищах [9]. Руководство ориентировано на оценку воздействия радона в жилищах с точки зрения общественного здоровья. В документе рассмотрены современные средства и методы измерения радона в воздухе помещений, а также стратегии мер противорадоновой защиты, направленные на снижение его концентраций при строительстве как новых, так и существующих зданий. Особое место в публикации уделено вопросам повышения информированности общественности о радоновых рисках, поскольку до настоящего времени проблема радона недостаточно известна населению и политикам.

На основании изложенного можно констатировать, что роль Всемирной организации здравоохранения в изучении проблемы радона состоит в том, что она впервые дала оценку его опасности как вредного для здоровья фактора окружающей среды и предложила мероприятия по первичной профилактике возникновения заболеваний, связанных с воздействием радона, находящегося в атмосферном воздухе жилых помещений.

Роль НКДАР ООН и его деятельность по научной оценке воздействия радона на население

Научный комитет по действию атомной радиации ООН, учрежденный Организацией Объединенных Наций в 1955 г. в соответствии с предоставленным мандатом осуществляет научную оценку уровней и эффектов воздействия ионизирующего облучения на здоровье человека и окружающую среду и периодически издает отчеты. Эти публикации представляют современную научную точку зрения по рассматриваемой проблеме, которая вырабатывается на заседаниях Комитета ведущими учеными и экспертами мирового сообщества на основании анализа результатов научных публикаций. Правительствам и организациям во

во всем мире предписано полагаться на оценки НКДАР ООН в качестве научной основы для оценки радиационного риска и разработки мер защиты.

НКДАР ООН периодически рассматривал публикации об источниках радона и эффектах его воздействия на организм человека, научные оценки которых опубликованы в отчетах, представляемых Генеральной Ассамблее ООН [1, 2, 10, 11].

Современные научные оценки НКДАР ООН, связывающие риск рака легкого с воздействием радона и продуктов его распада, приведены в докладе Генеральной Ассамблее ООН «Эффекты ионизирующего излучения», который был опубликован в 2008 г. [1]. В нем проанализированы эпидемиологические исследования, с помощью которых была установлена связь рака легкого с облучением вдыхаемого радона с позиции, учитывающей многофакторный характер данного заболевания. При этом была проведена детальная научная оценка качества доказательной базы эпидемиологических исследований, на основе которой была установлена связь рака легкого с облучением радона.

НКДАР ООН в своем отчете отмечает, что рак легкого – наиболее распространенное злокачественное заболевание и ведущая причина смерти от рака во всем мире. При этом подчеркивается, что главной причиной заболевания является табакокурение, а также указывается на связь его возникновения с воздействием не только радона, но и асбеста, загрязнением воздуха, диетой и рядом других факторов. Комитет отмечает, что их учет требует особого внимания при оценке роли и места радона как одного из многих факторов возникновения рака легкого. Наряду с указанными факторами принципиальное значение имеет всесторонняя оценка особенностей эпидемиологических исследований, с помощью которых была установлена связь рака легкого с облучением вдыхаемого радона. Этому вопросу в докладе НКДАР ООН 2008 г. посвящен отдельный раздел. В нем изложен современный взгляд Комитета на критерии качества и оценки неопределенностей эпидемиологических исследований, используя которые НКДАР ООН проанализировал оценки риска рака легкого при облучении радона в домашних условиях, выполненные методом случай–контроль различными исследователями, начиная с 90-х годов прошлого века. В результате проведенных исследований НКДАР ООН согласился с тем, что существует положительная связь между риском рака легкого и объемной активностью радона в жилищах (дополнительный относительный риск (ДОР) 0,06–0,09 на 100 Бк/м³). Однако при рассмотрении этих результатов Комитет отметил, что статистическая мощность эпидемиологических исследований различна вследствие влияния таких факторов, как размер выборки и качество данных, среди которых приоритетное место занимают неопределенности в оценке экспозиции и эффектов курения (активного и пассивного). Комитет также отметил, что уменьшение влияния этих неопределенностей было достигнуто при анализе объединенных европейских [6], североамериканских [7] и китайских эпидемиологических исследований [8]. На основании анализа эпидемиологических данных, стратифицированных по возрасту, региону проживания и привычкам к курению был сделан вывод, что «объединенные анализы эпидемиологических исследований» облучения радона в жилищах четко демонстрируют риски рака легкого от домашнего облучения радона и дают прямую основу для оценки риска в домах от такого облучения. НКДАР ООН также считает, что «в настоящее время представляется обоснованным принять оценку S. Darby и соавт. [6] с поправкой на случайные погрешности определения объемных активностей радона, а именно: величину избыточного относительного риска (ИОР) – 0,16 (95% ДИ: 0,05; 0,31) на 100 Бк/м³, как подходящую, возможно консервативную, оценку (пожизненного) риска от радона в жилищах».

По результатам данного доклада в 2009 г. НКДАР ООН было сделано заявление на сессии Генеральной Ассамблеи ООН о том, что есть установленное прямое доказательство, подтверждающее обнаруживаемый риск рака легкого для населения от радона в жилищах [12].

Эта научная оценка используется международными организациями, предметом деятельности которых является разработка рекомендаций и стандартов безопасности в области радиационной защиты населения от воздействия радона.

Рекомендации МКРЗ по регулированию радиационной защиты населения от облучения радона

Международная комиссия по радиологической защите является независимой международной организацией, которая основываясь на научных оценках НКДАР ООН, разрабатывает, поддерживает и развивает рекомендации в области международной системы радиационной защиты. Указанные рекомендации используются во всем мире в качестве общей основы для создания стандартов радиационной защиты, а также разработки законодательных актов, руководящих принципов, программ и практических мероприятий, направленных на предотвращение онкологических, а также других заболеваний и негативных последствий, связанных с воздействием ионизирующего излучения на организм человека и окружающую среду. Несмотря на то что МКРЗ не имеет формального права навязывать кому-либо свои предложения, практическое законодательство в большинстве стран в основном следует ее рекомендациям.

Международная комиссия по радиологической защите, учитывая результаты Международного радонового проекта ВОЗ и научные оценки НКДАР ООН, выпустила в 2010 г. 115 Публикацию «Риск возникновения рака легкого при облучении радона и продуктами его распада» [13]. В ней проанализированы эпидемиологические исследования, с помощью которых была установлена связь рака легкого с облучением вдыхаемого радона с позиции управления рисками облучения населения от данного компонента природного облучения. В результате было показано, что при облучении радона в жилищах номинальный риск возникновения легочной онкопатологии в два раза превышает аналогичный показатель, рекомендованный в публикации 65 [14]. Опираясь на результаты эпидемиологических исследований, МКРЗ выпустило заявление по радону (Порто, 2009), в котором рекомендовало снизить нормируемые значения по объемной активности радона в жилищах [13].

Принимая во внимание результаты эпидемиологических исследований, а также необходимость разработки современных подходов к управлению рисками от радона, основанных на новой системе радиационной защиты, постулированной в публикации МКРЗ 103 [15], Комиссия подготовила новые рекомендации по радиологической защите населения от радона взамен изложенных в публикации 65 МКРЗ (1993). Современная методология регулирования радоновой проблемы изложена в новой публикации 126 МКРЗ «Радиологическая защита от радона» [16]. Принципы регулирования данной ситуации облучения базируются на установлении референтных уровней и применении принципа оптимизации при принятии и реализации соответствующих мер защиты. При этом современная стратегия регулирования защиты населения от радиоактивного газа должна быть направлена на снижение как индивидуальных рисков от радона для наиболее облучаемых лиц, так и общего коллективного риска для всего населения. Значимое снижение коллективной дозы облучения населения радона в помещениях, сопровождающееся заметным уменьшением радон-индуцированной онкологической заболеваемости, может быть достигнуто при планомерном снижении общего уровня облучения радона в жилищах. Учитывая комплексность и масштабность данной проблемы, МКРЗ рекомендует правительствам рассмотреть целесообразность разработки национальной стратегии по защите населения от радона с учетом значимости данной проблемы в отдельно взятой стране.

Для реализации национальной стратегии Комиссия рекомендует странам разработать национальный план действий, рассчитанный на долгосрочный период его реализации.

Таким образом, международная комиссия по радиологической защите, основываясь на результатах всестороннего анализа накопленной информации о рисках возникновения легочной патологии от облучения радона в жилищах, предложила современный подход по управлению риском от основного компонента природного облучения. Суть его заключается в формировании системного подхода в обеспечении радонобезопасности населения, ориентированного на долгосрочную перспективу его реализации, выражающуюся в значимом снижении радон-индуцированной онкологической заболеваемости.

Деятельность МАГАТЭ в области регулирования защиты населения от радона

Международное агентство по атомной энергии является самостоятельной международной организацией, созданной в 1957

году в рамках ООН для развития международного сотрудничества в области мирного использования атомной энергии.

Одним из приоритетных направлений деятельности МАГАТЭ является разработка международных стандартов безопасности. Они отражают международный консенсус в понимании того, что составляет высокий уровень безопасности для защиты людей и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения. Учитывая, что основной вклад в облучение населения в настоящее время вносят природные источники, среди которых радон занимает первостепенное значение, МАГАТЭ в последнее время уделяет существенное внимание совершенствованию методологии регулирования радионной проблемы. Эта деятельность основывается на научных оценках НКДАР ООН, и также документах ВОЗ и современных рекомендациях МКРЗ.

Формально основные элементы регулирования защиты населения от облучения радоном представлены в требовании 50 Основных стандартов безопасности (ОСБ) МАГАТЭ [17]. В последней редакции ОСБ отмечается, что правительства государств-членов МАГАТЭ должны предоставлять информацию о радоне в помещении и связанными с ним рисками для здоровья, установить соответствующие референтные уровни (РУ), а также, при необходимости, подготовить и внедрить план действий по контролю облучения населения радоном в жилищах. В развитие этих требований ОСБ МАГАТЭ в сотрудничестве с ВОЗ впервые выпустило в 2014 г. руководство «Защита населения от облучения радоном и другими природными источниками излучения в помещении» (SSG 32) [18]. Изложенные в нем положения по контролю облучения радоном в жилищах в целом согласуются с рекомендациями МКРЗ. Они основываются на применении универсального подхода, направленного на управление зданием или местом, где существует ситуация облучения индивидуума радоном, независимо от предназначения здания и типа его обитателей. Для жилых, общественных помещений и классических рабочих мест рекомендуется установить единый референтный уровень в единицах объемной активности радона не более 300 Бк/м³. Численные значения референтного уровня, предлагаемые МАГАТЭ, отличаются от рекомендуемых ВОЗ [9]. ВОЗ рассматривает содержание радона в помещениях на уровне 100 Бк/м³ в качестве приемлемого для сведения к минимуму опасности для здоровья. Позиция МАГАТЭ по регулированию облучения на классических рабочих местах носит более прагматичный характер по сравнению с подходами МКРЗ [16]. Рабочие места делят на две категории. К первой группе относятся общественные учреждения, в которых время нахождения населения и обслуживающего персонала (работников) сопоставимы (школы, больницы). Ко второй группе относятся рабочие места с малым временем пребывания населения (офисы, библиотеки, магазины, кинотеатры и т.д.). В учреждениях первого типа предлагается установление референтного уровня (РУ) как в жилых помещениях – 300 Бк/м³. На рабочих местах, относящихся ко второй категории, рекомендуется установить РУ – 1000 Бк/м³, учитывая временные различия нахождения людей на работе и дома. В том случае, если, несмотря на все разумные усилия по снижению воздействия радона, облучение на рабочем месте превышает РУ по дозе в 10 мЗв/год (МКРЗ, МАГАТЭ) или 6 мЗв/год (Еврокомиссия [19]), то работники переводятся в категорию профессионально облучаемых лиц. Регулирование облучения в данном случае осуществляется с применением принципов защиты в ситуации планируемого облучения.

Наряду с методическими аспектами регулирования, в руководстве изложена методология применения принципов обоснования и оптимизации защиты при рассмотрении вопросов контроля облучения населения от природных источников излучения национальным регулятором. Определены необходимые условия принятия национальной радионной стратегии, а также рассмотрены основные элементы национального плана действий, разрабатываемого в развитие утвержденной стратегии на государственном уровне. В развитие методической базы радионных исследований агентство в 2014 г. подготовило документ «Национальные и региональные обследования концентраций радона в жилищах: обзор методологии и измерительной техники» [20]. Документ определяет методологию проведения выборочных репрезентативных обследований в стране для определения мас-

штабов проблемы и определения последующей позиции по формированию национальной радионной стратегии.

Таким образом, разработанные МАГАТЭ международные стандарты безопасности и руководства, в которых отражены современные взгляды на методологию регулирования защиты населения от радона, дают возможность организовать в национальном масштабе долговременную деятельность по снижению радионной опасности, что в конечном итоге позволит снизить уровень смертности от радон-индуцированных раков легкого. Для внедрения современных подходов к регулированию защиты населения от радона МАГАТЭ организовало всестороннюю поддержку государствам-членам, которая реализуется в формате совместных с МАГАТЭ региональных проектов. Под эгидой МАГАТЭ и ЕС были выполнены на основе опросов представителей более 27 стран в основном Восточной и 18 стран Западной Европы проекты [21, 22], направленные на изучение лучших практик проведения измерений концентраций радона и картирования территорий, а также осуществления превентивных и реабилитационных мероприятий. По результатам этих проектов в странах Европейского союза осуществляется предметная деятельность по совершенствованию нормативно-правовой базы, установлению референтных уровней, информированию общественности, межведомственному взаимодействию, профилактическим мерам и корректирующим действиям, протоколам измерений радона. Эта деятельность направлена на оперативное выполнение Директивы ЕС, предусматривающей обязательное принятие к 2018 г. национальных планов действий [19].

Для России использование современных рекомендаций и руководств ВОЗ, МКРЗ и МАГАТЭ должно быть, в первую очередь, направлено на межведомственную консолидацию усилий по совершенствованию регулирования радиационной защиты населения от воздействия радона для достижения главной цели радионной стратегии – снижение радон-индуцированной смертности от рака легкого. Первым шагом в этом направлении может быть организация межведомственной радионной конференции с участием всех заинтересованных министерств и ведомств при обязательном участии представителей региональных органов власти. Можно полагать, что подготовка и последующие ее решения позволят, основываясь на современной методологии регулирования защиты населения от облучения радоном и результатах более чем двадцатилетней деятельности, осуществляемой в стране в этой области, усовершенствовать или разработать новые реальные механизмы действенного осуществления практических мероприятий по снижению доз природного облучения населения России как основы будущего национального плана действий.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (п.п. 1–12, 14, 17–22 см. References)

- Жуковский М.В., Киселев С.М., Губин А.Т., ред. *Публикация 115 Международной Комиссии по радиологической защите (МКРЗ) 2010 г.* Перевод с английского. М.: Издательство «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России»; 2013.
- Киселев М.Ф., Шандала Н.К., ред. *Публикация 103 Международной Комиссии по радиологической защите (МКРЗ).* Перевод с английского. М.: ООО ПКФ «Алана»; 2009.
- Жуковский М.В., Киселев С.М., Ярмошенко И.В., ред. *Публикация 126 Международной Комиссии по радиологической защите (МКРЗ) 2014 г.* Перевод с английского. М.: Издательство «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России»; 2015.

References

- Sources and Effects of Ionizing Radiation. Volume I: Sources; Volume II: Effects. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. New York: United Nations; 2000.
- Sources and Effects of Ionizing Radiation. Volume I: Sources; Volume II: Effects. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. New York: United Nations; 2008.
- WHO. Indoor air quality research: report on a WHO meeting, Stockholm, 27–31 August 1984. Stockholm: World Health Organization; 1984.

4. IARC Monographs of the Evaluation Carcinogenic Risks to Humans. Man-made Mineral Fibres and Radon. Volume 43. Lyon, France; 1988.
5. Emilie van Deventer. Invited lecture: National radon programmes: Where are we now? In: *Materials of the 7th Conference of Protection against Radon at Home and at Work*. Prague; 2013.
6. Darby S., Hill D., Auvinen A., Barros-Dios J.M., Baysson H., Bochicchio F. et al. Radon in homes and lung cancer risk: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ*. 2005; 330(7485): 223.
7. Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M., Alavanja M., Catalan V.S., Field R.W. et al. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case-control studies. *Epidemiology*. 2005; 16(2): 137–45.
8. Lubin J.H., Wang Z.Y., Boice J.D.Jr., Xu Z.Y., Blot W.J., De Wang L. et al. Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. *Int. J. Cancer*. 2004; 109(1): 132–7.
9. World Health Organisation (WHO). Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective. Geneva: WHO Press; 2009.
10. United Nations. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1977 Report to the General Assembly, with annexes. New York: United Nations; 1977.
11. United Nations. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 1988 Report to the General Assembly, with annexes. New York: United Nations; 1988.
12. Effects of exposure to radon gas, UNSCEAR briefing note. New York: United Nations; 2009.
13. Tirmarche M., Harrison J.D., Laurier D., Paquet F., Blanchardon E., Marsh J.W. et al. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. ICRP Publication 115. *Ann. ICRP*. 2010; 40(1): 1–64.
14. Protection against radon-222 at home and at work. A report of a task group of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 65. *Ann. ICRP*. 1993; 23(2): 1–45.
15. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann. ICRP*. 2007; 37(2-4): 1–332.
16. Lecomte J.F., Solomon S., Takala J., Jung T., Strand P., Murith C. et al. ICRP Publication 126: Radiological Protection against Radon Exposure. *Ann. ICRP*. 2014; 43(3): 5–73.
17. International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Interim edition. No. GSR Part 3, IAEA. Vienna; 2011.
18. International Atomic Energy Agency. IAEA safety standards for protecting people and the environment Protection of the Public against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation, IAEA. Vienna; 2014.
19. Radon requirements in Council Directive 2013/59/Euratom. *Official J. Eur. Union*. 2014; L13: 1–73.
20. International Atomic Energy Agency. National and Regional Surveys of Radon Concentration in Dwellings: Review of Methodology and Measurement Techniques IAEA/AQ/33, IAEA. Vienna; 2014.
21. International Atomic Energy Agency. Technical Cooperation Project Region Europe TC EU RER/9/127, «Establishing Enhanced Approaches to the Control of Public Exposure to Radon» IAEA. Vienna; 2014.
22. RADPAR Project Recommendations on Radon Prevention and Remediation (including responses from 13 European countries). Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities; 2012.

Поступила 22.09.15
Принята к печати 17.11.15

Гигиена труда

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 613.644:616-018.74

Землянова М.А.¹⁻³, Зайцева Н.В.^{1,2}, Кирьянов Д.А.^{1,2}, Шляпников Д.М.¹, Лебедева Т.М.⁴

БИОМАРКЕРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННО ОБУСЛОВЛЕННОЙ ЭНДОТЕЛИАЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ У РАБОТНИКОВ РУДОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ ШУМА

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь;

²ГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», 614990, Пермь;

³ГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский технический университет», 614048, Пермь;

⁴ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 614990, Пермь

Представлены методологические подходы к обоснованию биомаркеров негативных эффектов (на примере эндотелиальной дисфункции) у работников селвинитового рудобогажительного производства в условиях длительной экспозиции шума на уровне 85–95 дБА. Апробация методики показала, что у работников основных специальностей профессиональный риск по критерию класс условий труда (3.1–3.3) оценивается от умеренного до непереносимого. Гипертоническая болезнь является заболеванием с высокой степенью профессиональной обусловленности (RR 8,69, DI 2,53–29,83; EF 88,49%). Эндотелиальная дисфункция, патогенетически связанная с развитием гипертонической болезни, имеет высокую степень профессиональной обусловленности по показателям сниженного уровня К-чувствительности плечевой артерии к напряжению и снижению уровня относительного прироста ее диаметра. Биомаркерами эндотелиальной дисфункции (по показателю снижения относительного прироста диаметра плечевой артерии) являются повышенный уровень в сыворотке крови относительно физиологической нормы ТТГ, МДА, интерлейкина-10, липопротеина (а). Обоснованные биомаркеры негативного эффекта позволяют расширить доказательную базу производственной обусловленности патологического процесса у работников на индивидуальном и групповом уровне при установленной экспозиции шума.

Ключевые слова: производственные факторы риска; шум; биомаркеры; негативные эффекты; эндотелиальная дисфункция; причинно-следственные связи.

Для цитирования: Землянова М.А., Зайцева Н.В., Кирьянов Д.А., Шляпников Д.М., Лебедева Т.М. Биомаркеры производственно обусловленной эндотелиальной дисфункции у работников рудобогажительных производств в условиях длительной экспозиции шума. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(1): 56–62. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-56-62>

Для корреспонденции: Землянова Марина Александровна, зав. отд. биохимических и цитогенетических методов диагностики, д.м.н., доцент, ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь. E-mail: zem@fcrisk.ru