

Гигиена окружающей среды и населенных мест

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2018

УДК 614.876:546.296

Киселёв С.М.¹, Стамат И.П.², Маренный А.М.³, Ильин Л.А.¹

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ОБЛУЧЕНИЯ РАДОНОМ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

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

²ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева», 197101, Санкт-Петербург;³ФГУП Научно-технический центр радиационно-химической безопасности и гигиены ФМБА России, 123182, Москва

В год экологии, объявленный указом Президента Российской Федерации от 05.01.16г. № 7, авторы считают актуальным ознакомить научную общественность с существом относительно малоизвестной в России «проблемы радона» и ещё раз обратить внимание на необходимость её решения. Рассматривая эволюцию взглядов на эффекты облучения человека радоном, проанализированы связанные с этим изменения подходов к регулированию защиты населения при воздействии этого радиоактивного газа естественного происхождения. В аспекте таковых изменений рассмотрена радоновая ситуация в России, проанализированы достигнутые результаты и накопленные проблемы, а также предложены новые подходы к системному решению «радоновой проблемы». Приведены основные направления деятельности по совершенствованию принятой в России стратегии по снижению облучения населения радоном в свете современных рекомендаций МКРЗ, ВОЗ и МАГАТЭ.

Ключевые слова: радон; радоновая стратегия; МАГАТЭ; МКРЗ; ВОЗ; НКДАР ООН.

Для цитирования: Киселёв С.М., Стамат И.П., Маренный А.М., Ильин Л.А. Обеспечение защиты населения от облучения радоном. Проблемы и пути решения. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(2): 101-110. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-2-101-110>

Для корреспонденции: Киселёв Сергей Михайлович, зав. лаб., канд. биол. наук ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. E-mail: sergio@gmail.com

Kiselev S.M.¹, Stamat I.P.², Marenny A.M.³, Ilyin L.A.¹

PROVISION OF THE PUBLIC RADIOLOGICAL PROTECTION AGAINST RADON EXPOSURE. CHALLENGES AND RESOLUTIONS

¹State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA of Russia, Moscow, 123182, Russian Federation;²Professor P.V. Ramzaev Saint-Petersburg Scientific Research Institute of Radiation Hygiene, Saint-Petersburg, 197101, Russian Federation;³Research and Technical Center of Radiation-Chemical Safety and Hygiene of the Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, 123182, Russian Federation

In the Year of Ecology, announced by the Russian President in the Decree №7, 05/01/16, the authors aim both to draw the attention of the scientific community to the public radiological protection issues concerning radon exposure in Russia and to recognize the necessity of their resolution. Taking into account the modern scientific evidence on the health impacts of radon and its progenies, the changes of the regulatory approaches to public radiation protection are analyzed. Considering modern challenges in the radon control the current state of affairs in Russia is reviewed. The achieved results in public radiation protection in Russia and new challenges are discussed taking into account new WHO, ICRP and IAEA recommendations. The potential means to improve the current national radon strategy are considered.

Key words: radon; national radon strategy; Russian regulatory experience; IAEA; ICRP; WHO; UNSCEAR.

For citation: Kiselev S.M., Stamat I.P., Marenny A.M., Ilyin L.A. Provision of the public radiological protection against radon exposure. Challenges and resolutions. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(2): 101-110. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-2-101-110>

For correspondence: Sergey M. Kiselev, PhD, Head of RSLS Laboratory of the Department of Public Radiation Protection of the A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Centre, Moscow, 123182, Russian Federation. E-mail: sergio@gmail.com

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.*Acknowledgment.* The study had no sponsorship.

Received: 03 July 2017

Accepted: 18 October 2017

Введение

Современные радиоэкологические исследования по оценке влияния естественной радиации на организм человека привели к пониманию того, что основной вклад в облучение населения вносят природные источники ионизирующего излучения (ПИИИ), среднегодовые дозы от которых в среднем по земному шару составляют 2,4 мЗв [1, 2] (по России – 3,4 мЗв [3, 4]). При этом основной вклад в дозу облучения населения при воздействии ПИИИ (от 50 до 90%) вносят радон и дочерние продукты его распада [1 – 4]. Изучение путей

миграции радона показало, что он способен накапливаться в помещениях, создавая в них значительные концентрации, длительное воздействие которых вызывает негативные последствия для здоровья человека. Впервые на это обратила внимание Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), рассматривая в 1979 году результаты деятельности европейской рабочей группы по качеству воздуха в закрытых помещениях [5].

Изотопы радона поступают в атмосферу из верхних слоёв земной поверхности вследствие распада дочерних продуктов урана и тория, которые присутствуют в различных породах

Таблица 1

Среднегодовые уровни объёмной активности радона в жилищах*

Страна	Среднегодовые уровни (Бк/м ³)
Албания	–
Австрия	97
Бельгия	48
Хорватия	68
Кипр	19
Чехия	140
Дания	53
Эстония	60
Финляндия	120
Франция	63
Германия	50
Греция	55
Венгрия	–
Ирландия	89
Италия	70
Латвия	–
Литва	55
Люксембург	115
Мальта	40
Нидерланды	23
Норвегия	89
Польша	49
Румыния	45
Сербия-Черногория	144
Словакия	108
Словения	87
Испания	90
Швеция	108
Швейцария	77
Великобритания	20

Примечание. *<http://www.interflow.co.uk/overview-radon-surveys-europe/>

земной коры, например, в гранитах, фосфоритах и т. п. Другой путь поступления радона в атмосферу помещений связан с эксхалацией его из строительных материалов, которые содержат повышенные концентрации радия. Проникая в закрытые помещения, радон способен при определённых условиях накапливаться в жилых домах и общественных зданиях, подвергая находящихся в них людей облучению. Концентрации и потоки радона крайне неравномерны и зависят как от геолого-географических характеристик природной среды и климатических условий, так и от конструкции зданий и систем их вентиляции.

Последствия облучения людей радонном газом были установлены задолго до открытия этого газа и вначале были обнаружены у шахтеров и работников ряда других производств [6]. Современные оценки эффектов при его длительном воздействии подтверждают причинную связь между вдыханием радона и дочерних продуктов его распада (ДПР), приводящих к облучению лёгочной ткани человека, и наблюдаемым увеличением частоты заболевания раком лёгкого [2, 7–12]. При этом воздействие радона и ДПР на органы дыхания в

сочетании с табачным дымом приводит к возрастанию онкогенного эффекта [8].

По данным ВОЗ, в зависимости от среднего значения объёмной активности (ОА) радона в стране доля радон-индуцированных раков лёгкого лежит в диапазоне от 3 до 14% от общего числа всех раков лёгкого [8]. По информации Агентства по охране окружающей среды США, из общего числа 146400 случаев смерти от рака лёгкого в 1995 г. 21100 (14%) случаев были отнесены к воздействию радона внутри помещений [www.epa.gov/radon]. Согласно оценкам смертности от радон-индуцированного рака лёгкого, в Норвегии ежегодно погибают около 300 человек [13], в Чехии – 900 [14], в Финляндии – 300 [15], во Франции – от 1234 до 2913 [16], в Ирландии – от 150 до 200 [17]. В целом радон как инициатор развития рака лёгкого стоит на втором месте после курения [8].

Эволюция подходов к регулированию радоновой проблемы

По мере развития представлений об эффектах облучения радоном последовательно изменялись подходы международных организаций к регулированию радиационной безопасности населения при его воздействии. Исторически первые публикации Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) были посвящены рекомендациям в области обеспечения безопасности персонала урановых рудников, основанные на установлении ограничений ингаляционного поступления радиоактивного газа в организм шахтёров [18–20]. По мере накопления сведений о существенном вкладе радона в облучение не только шахтёров, но и населения была предложена концепция, в основу которой положен единый подход к регулированию защиты населения при облучении радоном как в жилищах, так и на рабочих местах, впервые сформулированный в рекомендациях Публикации 65 МКРЗ [21]. Их суть состояла в необходимости защиты наиболее облучаемых групп населения путём установления уровней действия по ОА радона (600 Бк/м³ в жилищах и 1500 Бк/м³ на рабочих местах), превышение которых диктовало необходимость принятия мер по снижению его содержания. Таким образом, в Публикации 65 МКРЗ была установлена граница между опасным и безопасным воздействием радона и его ДПР.

Руководствуясь рекомендациями данной публикации, в мире начинают интенсивно разрабатываться национальные стратегии по снижению облучения населения этим радиоактивным газом. Их основу составляли мероприятия по измерению ОА радона в помещениях, выявлению районов с повышенным его содержанием (радоноопасных районов), картированию территорий, а также проведению превентивных мер при строительстве новых зданий и корректирующих действий по реабилитации существующих помещений с повышенным содержанием радона. В итоге во многих странах были оценены среднегодовые уровни ОА радона и выявлены радоноопасные районы [22, 23]. В качестве примера в табл. 1 представлены сведения о среднегодовых уровнях ОА радона в странах Западной Европы.

Наряду с реализацией указанных мероприятий получили развитие эпидемиологические исследования по изучению эффектов при облучении радоном в жилищах. Мотивирующим стимулом для их развития во многом стало то обстоятельство, что в рекомендациях Публикации 65 МКРЗ оценка рисков от воздействия радона для населения была основана на результатах эпидемиологических исследований когорт шахтёров урановых рудников, которые по ряду известных причин не могут быть перенесены на население. Эти многолетние исследования, проведённые в Европе, Северной Америке и Китае, позволили впервые получить прямые оценки риска рака лёгкого при облучении населения радоном в жилищах без необходимости экстраполяции его параметров, полученных в исследованиях среди шахтёров [24–28].

ВОЗ в рамках Международного радонового проекта [29, 30] провела объединённый анализ полученных данных, основным итогом которого продемонстрировал наличие канце-

рогенного эффекта воздействия радона при уровнях его ОА в жилищах, не превышающих 50–100 Бк/м³ [8]. Научным комитетом по действию атомной радиации ООН (НКДАР ООН) была осуществлена научная оценка новых данных, которая позволила сделать вывод о том, что «в настоящее время представляется обоснованным принять оценку Darby с соавт. [24, 25] избыточного относительного риска, равную 0,16 на 100 Бк/м³ как подходящую, возможно, консервативную оценку пожизненного риска от радона в жилищах». На основании этих результатов в 2009 г. НКДАР ООН сделал заявление на сессии Генеральной Ассамблеи ООН о том, что есть прямое доказательство, подтверждающее обнаруживаемый риск рака лёгкого для населения от радона в жилищах [31].

Эти новые данные кардинально изменили существовавшие представления об уровне радоновой опасности и, в конечном итоге, привели к пониманию, что основная философия, заложенная в основу действующих национальных радоновых стратегий, нуждается в существенной переработке. По сравнению с ранее существовавшими взглядами снижение концентраций радона в помещениях только в случае превышения уровней действия, рекомендованных в Публикации 65 МКРЗ, создаёт неверное представление о безопасности его воздействия ниже этого уровня [32, 33]. Адекватный ответ на сложившуюся ситуацию представляет гораздо более сложную проблему и предусматривает решение двух взаимосвязанных ключевых задач. Первая направлена на уменьшение доли лиц, подвергающихся неприемлемо высоким индивидуальным рискам, связанным с радоном, вторая – на уменьшение среднего значения индивидуального радонового риска для всего населения страны. Плановое решение обеих задач позволит достичь конечной цели радоновой стратегии – снизить заболеваемость и смертность населения от радон-индуцированных раков лёгкого.

Новые эпидемиологические данные стали основой для изменения взглядов МКРЗ в области защиты населения от облучения этим радиоактивным газом. В 2010 г. МКРЗ выпустила Публикацию «Риск возникновения рака лёгкого при облучении радоном и продуктами его распада» [32], в которой значение номинального риска возникновения лёгочной онкопатологии при облучении радоном в жилищах увеличено в 2 раза по сравнению с аналогичным показателем, представленным в Публикации 65 МКРЗ. В 2014 г. была издана Публикация 126 МКРЗ «Радиационная защита от облучения радоном» [34], рекомендации которой базируются на положениях новой системы радиационной защиты, постулированной в Публикации 103 МКРЗ, в рамках которой ситуация облучения населения радоном относится к ситуации существующего облучения. Принципы регулирования этой ситуации предполагают вместо уровней действия установление референтных уровней по объемной активности радона с реализацией мер радиационной защиты в соответствии с принципом оптимизации [35].

Основываясь на современных оценках НКДАР ООН пожизненного риска от воздействия радона в жилищах, а также новых рекомендациях МКРЗ, в 2014 г. МАГАТЭ совместно с ВОЗ выпустили руководство SSG 32 «Защита населения от облучения радоном и другими природными источниками излучения в помещениях» [36]. В документах МКРЗ, ВОЗ и МАГАТЭ [8, 34 – 36] предложено решать радоновую проблему на основе долгосрочной национальной стратегии, реализация которой должна осуществляться в рамках наци-



Рис. 1. Комплекс мероприятий национального плана действий [23, 34].

ональных планов действий, включающих комплекс взаимосвязанных мероприятий. Комплексность предложенного подхода наглядно иллюстрирует рис. 1.

Новые рекомендации ВОЗ, МКРЗ и МАГАТЭ инициировали во многих странах пересмотр существующих и принятие новых радоновых стратегий и долговременных национальных планов действий [23]. В соответствии с Директивой Евроатома 2013/59 от 17. 01. 2014 г. государства-члены Евро-союза в течение четырех лет должны будут разработать национальные планы действий и принять их к 06. 02. 2018 г. [37].

Радоновая ситуация в России. От накопленных проблем к поиску путей их решения

В Российской Федерации история исследований ПИИИ с целью оценки их воздействия на население насчитывает почти 50 лет. Она началась с масштабного изучения содержания естественных радионуклидов в природном строительном сырье практически всех основных месторождений СССР и сопровождалась разработкой первых нормативов и ряда инструктивно-методических документов [38 – 40]. В этот же период в стране начались первые исследования уровней облучения населения ПИИИ в производственных и коммунальных условиях. И уже в 1990 г. за несколько лет до выхода в свет Публикации 65 МКРЗ был принят первый нормативный документ – Временные критерии [40], призванный ограничить облучение населения за счёт внешнего излучения природных радионуклидов в среде обитания и содержания изотопов радона в воздухе помещений. Издание Публикации 65 МКРЗ, ставшее официальным признанием мировым сообществом ведущей роли радона в облучении населения ПИИИ, в определенной мере способствовало интенсификации масштабов измерительных программ по оценке содержания радона внутри помещений на территории отдельных субъектов РФ. Однако кардинальным решением в области обеспечения радиационной безопасности населения при воздействии радона стало утверждение «Федеральной целевой программы снижения уровней облучения населения России и производственного персонала от природных радиоактивных источников на 1994–1996 гг.» (ФЦП «Радон»). [41].

Принятие ФЦП «Радон» имело принципиальное значение, поскольку оно выражало отношение федеральной власти к данной проблеме. Поданный на государственном уровне

«сигнал» об актуальности радоновой проблемы ориентировал соответствующие федеральные и региональные органы власти на совершенствование деятельности по снижению облучения населения этим радиоактивным газом. В отличие от большинства национальных программ в зарубежных странах ФЦП «Радон» с самого начала формировалась как комплексная программа. Её основу составили разработанные на базе программно-целевого планирования мероприятия, а координация межведомственного взаимодействия федеральных и региональных органов власти при их выполнении осуществлялась на государственном уровне. Научное руководство было возложено на Дирекцию программы, возглавляемую известным отечественным учёным, стоящим у истоков радоновой проблемы, профессором Э.М. Крисиюком [43–45]. В состав Дирекции вошли представители различных ведомств, специалисты в области радиационной гигиены, физики, геологи, строители, медики.

По своему содержанию, тематической полноте и широте охвата запланированные мероприятия ФЦП «Радон» определили ключевые положения предложенных позже рекомендаций международных организаций по содержанию национальных планов действий по радону, разрабатываемых в настоящее время различными странами. В рамках ФЦП «Радон» предусматривалось развитие аппаратно-методического и метрологического обеспечения радоновых измерений, выполнение адресных программ радиологических обследований территорий с повышенным содержанием радона и построение карты потенциальной радоноопасности страны. Посредством отдельных мероприятий планировалась разработка инженерно-строительных технологий по снижению содержания изотопов радона в воздухе зданий, а также выполнение эпидемиологических исследований и мер по снижению неблагоприятных медицинских последствий облучения населения и др. В целом ряде субъектов РФ на основе единого подхода [46, 47] были разработаны, утверждены и постепенно стали реализовываться региональные целевые программы.

К сожалению, большинство из намеченных мероприятий Федеральной целевой программы было выполнено лишь частично, а накопленный опыт в области координации деятельности и межведомственного взаимодействия не получил должного развития, так как вскоре (уже в 1996 г.) из-за отсутствия финансирования программа была закрыта.

Тем не менее утверждение Программы «Радон» позволило объединить усилия специалистов многих научных и научно-практических организаций в решении задач, направленных на ограничение воздействия ПИИИ. В 1990-е годы была создана практически полная линейка отечественной аппаратуры для всех видов радоновых измерений. Были разработаны основные подходы и методические документы к обеспечению радонобезопасности вводимых в эксплуатацию зданий [48–60]. На основе геофизических данных была создана первая карта потенциальной радоноопасности территории России [55].

Деятельность в рамках ФЦП «Радон» сыграла свою роль при разработке отечественной законодательной и нормативной базы регулирования радиационной безопасности населения, основные положения которой также формировались с учётом Публикации 65 МКРЗ и действующих в тот период стандартов безопасности МАГАТЭ.

Особо следует отметить принятие в 1996 г. Федерального закона «О радиационной безопасности населения» [61], где впервые было указано на необходимость соблюдения установленных нормативов, обеспечивающих радиационную безопасность населения при воздействии ПИИИ (включая радон). В последующем были приняты законы «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», «Градостроительный кодекс Российской Федерации», «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [62–64]. Эти законы включали положения, в соответствии с которыми должны быть учтены требования по ограничению

облучения населения ПИИИ при выборе земельных участков, проектировании, строительстве и вводе в эксплуатацию зданий, радиационному контролю стройматериалов, а также к санитарно-гигиеническим условиям проживания в жилых помещениях. Во исполнение положений этих законов утверждены «Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99/2009) [65], «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010) [66] и «Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счёт природных источников ионизирующего излучения» (СанПиН 2.6.1.2800-10) [67], которые имплементируют их требования в практику регулирования.

Результаты этой деятельности были учтены при формировании «Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2010 г. и дальнейшую перспективу», утверждённых Президентом РФ в 2003 г. [68], которые можно рассматривать в качестве радоновой стратегии страны. В них были закреплены требования о необходимости «организовать и провести широкомасштабные обследования в целях выявления жилых и производственных помещений, характеризующихся неприемлемо высокими уровнями облучения радоном и продуктами его распада, организовать осуществление защитных мероприятий, разработать систему нормативных документов, сформировать необходимую информационно-аналитическую базу и обеспечить её ведение». Таким образом, основу радоновой стратегии страны составляли рекомендации по защите наиболее облучаемых групп населения, что соответствовало положениям Публикации 65 МКРЗ, установившим границу между опасным и безопасным воздействием радона.

Сформированная законодательная и нормативная база регулирования ПИИИ, а также «Основы государственной политики...» определили в последующем основные направления реализации радоновой стратегии. Координация этих работ на федеральном уровне после закрытия ФЦП «Радон» осуществлялась в рамках отдельных мероприятий, включённых с 2000 г. в федеральные целевые программы «Ядерная и радиационная безопасность России» и «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 г. и на период до 2015 г.». Однако эти мероприятия носили фрагментарный характер.

В конечном итоге деятельность по решению радоновой проблемы стала осуществляться в рамках региональных радоновых программ субъектов РФ, а также полномочий отдельных министерств и ведомств в сфере обеспечения радиационной безопасности. В соответствии с указанными полномочиями функции по контролю и надзору в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения возложены на Роспотребнадзор, под эгидой которого были проведены мероприятия по оценке национальных масштабов радоновой проблемы, развитию нормативно-методической базы регулирования ПИИИ и контролю доз облучения населения радоном, а также по организации надзора в данной сфере.

Оценка национальных масштабов радоновой проблемы на основе репрезентативного обследования жилых помещений на территории всей страны, как это принято в мире, в силу социально-экономических причин была практически невыполнимой задачей. Эта проблема была решена на основе ежегодного систематического сбора данных об уровнях облучения населения за счёт естественного и техногенно изменённого радиационного фона по всем субъектам Российской Федерации. Сбор данных осуществлялся в рамках Единой государственной системы контроля и учёта индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД), созданной соответствующим решением Правительства Российской Федерации [69], обязательной радиационно-гигиенической паспортизации организаций и территорий [70], а также социально-гигиенического мониторинга [71]. Полученные сведения передавались в Федеральный банк данных по индивидуальным

дозам облучения граждан, создаваемым естественным радиационным и техногенно измененным радиационным фоном (ФБДОПИ), организованный при НИИ радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева. В течение чуть более десяти лет в ФБДОПИ была создана комплексная база данных об уровнях облучения населения ПИИИ (в том числе радоном). Однородность всей информации обеспечивалась представлением сведений по единой отчётной форме федерального статистического наблюдения (№ 4-ДОЗ) и внедрением на федеральном и региональном уровнях единого программного и структурно-методического обеспечения.

Постепенное накопление информации ФБДОПИ позволило оценить масштабы радоновой проблемы как для страны в целом, так и для каждого субъекта Российской Федерации, а также создать на этой основе карту потенциальной радоноопасности территории всех субъектов Российской Федерации (кроме г. Севастополя и Республики Крым), которая изображена на рис. 2.

Важно также отметить, что выявленные масштабы радоновой проблемы позволили установить степень радиационной безопасности населения, проживающего в каждом субъекте РФ, которая оценивалась в соответствии с установленной ОСПОРБ-99/2010 градацией. Согласно этому документу при суммарных эффективных дозах облучения от всех основных ПИИИ менее 5 мЗв/год степень радиационной безопасности населения считается приемлемой, при дозах свыше 5 до 10 мЗв/год – повышенной, а при дозах более 10 мЗв/год – высокой. Основываясь на этих критериях, по информации ФБДОПИ, для 10,2% населения страны (около 14,4 млн чел.) облучение природными источниками является повышенным, а для 0,78% (около 1,1 млн чел.) – высоким. Практически всё население, которое подвергается повышенному (свыше 5 мЗв/год) и высокому (свыше 10 мЗв/год) облучению природными источниками излучения, проживает на территории 17 субъектов РФ с общей численностью населения около 30 млн чел. [23]. При этом в двух субъектах РФ отмечаются наиболее высокие уровни природного облучения, что во многом обусловлено геолого-географическими и геофизическими особенностями данных территорий. Это Республика Алтай (средние дозы облучения жителей близки к 10 мЗв/год) и Еврейская АО (средние дозы природного облучения жителей составляют около 7,0 мЗв/год) [72, 73]. Кроме того, на территории отдельных субъектов Российской Федерации выявлено более 50 групп жителей численностью от нескольких десятков человек до нескольких тысяч человек, дозы природного облучения которых составляют 20 – 30 мЗв/год и более [23]. А средние дозы облучения жителей г. Балеи, Забайкальского края только за счёт радона в воздухе помещений составляют около 13 мЗв/год, достигая для отдельных групп жителей 100 мЗв/год и выше [74, 75]. Целесообразно отметить, что даже на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС, вклад изотопов радона в воздухе помещений, по данным ФБДОПИ, остаётся наиболее высоким и составляет около 50% и более от суммарных доз облучения населения от всех источников излучения [4, 23].

Отдавая должное значимости проведённой работы, следует отметить актуальность дальнейшего совершенствования созданной в ФБДОПИ уникальной базы данных, которая, на наш взгляд, должно развиваться поэтапно. Сначала необходимо перейти от накопления информации в рамках ЕСКИД по форме № 4-ДОЗ по результатам мгновенных из-

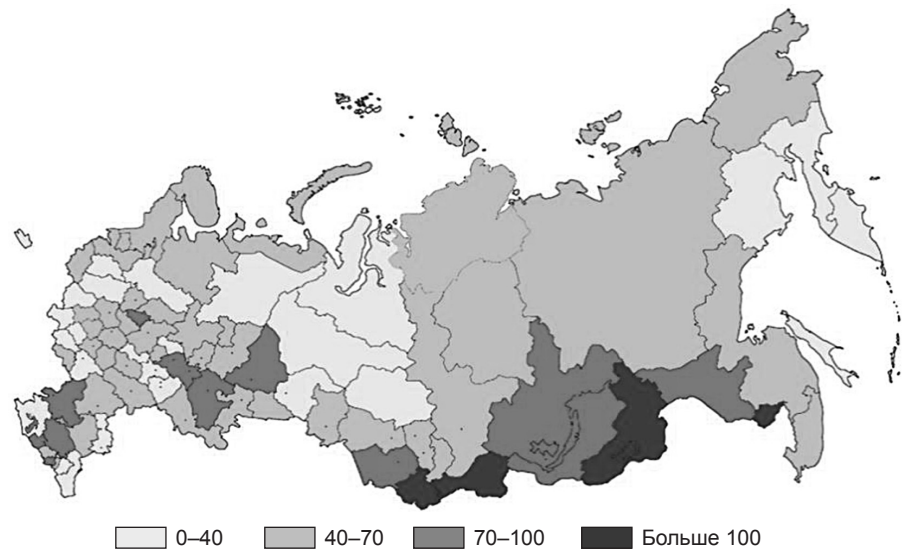


Рис. 2. Распределение субъектов Российской Федерации в зависимости от среднегодовых значений ОА (Бк/м³) [23].

мерений концентрации радона к сбору сведений, основанных на выборочных репрезентативных сезонных измерениях ОА радона в помещениях интегральными методами, а в последующем приступить к картированию территорий и созданию Российского атласа естественной радиации. Преимущества такой используемой во всём мире организации обследований позволяют последовательно выявлять жилые и производственные помещения, характеризующиеся неприемлемо высокими уровнями облучения радоном и продуктами его распада. В Российской Федерации подобные обследования отдельных территорий выполнялись в рамках научных исследований нескольких организациями [75 – 88]. По нашей оценке, общее количество таких измерений, проведённых за все годы, составляет не более 35 – 40 тыс. по всей стране (меньше, чем в Австрии или Ирландии). Накопленные таким образом сведения должны аккумулироваться в ФБДОПИ и региональных банках данных, а их использование даст возможность предметно осуществлять адресные защитные мероприятия при строительстве новых и реабилитации существующих зданий на основе оценок соответствия установленным в НРБ-99/2009 нормативам. Эти нормативы определяют допустимые уровни радиоактивного газа в воздухе помещений для коммунальных (раздельно для строящихся и эксплуатируемых зданий) и производственных (рабочие места) условий. Их количественные значения, принятые в Российской Федерации и рекомендованные международными организациями, в сравнительном аспекте представлены в табл. 2.

Следует подчеркнуть, что указанные в табл. 2 для Российской Федерации значения в единицах ОА являются пересчитанными. Это связано с тем, что, в отличие от принятого в мире, отечественное нормирование ведётся по среднему значению эквивалентной равновесной объёмной активности (ЭРОА) изотопов радона в воздухе: $ЭРОА_{Rn} + 4,6 \times ЭРОА_{Tn}$. При пересчёте ЭРОА радона в ОА радона в воздухе значение коэффициента радиоактивного равновесия между радоном и дочерними продуктами его распада принято равным 0,5.

Кроме того, важно отметить, что в табл. 2 рекомендованные международными организациями нормативы являются референтными уровнями (кроме Публикации 65 МКРЗ). Они установлены в соответствии с новой системой радиационной защиты, постулированной в Публикации 103 МКРЗ [35] и рекомендациях МАГАТЭ [36], согласно которой ситуация облучения населения радоном относится к ситуации существующего облучения. Принципы регулирования данной ситуации облучения базируются на установлении референтных

Таблица 2

Значения допустимых уровней ОА радона в воздухе помещений в Российской Федерации и рекомендованные международными организациями

Международные организации	Нормативы		Российская Федерация	Нормативы	
	Жилые помещения	Рабочие места		Жилые помещения	Рабочие места
МКРЗ 65 (1993)	600	1500	КПР (1991)	200/400*	—
ВОЗ (2009)	100	—	НРБ-96 (1996)	200/400*	620**
МКРЗ 126 (2014)	300	300	НРБ-99 (1999)	200/400*	620**
МАГАТЭ (2014)	300	1000	НРБ-99/2009 (2009)	200/400*	620**
ЕВРОАТОМ (2014)	300	300	ОСПОРБ-99/2010	200/400*	300/600***

Примечание. * – Числитель – проектируемые жилые и общественные здания, знаменатель – эксплуатируемые здания. ** – Представленное значение является пересчитанным, так как нормативы по ОА для производственных зданий до 2010 г. не были установлены. Нормируемой величиной является годовая эффективная доза облучения работников ПИИИ в производственных условиях. Пересчет проведен, исходя из того, что ЭРОА изотопов радона в воздухе на уровне 310 Бк/м³ (ОА – 620 Бк/м³) соответствует эффективной дозе 5 мЗв/год при монофакторном воздействии, времени работы 2000 ч. в течение года и интенсивности дыхания 1,2 м³/ч. *** – Числитель – проектируемые производственные здания, в знаменатель – эксплуатируемые здания.

уровней и применении принципа оптимизации при принятии и реализации соответствующих мер защиты. Механизм реализации регулирования ситуации существующего облучения носит итерационный характер. Он заключается в планировании, организации и проведении долгосрочных мероприятий по постепенному уменьшению концентрации радона в жилищах и периодическом пересмотре референтных уровней в сторону их уменьшения. Принятые в Российской Федерации нормативы представляют собой уровни действия, характеризующие границу между опасным и безопасным воздействием радиоактивного газа.

Эти обстоятельства позволяют поставить вопрос об актуальности гармонизации нормативной базы регулирования с положениями новой системы радиационной защиты, постулированной МКРЗ и МАГАТЭ. При этом, на наш взгляд, целесообразно рассмотреть вопрос о переходе к нормированию по используемой в большинстве стран величине среднегодовой ОА радона в воздухе, вместо эквивалентной равновесной ОА.

Возможности соблюдения указанных в табл. 2 нормативов во многом определяется геолого-географическими особенностями территорий, на которых осуществляется строительство, характеристиками используемой строительной продукции и технологий, а также применением эффективных радонозащитных технологий. В соответствии с ОСПОРБ 99/2010 под строительство зданий жилищного и общественного назначения выбираются участки с мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения менее 0,3 мкЗв/ч и плотностью потока радона с поверхности грунта не более 80 мБк/(м²с). При проектировании здания на участке с мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения выше 0,3 мкЗв/ч, плотностью потока радона с поверхности грунта более 80 мБк/(м²с) в проекте должна быть предусмотрена система защиты здания от повышенных уровней гамма-излучения и радона. Требования к допустимому содержанию природных радионуклидов в строительном сырье и материалах, а также готовых строительных изделиях введены в НРБ-99/2009, а соответствующие ограничения на содержание природных радионуклидов в облицовочных изделиях и материалах – в ОСПОРБ-99/2010.

Для проверки соответствия зданий требованиям нормативов, указанным в табл. 2 (пункты 5.3.2 и 5.3.3 НРБ-99/2009), в соответствии с ОСПОРБ-99/2010 на всех стадиях строительства проводится радиационный контроль, позволяющий в конечном итоге оценить эффективность радонозащитных технологий.

Действенность радиационного контроля, как оказалось,

во многом определяется порядком его проведения, что можно проиллюстрировать на следующем примере. Проводимый в течение почти 10-ти лет в отдельных субъектах Российской Федерации (г. Санкт-Петербург и Ростовская область) [4, 89, 90] обязательный санитарный контроль соблюдения нормативов при вводе в эксплуатацию построенных зданий показал устойчивую динамику постепенного заметного снижения ЭРОА радона в воздухе сдаваемых в эксплуатацию зданий. Принятие нового Градостроительного кодекса и Технического регламента «О безопасности зданий и сооружений» [63, 64] принципиально изменило этот порядок контроля: вместо обязательного радиационного контроля введена система добровольной оценки подрядчиком соответствия объектов строительства установленным нормативам. Практика его применения (на примере Санкт-Петербурга) показала, что существовавшая тенденция снижения доз за последние 10 лет изменилась на диаметрально противоположную [91]. Следует отметить, что замена обязательного санитарного контроля декларацией подрядчика может быть особенно губительна по мере развития во всех регионах страны коттеджного, малоэтажного, а также энергосберегающего строительства. В конечном итоге это может привести к увеличению доли новых «радоноопасных» зданий. Эти факты требуют поиска «наилучших практик» в сфере обязательного или декларируемого контроля при проведении радонозащитных мероприятий при сдаче в эксплуатацию новых зданий.

Учитывая международный опыт и материалы собственных исследований, мы предлагаем современные подходы к решению радоновой проблемы в России и пути их реализации в практике отечественного регулирования. Более подробное их изложение представлено в монографии [23]. Отмечая необходимость совершенствования отдельных положений нормативно-методической базы регулирования ПИИИ, следует констатировать, что в целом по обоснованности и глубине проработки (включая в том числе наличие руководств, методических указаний, рекомендаций и т. п.) к настоящему времени в России создана достаточно эффективная система норм и требований по ограничению облучения населения радоном. Однако наличие нормативно-правовой базы регулирования является только одним из направлений деятельности по решению радоновой проблемы, которая представляет собой комплекс взаимосвязанных мероприятий, реализация которых лежит в сфере ответственности не только государственных органов власти, но и населения. Достижение прогресса в этой области является длительным процессом, в ходе которого население должно сменить возникающую при упоминании об источниках ионизирующего излучения радиофобию на осознание возможности и необходимости практической реализации мер по снижению облучения радоном, осуществление которых во многих странах мира осуществляется по принципу «сделай сам». Ответственность государства состоит в формировании долгосрочной радоновой стратегии, реализация которой должна предусматривать поэтапное решение возникающих проблем. В этом плане современный этап реализации принятой в стране радоновой стратегии можно охарактеризовать целым рядом требующих решения накопленных проблем:

- отсутствие на государственном уровне системы целевого планирования мероприятий по снижению облучения радоном, соответствующих индикаторов оценки результатов и контроля их выполнения, координации действий федеральных министерств и ведомств и региональных властей (в т. ч. подведомственных им организаций) по реализации радоновой стратегии;

- отсутствие правовой базы, стимулирующей население

на активное участие в обследовании на содержание радона в помещениях, находящихся в их собственности, и проведении при необходимости реабилитационных мероприятий (необходимость введения протокола о соответствии радоновым нормативам при обмене и продаже недвижимости, скидки при страховании жизни и здоровья и т.п.);

– необходимость гармонизации положений отечественной нормативной базы регулирования радоновой проблемы с современными рекомендациями МКРЗ и МАГАТЭ;

– предельно ограниченный масштаб региональных оценок радоноопасности жилищ на основе репрезентативных выборочных сезонных измерений концентрации радона, а также деятельности по картированию территорий;

– низкая информативность сведений о радоноопасности территорий в рамках принятой методологии сбора информации на основе мгновенных измерений;

– отсутствие единой системы учёта данных о количестве и декларируемом качестве проведённых превентивных мер при строительстве новых зданий и корректирующих действий в существующих помещениях;

– совершенно неразвитый рынок сертифицированных «радоновых» услуг в области проведения сезонных обследований зданий на содержание радона, проектирования и осуществления корректирующих мероприятий в эксплуатируемых зданиях, поставки отдельных видов оборудования для их проведения и т. д.

– ограниченное развитие коммуникационных технологий и системы информирования населения, направленных на создание атмосферы взаимодействия населения и заинтересованных лиц (экологи, врачи, строители, адвокаты и т. п.) с государственными органами власти, что в конечном итоге будет способствовать последовательному развитию культуры радиационной безопасности населения в плане чёткого осознания ими рисков, связанных с радоном, и необходимостью выполнения, в первую очередь своими силами, мероприятий по их снижению.

Однако решение этих «старых» проблем должно осуществляться с учётом новых задач, связанных с необходимостью уменьшения не только доли лиц, подвергающихся неблагоприятно высоким индивидуальным рискам, обусловленным радоном, но и уменьшением среднего значения индивидуального радонового риска для всего населения страны. Последовательное их решение позволит достичь конечной цели радоновой стратегии – снизить заболеваемость и смертность населения от радон-индуцированных раков лёгкого. Прогресс в этой деятельности во многом определяется внедрением современных рекомендаций МКРЗ, ВОЗ и МАГАТЭ [8, 34–36], в которых предложено решать радоновую проблему на основе национального плана действий. Логика этих рекомендаций диктует настоятельную необходимость разработки в Российской Федерации долгосрочной (на 15–20 лет с перспективой продления) Федеральной радоновой программы. В её основу должен быть положен комплексный подход, разработанный ВОЗ, МКРЗ и МАГАТЭ, наглядно проиллюстрированный ранее на рис. 1 [23, 34], а также результаты детального анализа накопленного отечественного и международного опыта в этой области [23, 92, 93].

Заключение

Современное состояние радоновой проблемы, суть которой состоит в создании эффективной и действенной системы обеспечения радиационной безопасности населения при воздействии такого естественного источника ионизирующей радиации, как радон, свидетельствует о необходимости внесения существенных изменений в реализацию радоновой стратегии Российской Федерации. Это обусловлено существенными изменениями представлений о рисках облучения человека радоном, которые стали базовой основой для принятия новых рекомендаций МКРЗ и МАГАТЭ в области радиационной защиты населения при длительном воздействии природных источников ионизирующего излучения.

Последовательная реализация этих рекомендаций в рамках Федеральной радоновой программы позволит достичь в нашей стране оптимальных результатов по снижению облучения населения радоном и повысить качество жизни.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература (п.п. 1, 2, 5, 8, 13-22, 24-32, 35, 36, 75, 79, 82-83, 87, 91 см. References)

- Маренный А.М., Романов В.В., Астафуров В.И., Губин А.Т., Киселёв С.М., Нефёдов Н.А. и др. Проведение обследований зданий различного назначения на содержание радона на территориях, обслуживаемых ФМБА России. *Радиационная гигиена*. 2015; 8(1): 23-9.
- Барышков Н.К., Братилова А.А., Кормановская Т.А., Кувшинников С.И., Липатова О.В., Матюхин С.В. и др. Информационный сборник Дозы облучения населения Российской Федерации в 2010 году. СПб.; 2011.
- Жуковский М.В. Радон: история и современность. Вестник Уральского отделения РАН. 2009; (4): 32-40.
- Жуковский М.В., Киселев С.М., Губин А.Т., ред. Публикация 115 МКРЗ. Риск возникновения рака лёгкого при облучении радоном и продуктами его распада. Заявление по радону. Пер. с англ. М.; 2013.
- Коломиец Л.В., ред. Публикация 50 МКРЗ. Риск заболеть раком лёгких в связи с облучением дочерними продуктами распада радона внутри помещений: Доклад группы экспертов международной комиссии по радиологической защите. Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат; 1992.
- Глушинский М.В., Крисюк Э.М. Последствия воздействия на организм радона и продуктов его распада. АНРИ. 2001; (2): 4-17.
- Ползик Е.В., Лежнин В.Л., Казанцев В.С., Ярмошенко И.В. Радон и рак. Екатеринбург; 2008.
- Мерзлякин Л.А., Маренный А.М., Бушманов А.Ю. Радон как техногенный фактор риска рака лёгких у работников горнорудного производства. В кн.: Экологическая безопасность, техногенные риски и устойчивое развитие. Тезисы Докладов 13-ой ежегодной конференции Ядерного общества России. М.; 2002: 214-7.
- Киселев С.М., Жуковский М.В., Стагат И.П., Ярмошенко И.В. Радон. От фундаментальных исследований к практике регулирования. М.; 2016.
- Жуковский М.В., Ярмошенко И.В., Киселев С.М., ред. Публикация 126 МКРЗ. Руководство по защите от облучения радоном. Пер. с англ. М.; 2015.
- Киселев С.М., Шандала Н.К., ред. Публикация 103 Международной Комиссии по радиологической защите (МКРЗ). Пер. с англ. М.; 2009.
- Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. М.; 1989.
- Крисюк Э.М. Эффективная удельная активность природных радионуклидов в материалах. АНРИ. 2001; (4): 4-8.
- Ограничение облучения населения от природных источников ионизирующего излучения. Временные критерии для принятия решения и организации контроля. М.; 1990.
- Постановление Правительства Российской Федерации № 809 «О федеральной целевой программе снижения уровня облучения населения России и производственного персонала от природных радиоактивных источников на 1994 – 1996 годы». М.; 1994.
- Крисюк Э.М. Проблема радона – ведущая проблема обеспечения радиационной безопасности населения. АНРИ. 1996; (3): 13-6.
- Крисюк Э.М. Новая стратегия обеспечения радиационной безопасности населения. АНРИ. 1998; (1): 4-11.
- Крисюк Э.М. Уровни и последствия облучения населения. АНРИ. 2002; (1): 4-12.
- Крисюк Э.М., Маренный А.М., Павлов И.В., Стагат М.В., Терентьев М.В. Методические вопросы организации и проведения радиационного контроля зданий и сооружений. АНРИ. 1996; (3): 31-6.
- Методические рекомендации по составлению и выполнению региональных целевых программ снижения уровня облучения населения и производственного персонала от природных источников ионизирующего излучения (РЦП «Радон»). М.; 1995.
- Методические рекомендации по аппаратному оснащению региональных целевых программ «Радон». М.; 1996.
- Гулабянц Л.А., Иванов С.И., Охрименко С.Е. Методологические подходы к гигиенической оценке радонобезопасности территорий застройки в г. Москве. АНРИ. 2000; (1): 24-30.
- ВМУ Р1-97. Определение плотности потока радона на участках застройки. М.; 1997.
- МГСН 2.02-97. Допустимые уровни ионизирующего излучения и радона на участках застройки. М.; 1997.
- МУК 2.6.1-96. Организация и проведение радиационного контроля в жилых и общественных зданиях. М.; 1996.
- СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. М.; 1997.
- СП-11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. М.; 1997.
- Гулабянц Л.А. Пособие по проектированию противорадоновой защиты жилых и общественных зданий. М.: ФЭН-НАУКА; 2013.

54. Жуковский М.В., Кружалов А.В., Гурвич В.Б., Ярмошенко И.В. Радоновая безопасность зданий. Екатеринбург; 2000.
55. МУ 2.6.1. 2398-08. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности. М.; 2008.
56. МУ 2.6.1. 2838-11. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности. М.; 2011.
57. МУ 2.6.1.038 – 2015. Оценка потенциальной радоноопасности земельных участков под строительство жилых, общественных и производственных зданий. М.; 2015.
58. МУ 2.6.1. 037 – 2015. Определенные среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений по результатам измерений разной длительности. М.; 2015.
59. Максимовский В.А., Харламов М.Г., Мальцев А.В., Лучин И.А., Смыслов А.А. Районирование территории России по степени радоноопасности. АНРИ. 1996; (3): 66-73.
60. Федеральный закон Российской Федерации № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения». М.; 1995.
61. Федеральный закон Российской Федерации № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». М.; 1999.
62. Федеральный закон Российской Федерации № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации». М.; 2004.
63. Федеральный закон Российской Федерации № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». М.; 2009.
64. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Санитарные правила и нормы СанПиН 2.6.1.2523-09. М.; 2009.
65. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): Санитарные правила и нормы. М.; 2010.
66. СанПиН 2.6.1.2800-10. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет источников ионизирующего излучения: Санитарные правила и нормы. М.; 2011.
67. Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2010 года и дальнейшую перспективу. М.; 2012.
68. Постановление Правительства Российской Федерации № 718 «О порядке создания единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан». М.; 1997.
69. Постановление Правительства РФ № 93 «О порядке разработки радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий (с изменениями на 10 июля 2014 года). М.; 1997.
70. Постановление Правительства Российской Федерации № 60 «Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга (с изменениями на 4 сентября 2012 года)». М.; 2006.
71. Венков В.А., Световидов А.В., Стамат И.П., Обухов И.П., Трубицын С.Э. Оценка доз облучения жителей Республики Алтай за счет содержания радона в воздухе зданий. В кн.: Гигиенические аспекты обеспечения радиационной безопасности населения на территориях с повышенным уровнем радиации: Материалы международной научно-практической конференции. СПб.; 2008: 30-2.
72. Стамат И.П., Кононенко Д.В., Световидов А.В., Венков В.А. Уровни облучения жителей Еврейской автономной области за счет радона в воздухе зданий. В кн.: Гигиенические аспекты обеспечения радиационной безопасности населения на территориях с повышенным уровнем радиации: Материалы международной научно-практической конференции. СПб.; 2008: 133-5.
73. Стамат И.П., Венков В.А., Игнатъев В.И., Головин В.В., Гевейлер И.А. К вопросу о состоянии радиационной обстановки в г. Балей Читинской области. В кн.: Радиационная гигиена: Сборник научных трудов СПб НИИРГ. СПб.; 2004: 78-82.
74. Отчет ФГУН НИИРГ. Обобщение имеющихся данных и дополнительное обследование, и оценка доз облучения жителей г. Балей Читинской области за счет природных радионуклидов. СПб.; 2006.
76. Губин А.Т., Маренный А.М., Сакович В.А., Астафуров В.И., Нефедов Н.А., Пенезев А.В. Обследование территорий, обслуживаемых ФМБА России, на содержание радона в помещениях. Медицина экстремальных ситуаций. 2012; (4): 77-88.
77. Маренный А.М., Романов В.В., Астафуров В.И., Губин А.Т., Киселев С.М., Нефедов Н.А. и др. Проведение обследований зданий различного назначения на содержание радона на территориях, обслуживаемых ФМБА России. Радиационная гигиена. 2015; 8(1): 23-9.
78. Маренный А.М., Киселев С.М., Титов А.В., Золотухина С.Б., Астафуров В.И., Дмитриев В.А. и др. Обследование города Краснокаменск на содержание радона в помещениях. Радиационная гигиена. 2013; 6(3): 47-52.
80. Маренный А.М., Нефедов Н.А., Ворожцов А.С., Верейко С.П., Кокорев П.Ф. Сезонные измерения средней объемной активности радона в помещениях г. Лермонтов. В кн.: Материалы конференции «Практика защиты населения от облучения радоном». СПб.; 1996: 30-1.
81. Маренный А.М., Мешков Н.А., Нефедов Н.А., Ворожцов А.С., Рузанов А.М., Верещагин Н.Н. Средняя объемная активность радона в жилищах районов Оренбургской области. В кн.: Материалы конференции «Практика защиты населения от облучения радоном». СПб.; 1996: 34.
84. Маренный А.М. Скрининговые исследования содержания радона в помещениях населенных пунктов. В кн.: Материалы международной научно-практической конференции «Гигиенические аспекты обеспечения радиационной безопасности населения на территориях с повышенным уровнем радиации». СПб.; 2008: 99-101.
85. Маренный А.М., Андреев Н.М., Астафуров В.И., Губин А.Т., Дмитриев В.А., Маренный М.А. и др. Интегральные измерения средней объемной активности радона в помещениях населенных пунктов Челябинской области. В кн.: Тезисы конференции «Актуальные вопросы радиационной гигиены». СПб.; 2010: 98-9.
86. Жуковский М.В., Ярмошенко И.В. Радон. Измерение, дозы, оценка риска. Екатеринбург; 1997.
88. Рамзаев П.В., ред. Дозы ионизирующего излучения у населения Российской Федерации в 1999 году: Справочник. СПб.; 2001.
89. Соловьев М.Ю., Калинин М.В., Стамат И.П. Содержание радона в воздухе вновь построенных и эксплуатируемых зданий в Ростовской области. Радиационная гигиена. 2010; 3(2): 62-6.
90. Горский Г.А., Стамат И.П. К оценке эффективности предупредительного надзора за обеспечением радиационной безопасности населения при облучении природными источниками ионизирующего излучения. Радиационная гигиена. 2008; 1(3): 41-5.
92. Рузер Л.С. Радиоактивные аэрозоли. М.: Энергоатомиздат; 2001.
93. Маренный А.М., Цапалов А.А., Микляев П.С., Петрова Т.Б. Закономерности формирования радонового поля в геологической среде. М.: Перо; 2016.

References

1. UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly. Sources and effects of ionizing radiation. New York: United Nations; 1993.
2. UNSCEAR 2000 Report: Annex B. Exposure from Natural Radiation Sources. New York: United Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; 1993.
3. Marenyy A.M., Romanov V.V., Astafurov V.I., Gubin A.T., Kiselev S.M., Nefedov N.A., et al. The survey of various buildings for radon concentration at the areas served by FMBA of Russia. *Radiatsionnaya gigiena*. 2015; 8(1): 23-9. (in Russian)
4. Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Lipatova O.V., Matyukhin S.V., et al. *Information Book on The Public Doses of the Russian Federation Over 2010 [Informatsionnyy sbornik Dozy oblucheniya naseleniya Rossiyskoy Federatsii v 2010 godu]*. St. Petersburg; 2011. (in Russian)
5. World Health Organization. Indoor Air Quality: Report on WHO Meeting (Stockholm, 27-31 August 1984). Copenhagen; 1986.
6. Zhukovskiy M.V. Radon: History and Present. *Vestnik Ural'skogo otdeleniya RAN*. 2009; (4): 32-40. (in Russian)
7. Tirmarche M., Harrison J.D., Laurier D., Paquet F., Blanchardon E., Marsh J.W. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. Available at: <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20115>
8. World Health Organization. Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective. Geneva; 2009.
9. ICRP Publication 50. Lung Cancer Risk from Exposures to Radon Daughters. Available at: <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2050>
10. Glushinskiy M.V., Krisyuk E.M. Effects of Exposure to Radon and its Progenies to the Body. *ANRI*. 2001; (2): 4-17. (in Russian)
11. Polzik E.V., Lezhnin V.L., Kazantsev V.S., Yarmoshenko I.V. *Radon and Cancer [Radon I rak]*. Yekaterinburg; 2008. (in Russian)
12. Merzlikin L.A., Marenyy A.M., Bushmanov A.Yu. Radon as a Manmade Factor of the Lung Cancer Risk of Miners. In: *Environmental Safety, Mammade Risks and Sustainable Development. Abstracts of 13th Annual Conf. of the Russian Nuclear Community [Ekologicheskaya bezopasnost', tekhnogennyye riski i ustoychivoye razvitiye. Tезисы Dokladov 13-oy ezhegodnoy konferentsii Yadernogo obshchestva Rossii]*. Moscow; 2002: 214-7.
13. Strandring W., Hassfjell C., Seyersted M., Olsen B., Rudjord A.L., Strand P. Norway's new national radon strategy. In: *Proceedings-3rd European IRPA Congress*. Helsinki; 2010.
14. Radon Program of the Czech Republic 2010–2019 – Action Plan. Available at: <http://www.suro.cz/en/index.html>
15. Kurttio P. Radon exposure in Finland, Radiation and Nuclear Safety Authority – STUK. Finland, Oral presentation, ASN-NRPA Workshop. Paris; 2014.
16. Code J., Dechaux E. The French National Action Plan 2011-2015 for the management of radon-related risks. HERCA Workshop, ASN. Paris; 2014.
17. Fennell S.G., Mackin G.M., McGarry A.T., Pollard D. Radon exposure in Ireland. *International Congress Series*. 2002; 1225: 71-7.
18. ICRP Publication 24. Radiation Protection in Uranium and Other Mines. Available at: <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2024>
19. ICRP Publication 32. Limits for Inhalation of Radon Daughters by Workers. Available at: <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2032>

20. ICRP Publication 47. Radiation Protection of Workers in Mines. Available at: <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2047>
21. ICRP Publication 65. Protection Against Radon-222 at Home and at Work. Available at: <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2065>
22. Tollefsen T., Cinelli G., Bossew P., Gruber V., De Cort M. From the European indoor radon map towards an Atlas of natural radiation. *Radiat. Prot. Dosimetry*. 2014; 162(1-2): 129-34.
23. Kiselev S.M., Zhukovskiy M.V., Stamat I.P., Yarmoshenko I.V. *Radon. From Fundamental Studies to the Regulatory Practice [Radon. Ot fundamental'nykh issledovaniy k praktike regulirovaniya]*. Moscow; 2016. (in Russian)
24. Darby S., Hill D., Auvinen A., Barros-Dios J.M., Baysson H., Bochicchio F., et al. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ*. 2005; 330(7485): 223.
25. Darby S., Hill D., Deo H., Auvinen A., Barros-Dios J.M., Baysson H., et al. Residential radon and lung cancer — detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14 208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. *Scand. J. Work Environ. Health*. 2006; 32(Suppl. 1): 1-83.
26. Krewski D., Lubin J., 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.
27. Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M., Alavanja M., Catalan V.S., Field R.W., et al. A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer. *J. Toxicol. Environ. Health. A*. 2006; 69(7): 533-97.
28. Lubin J.H., Wang Z.Y., Boice J.D., 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.
29. Zielinski J., Carr Z., Krewski D., Repacholi M. World Health Organization's International Radon Project. *J. Toxicol. Environ. Health A*. 2006; 69(7): 759-69.
30. WHO. Survey on Radon Guidelines Programmes and Activities. Final Report. International Radon Project. Geneva; 2007.
31. Effect of Exposure to Radon Gas. UNSCER briefing note. New York: United States; 2009.
32. Bochicchio F. Protection from radon exposure at home and at work in the forthcoming European Basic Safety Standards. In: *International Conference on Protection against Radon at Home and at Work Praha (Czech Rep.)*. Prague; 2013.
33. ICRP Publication 123. Assessment of Radiation Exposure of Astronauts in Space. Available at: <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20123>
34. ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Available at: <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>
35. International Atomic Energy Agency. Protection of the Public against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation, SSG 32. Vienna; 2014.
36. Council Directive 2013/59/Euratom, OJ L13; 2013.
37. Krisyuk E.M. *Radiation Background Indoors [Radiatsionnyy fon pomescheniy]*. Moscow; 1989. (in Russian)
38. Krisyuk E.M. Effective Specific Activity of Natural Radionuclides in Materials. *ANRI*. 2001; (4): 4-8. (in Russian)
39. Limitation of population exposure to natural sources of ionizing radiation. Temporary criteria for decision-making and control organization. Moscow; 1990. (in Russian)
40. Decree of the Government of the Russian Federation No. 809 «On the Federal Target Program for Reducing the Level of Irradiation of the Population of Russia and Production Personnel from Natural Radioactive Sources for 1994-1996». Moscow; 1994. (in Russian)
41. Krisyuk E.M. Radon Problem — Key Challenge of the Public Radiation Protection. *ANRI*. 1996; (3): 13-6. (in Russian)
42. Krisyuk E.M. New Strategy for the Public Radiation Protection. *ANRI*. 1998; (1): 4-11. (in Russian)
43. Krisyuk E.M. Levels and Effects of the Public Exposure. *ANRI*. 2002; (1): 4-12. (in Russian)
44. Krisyuk E.M., Marennyy A.M., Pavlov I.V., Stamat M.V., Terent'ev M.V. Methodical Issues of Arrangement and Conducting Radiation Monitoring of Buildings and Constructions. *ANRI*. 1996; (3): 31-6. (in Russian)
45. Methodological recommendations on the compilation and implementation of regional targeted programs to reduce the level of exposure of the population and production personnel from natural sources of ionizing radiation (RADON). Moscow; 1995. (in Russian)
46. Methodical Recommendations for Hardware Support of the Regional Target Programs «Radon». Moscow; 1996. (in Russian)
47. Gulabyantc L.A., Ivanov S.I., Okhrimenko S.E. Methodological Approaches to Health Physics Evaluation of Radon Safety of Building Sites in Moscow. *ANRI*. 2000; (1): 24-30. (in Russian)
48. VMU P1-97. Determination of Radon Flux Density at the Building Sites. Moscow; 1997. (in Russian)
49. MGSN 2.02-97. Permissible Levels of Ionizing Radiation and Radon at Building Sites. Moscow; 1997. (in Russian)
50. Guidelines MUK 2.6.1-96. Arrangement and Conducting Radiation Monitoring in Dwellings and Public Buildings. Moscow; 1996. (in Russian)
51. SNIp 11-02-96. Engineering Survey for Building. General Provisions. Moscow; 1997. (in Russian)
52. SP-11-102-97. Engineering and Environmental Survey for Building. Moscow; 1997. (in Russian)
53. Gulabyants L.A. *Handbook for Designing Anti-Radon Protection of Dwellings and Public Buildings [Posobie po proektirovaniyu protivoradonovoy zashchity zhilykh i obshchestvennykh zdaniy]*. Moscow: FEN-NAUKA; 2013. (in Russian)
54. Zhukovskiy M.V., Kruzhalov A.V., Gurvich V.B., Yarmoshenko I.V. *Radon Safety of Buildings [Radonovaya bezopasnost' zdaniy]*. Ekaterinburg; 2000. (in Russian)
55. MU 2.6.1. 2398-08. Radiation Monitoring and Health Epidemiological Assessment of Lands for Constructing of Dwellings, Public and Industrial Buildings in terms of Radiation Safety. Moscow; 2008. (in Russian)
56. MU 2.6.1. 2838-11. Radiation Monitoring and Health Epidemiological Assessment of Dwellings, Public and Industrial Buildings and Constructions after the Termination of Building, Capital Repair, Restoration Based on Radiation Safety Indicators. Moscow; 2011. (in Russian)
57. MU.6.1.038 – 2015. Assessment of Potential Hazard of Lands for Building of Dwellings, Public and Industrial Buildings. Moscow; 2015. (in Russian)
58. MU 2.6.1. 037 – 2015 Determination of Annual EEC of Radon in Indoor Air Based on Measurement of Various Duration. Moscow; 2015. (in Russian)
59. Maksimovskiy V.A., Kharlamov M.G., Mal'tsev A.V., Luchin I.A., Smyslov A.A. Zoning of the territory of Russia according to the degree of radon hazard. *ANRI*. 1996; (3): 66-73. (in Russian)
60. Federal Law of the Russian Federation No. 3-FZ «On Radiation Safety of the Population». Moscow; 1995. (in Russian)
61. Federal Law of the Russian Federation No. 52-FZ «On Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population». Moscow; 1999. (in Russian)
62. Federal Law of the Russian Federation No. 190-FZ «Urban Planning Code of the Russian Federation». Moscow; 2004. (in Russian)
63. Federal Law of the Russian Federation No. 384-FZ «Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures». Moscow; 2009. (in Russian)
64. Norms of radiation safety (NRB-99/2009): Sanitary rules and standards SanPiN 2.6.1.2523-09. Moscow; 2009. (in Russian)
65. SP 2.6.1.2612-10. Basic sanitary rules for ensuring radiation safety (OSPORB-99/2010): Sanitary rules and regulations. Moscow; 2010. (in Russian)
66. SanPiN 2.6.1.2800-10. Hygienic requirements for limiting exposure of the population due to sources of ionizing radiation: Sanitary rules and regulations. Moscow; 2011. (in Russian)
67. Fundamentals of State Policy in the Sphere of Nuclear and Radiation Safety of the Russian Federation for the period up to 2010 and beyond. Moscow; 2012. (in Russian)
68. Decree of the Government of the Russian Federation No. 718 «On the procedure for creating a unified state system for monitoring and recording individual doses to citizens». Moscow; 1997. (in Russian)
69. Decree of the Government of the Russian Federation No. 93 «On the Procedure for the Development of Radiation-Hygienic Passports of Organizations and Territories» (as amended on July 10, 2014). Moscow; 1997. (in Russian)
70. Decree of the Government of the Russian Federation No. 60 «On approval of the Regulations on the implementation of socio-hygienic monitoring (with amendments to September 4, 2012)». Moscow; 2006. (in Russian)
71. Venkov V.A., Svetovidov A. V., Stamat I.P., Obukhov I.P., Trubitsyn S.E. Evaluation of Doses to Citizens of the Altai Republic due to Radon in Indoor Air. In: *Health Physics Aspects of the Public Radiation Protection at the Areas with Excessive Radiation Levels: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference [Gigienicheskie aspekty obespecheniya radiatsionnoy bezopasnosti naseleniya na territoriyakh s povyshennym urovнем radiatsii: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. St. Petersburg; 2008: 30-2. (in Russian)
72. Stamat I.P., Kononenko D.V., Svetovidov A.V., Venkov V.A. Doses to Citizens of the Jewish Autonomous Region due to Radon in Indoor Air. In: *Health Physics Aspects of the Public Radiation Protection at the Areas with Excessive Radiation Levels: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference [Gigienicheskie aspekty obespecheniya radiatsionnoy bezopasnosti naseleniya na territoriyakh s povyshennym urovнем radiatsii: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. St. Petersburg; 2008: 133-5. (in Russian)
73. Stamat I.P., Venkov V.A., Ignat'ev V.I., Golovin V.V., Geveyer I.A. On the state of the radiation situation in the town of Baley, Chita Region. In: *Radiation Hygiene: Collection of proceedings of SPb NIIRG [Radiatsionnaya gigiena: Sbornik nauchnykh trudov SPb NIIRG]*. St. Petersburg; 2004: 78-82. (in Russian)
74. Report of the FSUE NIIRG. *Summary of the Available Data and Additional Survey, and Assessment of Doses to Residents of the town of Baley, Chita Region due to Natural Radionuclides*. St. Petersburg; 2006. (in Russian)
75. Akerblom G., German O., Stamat I., Söderman A.L., Venkov V. Report SSI number: 04ISSN (2009): 2000. Radon in Dwellings in the Republic of Kalmykia Results from the National Radon Survey 2006-2007.

76. Gubin A.T., Marennyy A.M., Sakovich V.A., Astafurov V.I., Nefedov N.A., Penezev A.V. Survey of Areas Serviced by FMBA of Russia, to Determine Radon Indoor Concentrations. *Meditsina ekstremal'nykh situatsiy*. 2012; (4): 77-88. (in Russian)
77. Marennyy A.M., Romanov V.V., Astafurov V.I., Gubin A.T., Kiselev S.M., Nefedov N.A., Survey of the City of Krasnokamensk to Determine the Radon Concentrations Indoors. *Radiatsionnaya gigiena*. 2015; 8(1): 23-9. (in Russian)
78. Marennyy A.M., Kiselev S.M., Titov A.V., Zolotukhina S.B., Astafurov V.I., Dmitriev V.A., et al. Results of radon concentration measurements in some regions of Russia. *Radiatsionnaya gigiena*. 2013; 6(3): 47-52. (in Russian)
79. Marennyy A.M., Nefedov N.A., Vorozhtsov A.S. Results of Radon Concentration Measurements in Some Regions of Russia. *Radiation Measurements*. 1996; 26(1): 649-53.
80. Marennyy A.M., Nefedov N.A., Vorozhtsov A.S., Vereyko S.P., Kokorev P.F. Seasonal Measurement of the Mean Activity Concentration of Radon in Dwellings of the City of Lermontov. In: *Proceedings of «Practice of the Public Protection against Radon Exposure» [Materialy konferentsii «Praktika zashchity naseleniya ot oblucheniya radonom»]*. St. Petersburg; 1996: 30-1. (in Russian)
81. Marennyy A.M., Meshkov N.A., Nefedov N.A., Vorozhtsov A.S., Rusanov A.M., Vereshchagin N.N. Average Activity Concentration of Radon in Dwellings of the Orenburg Region. In: *Proceedings of «Practice of the Public Protection against Radon Exposure» [Materialy konferentsii «Praktika zashchity naseleniya ot oblucheniya radonom»]*. St. Petersburg; 1996: 34. (in Russian)
82. Borisov V.P., Marennyy A.M., Saldan L.P. *Radon in dwellings in Altai region of Russia. IRPA Regional Congress on Radiation Protection in Central Europe*. Dubrovnik; 2001.
83. Marennyy A.M., Shinkarev S.M., Penezev A.V., Frolova A.V., Morozov Yu.A., Okhrimenko S.E., et al. Assessment of exposure to the population of Moscow from natural sources of radiation. In: Sugahara T., Morishima H., Sohrabi M., Sasaki Y., Hayata I., Akiba S., eds. *High Levels of Natural Radiation and Radon Areas: Radiation Doses and Health Effects. Proceedings of the 6th International Conference on high levels of natural radiation and radon areas, held in Osaka, Japan September 6-10, 2004*. Amsterdam; 2005: 356-7.
84. Marennyy A.M. Scriming Studies of Radon Concentrations in Dwellings of Settlements. In: «Health Physics Aspects of the Public Radiation Protection at the Areas with Excessive Radiation Levels» [Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Gigienicheskie aspekty obespecheniya radiatsionnoy bezopasnosti naseleniya na territoriyakh s povysheym urovнем radiatsii»]. St. Petersburg; 2008: 99-101. (in Russian)
85. Marennyy A.M., Andreev N.M., Astafurov V.I., Gubin A.T., Dmitriev V.A., Marennyy M.A., et al. Integral Measurement of the Average Activity Concentration of Radon in Dwellings of the Settlements of the Chelyabinsk Region. In: *The Theses of the Conference «Relevant Issues of Radiation Health Physics» [Tezisy konferentsii «Aktual'nye voprosy radiatsionnoy gigienyy»]*. St. Petersburg; 2010: 98-9. (in Russian)
86. Zhukovskiy M.V., Yarmoshenko I.V. *Radon: Measurement, Doses, Risk Assessment [Radon: Izmerenie, Dozy, Otsenka Riska]*. Ekaterinburg; 1997. (in Russian)
87. Marennyy A.M., Andreev N.M., Gubin A.T., Sakovich V.A., Dmitriev V.A., Kiselev S.M., et al. Long-Term Indoor Radon Measurements in the Chelyabinsk Region, Russia. In: *13th International Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA)*. Glasgow; 2012.
88. Ramzaev P.V., ed. *Radiation Doses to the Population of the Russian Federation over 1999: Handbook [Dozy ioniziruyushchego izlucheniya u naseleniya Rossiyskoy Federatsii v 1999 godu: Spravochnik]*. St. Petersburg; 2001. (in Russian)
89. Solov'ev M.Yu., Kalinina M.V., Stamat I.P. Radon Concentration in Air of Newly and Used Buildings of the Rostov Region. *Radiatsionnaya gigiena*. 2010; 3(2): 62-6. (in Russian)
90. Gorskiy G.A., Stamat I.P. On the Assessment of the Effectiveness of Preventive Supervision for the Public Radiation Protection under Exposure to Natural Sources of Ionizing Radiation. *Radiatsionnaya gigiena*. 2008; 1(3): 41-5. (in Russian)
91. Nazaroff W.M., Nero A.V. *Radon and Its Decay Products in Indoor Air*. New York: John Wiley and Sons; 1988.
92. Ruzer L.S. *Radioactive Aerosols [Radioaktivnye aeroli]*. Moscow: Energoatomizdat; 2001. (in Russian)
93. Marennyy A.M., Tsapalov A.A., Miklyaev P.S., Petrova T.B. *Laws of the Radon Field Generation in the Geological Environment [Zakonmernosti formirovaniya radonovogo polya v geologicheskoy srede]*. Moscow: Pero; 2016. (in Russian)

Поступила 03.07.17
Принята к печати 18.10.17

© ШАНДАЛА М.Г., 2018

УДК 614.7:616-092.11

Шандала М.Г.^{1,2}

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ МИКРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РИСКА ЗДОРОВЬЮ

¹ФБУН НИИ дезинфектологии Роспотребнадзора, 111123, Москва;

²ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, 119992, Москва

В статье обосновывается необходимость при проведении дезинфекционной профилактики болезней научного обоснования и практического обеспечения достаточной противомикробной избирательности дезинфекционных воздействий для недопущения явлений «микробиологического геноцида», неоправданных и неблагоприятных нарушений в микроэкологических системах, и, прежде всего, микробиоты людей. Необходимы расшифровка и учёт особенностей чувствительности к различным дезинфицирующим средствам разных видов микрорганизмов в сравнении с сапрофитной, а тем более полезной микрофлорой.

Ключевые слова: дезинфекция; микрорганизмы; микробиота; химиопрофилактика; микробиотические риски; пробиотические средства.

Для цитирования: Шандала М.Г. Некоторые методологические проблемы оптимизации микроэкологических факторов риска здоровью. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(2): 110-112. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-2-110-112>

Для корреспонденции: Шандала Михаил Георгиевич, академик РАН, д-р мед. наук, проф., гл. науч. сотр. ФБУН НИИ дезинфектологии Роспотребнадзора; проф. каф. дезинфектологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России. E-mail: info@niid.ru

Shandala M.G.^{1,2}

SOME METHODOLOGICAL PROBLEMS OF THE OPTIMIZATION OF MICROECOLOGICAL RISK FACTORS TO HEALTH

¹ Research Institute of Disinfectology of the Federal Service on Customers' Rights Protection and Human Well-Being Surveillance, Moscow, 117246, Russian Federation;

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, 119991, Russian Federation

In order to prevent the phenomena of "microbiological genocide", unjustified and unfavorable violations in microecological systems, and, first of all, human microbiota during the implementation of the disinfection prevention of diseases, the necessity for the scientific justification and practical provision of sufficient antimicrobial selectivity of disinfecting effects, is substantiated in the article. It is necessary to decode and take into account the susceptibility