



Гигиеническая оценка влияния базовых станций сотовой связи на здоровье населения (обзор литературы)

А.М. Егорова, А.В. Сухова

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,
ул. Семашко, д. 2, Московская обл., г. Мытищи, 141014, Российская Федерация

Резюме

Введение. Базовые станции сотовой связи представляют собой сложный промышленный объект, являются источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона, электромагнитных полей промышленной частоты, а также источником повышенного шума. Базовые станции сотовой связи формируют сложный, изменяющийся во времени, модулированный многочастотный сигнал небольшой интенсивности, но имеющий локальные градиенты. ВОЗ ввела термин «электромагнитное загрязнение окружающей среды», основным источником которого являются базовые станции сотовой связи. Это самое быстрорастущее антропогенное воздействие на окружающую среду с середины 20-го века.

Цель исследования: проанализировать по данным отечественных и зарубежных литературных источников влияние базовых станций на здоровье населения.

Материалы и методы. Проведен поиск литературы за период 2008–2022 гг. о влиянии электромагнитного излучения радиочастотного диапазона от базовых станций сотовой связи на здоровье населения с использованием соответствующих ключевых слов в поисковых системах PubMed, по базам данных Scopus, Web of Science, Medline, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, РИНЦ и другим. В первоначальную выборку попало 50 статей, из них 15 статей были исключены из выборки после первичного анализа. Критерии отбора: статьи, посвященные влиянию базовых станций сотовой связи на здоровье населения. Экспериментальные исследования на животных от базовых станций сотовой связи в выборку не вошли. В ходе выборки было отобрано 35 полнотекстовых материалов, удовлетворяющих вышеуказанным критериям.

Результаты. В отечественной и зарубежной литературе имеется достаточное количество доказательств о неблагоприятном воздействии электромагнитных полей радиочастотного диапазона: радиочастотная болезнь, рак и изменения биохимических параметров, повреждения ДНК и др. В настоящее время существует острая необходимость в решении проблемы так называемого электросмога.

Выводы. В целях предупреждения заболеваний, обусловленных использованием новых технологий, необходимо использовать предупреждающий подход для ограничения контакта групп риска: детей, подростков, больных хроническими заболеваниями и др. с источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона.

Ключевые слова: электромагнитные поля, базовые станции сотовой связи, обзор.

Для цитирования: Егорова А.М., Сухова А.В. Гигиеническая оценка влияния базовых станций сотовой связи на здоровье населения (обзор литературы) // Здоровье населения и среда обитания. 2022. Т. 30. № 10. С. 75–80. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-75-80>

Сведения об авторах:

✉ **Егорова** Анна Михайловна – д.м.н., заведующая отделом медицины труда; e-mail: egorovaam@fferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7929-9441>.

Сухова Анна Владимировна – д.м.н., главный научный сотрудник, руководитель отделения разработки методов восстановительного лечения и реабилитации; e-mail: sukhovaav@fferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1915-1138>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Егорова А.М.; сбор и обработка материала: Егорова А.М.; анализ и интерпретация результатов: Егорова А.М.; обзор литературы: Егорова А.М.; подготовка проекта рукописи: Сухова А.В. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 29.08.22 / Принята к публикации: 03.10.22 / Опубликовано: 14.10.22

Hygienic Assessment of Population Health Effects of Cellular Base Stations: A Literature Review

Anna M. Egorova, Anna V. Sukhova

F.F. Erisman Federal Research Center for Hygiene,
2 Semashko Street, Mytishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation

Summary

Introduction: A cellular base station is a sophisticated object, a source of radio and industrial frequency electromagnetic fields and of noise pollution. Cell sites generate a complex, time-varying, modulated multi-frequency signal of low intensity, yet having local gradients. The World Health Organization has introduced the notion of electromagnetic pollution of environment, the main source of which is a mobile phone base station. It is the fastest-growing anthropotechnogenic environmental impact since the 1950s.

Objective: To analyze the impact of mobile phone base stations on the health of population using data of domestic and foreign literary sources.

Materials and methods: A literature search was conducted for the years 2008 to 2022 on human health effects of radiofrequency electromagnetic radiation from cellular base stations using the relevant keywords in the PubMed, Scopus, Web of Science, Medline, the Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, RSCI, and other databases. The initial sample included 50 articles, of which 15 were excluded after primary screening. Experimental studies on animals were not eligible for inclusion.

Results: The review of 35 full-text publications on the topic revealed a sufficient amount of evidence of adverse health effects of radiofrequency electromagnetic fields, including the radio frequency sickness, cancer, changes in biochemical parameters, DNA damage, etc. Currently, there is an urgent need to resolve the problem of the so-called electrosmog.

Conclusion: In order to prevent the diseases associated with the use of novel technologies, it is important to apply a preventive approach by limiting the exposure of groups at risk, such as children, adolescents, patients with chronic diseases etc., to sources of radiofrequency electromagnetic fields.

Keywords: electromagnetic fields, cellular base stations, overview.

For citation: Egorova AM, Sukhova AV. Hygienic assessment of population health effects of cellular base stations: A literature review. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2022;30(10):75–80. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-10-75-80>

Author information:

✉ Anna M. Egorova, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Occupational Medicine; e-mail: egorovaam@ferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7929-9441>.

Anna V. Sukhova, Dr. Sci. (Med.), Chief Researcher, Head of the Department for Development of Methods of Restorative Treatment and Rehabilitation; e-mail: sukhovaav@ferisman.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1915-1138>.

Author contributions: study conception and design: Egorova A.M.; data collection and processing: Egorova A.M.; analysis and interpretation of results: Egorova A.M.; literature review: Egorova A.M.; draft manuscript preparation: Sukhova A.V. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with the rules of bioethics: Ethics approval was not required for this study.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: August 29, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 14, 2022

Введение. Базовые станции сотовой связи представляют собой сложный промышленный объект и являются источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона, электромагнитных полей промышленной частоты, а также источником повышенного шума.

По данным Международного агентства по исследованию рака (IARC), магнитное поле промышленной частоты было отнесено к потенциальным канцерогенам по лейкозам у детей, а в мае 2011 г. IARC отнесло электромагнитные поля (ЭМП), создаваемые аппаратами сотовой связи, к категории 2B (потенциальных канцерогенов для людей) по рискам развития глиом у пользователей мобильных телефонов при длительной (более 10 лет) эксплуатации [1].

По данным Международного агентства по исследованию рака, воздействие электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) на организм детей и подростков значительно сильнее, чем для взрослого: от 2 до 10 раз (для мозга и костей черепа соответственно), т. к. диэлектрические свойства некоторых тканей, в частности костей, меняются с возрастом. Костный мозг постепенно включает в себя больше жира, а сама кость увеличивается в толщине, затвердевает и теряет воду с течением времени. Обе эти ткани имеют проводимость у детей выше, чем у взрослых, и дети получают более высокое депонирование РЧ-энергии.

По данным Morgan LL и соавт. [2], имеются научные основания для ужесточения требований к ЭМП РЧ и классификации радиочастотных полей как вероятных канцерогенов для человека группы 2A в соответствии с критериями, используемыми Международным агентством по изучению рака (Лион, Франция). Авторы предлагают принять принцип минимальной разумной достижимости для использования технологии сотовой связи.

Цель исследования: проанализировать по данным отечественных и зарубежных литературных источников влияние базовых станций на здоровье населения.

Материалы и методы. Проведен поиск литературы о влиянии на здоровье населения базовых станций сотовой связи и электромагнитного излучения радиочастотного диапазона с использованием ключевых слов: электромагнитные поля радиочастотного диапазона, базовые станции сотовой связи, влияние на здоровье населения в поисковых системах PubMed, по базам данных Scopus, Web of Science, Medline, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, РИНЦ и другим за период с 2008 по 2022 год.

В первоначальную выборку попало 50 статей, из них 15 статей были исключены из выборки после первичного анализа. Критерии отбора статей: были отобраны только те исследования, в которых изучалось влияние базовых станций сотовой связи на здоровье населения. В ходе выборки было отобрано 35 полнотекстовых материалов, удовлетворяющих вышеуказанным критериям.

Результаты. Базовые станции сотовой связи формируют сложный, изменяющийся во времени, модулированный многочастотный сигнал небольшой интенсивности, но имеющий локальные градиенты. По данным Зубарева Ю.Б. [3], элементы сотовой связи — базовые станции и абонентские терминалы — являются основным фактором электромагнитной нагрузки на население, условия воздействия которого малоконтролируемы, а биологическое действие недостаточно изучено. Данное излучение является совершенно новым фактором, не существующим в природе. ВОЗ ввела термин «электромагнитное загрязнение окружающей среды», основным источником которого являются базовые станции сотовой связи. По данным Зубарева Ю.Б. [3], частоты, на которых работает сотовая связь, совпадают с гамма-, альфа- и дельта-ритмами мозга и могут нарушать его функцию.

В отечественной и зарубежной литературе имеется множество научных доказательств о влиянии ЭМП РЧ на организм ребенка.

Так, в монографии Зубарева Ю.Б. [3] приводятся данные о влиянии ЭМП РЧ на изменение биоэлектрической активности мозга у детей, нарушении функционирования сердечно-сосудистой, нервной, эндокринной систем.

В работах Овсянникова В.А. приводятся данные о влиянии мобильной связи на рост числа случаев замершей беременности [4].

В целях предупреждения заболеваний, обусловленных использованием новых технологий, ряд стран мира используют предупреждающий подход для ограничения контакта детей с источниками электромагнитных полей.

Во Франции¹ запрещено использование Wi-Fi в детских садах и начальных классах школ, все соединения с интернетом должны быть исключительно проводными. Учреждения, предоставляющие общественный доступ к Wi-Fi, теперь должны будут отображать символ, указывающий на наличие электромагнитных волн. Помещения общественных зданий — детские сады, больницы и др. — должны быть расположены таким образом, чтобы они не подвергались избыточному влиянию ЭМИ.

¹ France bans Wifi in nurseries. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.connexionfrance.com/article/French-news/France-bans-Wifi-in-nurseries> (дата обращения: 05.09.2022).

Исследование ЭМП РЧ от базовых станций [5] показало, что на величину электромагнитной нагрузки влияло положение окон по отношению к базовой станции, в частности прямая видимость базовой станции, расстояние до антенны. Уровни ЭМП РЧ были выше на улице, чем в помещении, и днем выше, чем ночью.

Авторы ряда публикаций [6, 7] отмечают постоянное увеличение в городской среде воздействия на население радиочастотных электромагнитных полей от базовых станций сотовой связи, а также неоднородность электромагнитного поля, возникновение радиочастотных горячих точек. Измерения экспозиметром показывают, что большая часть воздействия обусловлена диапазонами нисходящей сотовой связи. Наиболее доминирующими являются диапазоны 2600 и 2100 МГц, используемые 4G и 3G соответственно. Отмечена необходимость применения как широкополосного анализатора радиочастот, так и портативного экспозиметра для исследования электромагнитных полей радиочастотного диапазона.

Отмечено, что на плотность потока энергии радиочастотного диапазона от базовых станций сотовой связи оказывают большое влияние рельеф местности, здания и деревья, которые вызывают отражение или поглощение. Кроме того, плотность радиочастотной мощности зависит от количества каналов, используемых антенной базовой станции, количества используемых временных интервалов и других специфических факторов мобильной связи. Максимальный уровень радиочастотного излучения базовой станции меняется в течение дня, что является показателем загруженности услуг мобильной связи. Кроме того, распределение плотности радиочастотной мощности в значительной степени определяется диаграммой направленности антенны. Самые высокие значения были получены на балконах в пределах основного лепестка излучения антенны. Было отмечено, что уровни воздействия ЭМП РЧ от базовых станций в спальнях детей существенно возрастают в течение дня, что может иметь пагубные последствия для физического и психического здоровья детей [8].

Baltrėnas P. и соавт. [9] исследовали 10-этажное жилое здание, расположенное рядом с антенной базовой станции мобильной связи, высота здания составляла 30 м, расстояние до базовой станции — 35 м. Антенна базовой станции находилась примерно на высоте шестого этажа. Авторы отмечают, что плотность мощности ЭМП РЧ от базовой станции в квартирах жилого дома на 6-м этаже была примерно в 15 раз больше по сравнению с 1-м этажом и на балконе 6-го этажа была примерно в три раза выше по сравнению с 3-м этажом.

Авторы [10] предлагают 3D-модель распространения радиоволн, которая учитывает геопространственную среду и конфигурацию антенны для прогнозирования ЭМП РЧ. Для 3D-моделирования ЭМП РЧ от базовых станций необходимы следующие входные данные: данные здания, данные антенны базовой станции и цифровая модель местности. В этих исследованиях было показано, что воздействие базовых станций сотовой связи составляло в среднем 35 % от общего воздействия ЭМП РЧ в помещении. Источником ЭМП РЧ в помещении были DECT-телефоны (40 % от общего ЭМП-РЧ в помещении). Доля Wi-Fi составила

7 %, а телевизионных и радиопередатчиков — 7 и 6 % соответственно.

Balmori A. и соавт. осуществлен обзор научных исследований, проведенных в реальных городских условиях при близком расположении базовых станций мобильной связи к квартирам жилых домов. Общие результаты этого обзора показывают три типа воздействия антенн базовых станций на здоровье людей: радиочастотная болезнь, рак и изменения биохимических параметров, выявленные в 73,6 % случаев от общего числа исследований. Авторы статьи отмечают, что особое значение имеют исследования, проводимые вблизи антенн базовых станций на животных или деревьях, которые не могут осознавать свою близость к источникам и которым никогда нельзя приписать психосоматические эффекты [11].

Zothansiana и соавт. [12] исследовали влияние ЭМП радиочастотного диапазона от базовой станции на повреждение ДНК и антиоксидантный статус в культивируемых лимфоцитах периферической крови человека у лиц, проживающих вблизи базовых станций мобильных телефонов, по сравнению со здоровыми контрольными группами. Плотность потока энергии ЭМП радиочастотного диапазона у облученных лиц была значительно выше ($p < 0,0001$) по сравнению с контрольной группой. Повреждение ДНК оценивали с помощью анализа микроядер с блокировкой цитокинеза в двухъядерных лимфоцитах. Анализ данных облученной группы ($n = 40$), проживающей в пределах периметра 80 м от базовых станций мобильной связи, показал значительно ($p < 0,0001$) более высокую частоту повреждений ДНК по сравнению с контрольной группой, проживающей на расстоянии 300 м от базовых станций мобильной связи. Анализ различных антиоксидантов в плазме облученных лиц выявил значительное снижение концентрации глутатиона ($p < 0,01$), активности каталазы ($p < 0,001$) и супероксиддисмутазы ($p < 0,001$) и повышение перекисного окисления липидов по сравнению с контролем.

В исследовании «случай — контроль» [13] параметры генетического повреждения у лиц, проживающих вблизи базовых станций, были существенно выше в основной группе по сравнению с контрольной группой. Генетические повреждения, обнаруженные у участников этого исследования, необходимо принимать с учетом будущего риска заболевания, которое в дополнение к нейродегенеративным расстройствам может привести к раку.

При воздействии ЭМП РЧ может возникнуть электромагнитная гиперчувствительность. Симптомы электромагнитной гиперчувствительности включали: головную боль, артралгию, шум в ушах, головокружение, потерю памяти, усталость, бессонницу, временные сердечно-сосудистые нарушения и поражения кожи [14].

Григорьев Ю.Г. и соавт. [15] провели углубленное исследование о влиянии ЭМП на щитовидную железу детей и подростков. В данной публикации приведен анализ исследований отечественных и зарубежных ученых, занимающихся проблемой изучения влияния электромагнитных полей на состояние щитовидной железы как вновь выявленного критического органа, непосредственно испытывающего данный тип воздействия при использовании нового поколения мобильной

связи. В разделе «Распределение поглощенных доз при пользовании мобильными телефонами» приведены исследования распределения и уровня поглощения электромагнитных полей при использовании мобильной связи, включая щитовидную железу. Обсуждаются вопросы моделирования ЭМП с учетом размеров головы и свойства тканей детей, представлены экспериментальные данные отечественных и зарубежных ученых о морфологических и гормональных изменениях в щитовидной железе подопытных животных при воздействии электромагнитных полей сотовой связи.

При изучении состояния здоровья школьников от базовых станций сотовой связи установлено, что у школьников, обучающихся в школах, расположенных вблизи базовых станций, чаще наблюдались нарушения памяти и внимания по сравнению с контрольной группой [16].

Авторы связывают неблагоприятное воздействие ЭМП РЧ с повышенным риском развития сахарного диабета [17], повышенной восприимчивостью к ЭМП РЧ детей [18–22], кожи [23, 24], а также неблагоприятным воздействием ЭМП РЧ на репродуктивную функцию [25].

Roseng K. и соавт. [26] изучали персональное воздействие ЭМП РЧ на подростков в Швейцарии и проводили оценку вклада различных источников в общую поглощенную дозу ЭМП РЧ мозга и всего тела. Персональное воздействие измерялось с помощью портативного измерительного устройства, охватывающего 13 частотных диапазонов от 470 до 3600 МГц. Участники носили устройство в течение трех дней подряд и вели дневник времени и активности. Всего в исследовании приняли участие 90 подростков в возрасте от 13 до 17 лет. Вклады в электромагнитную нагрузку от базовых станций сотовой связи составили около 20 %. Воздействие источников окружающей среды привело к накоплению 6,0 % дозы ЭМП РЧ для мозга и 9,0 % дозы для всего тела.

В исследовании [27] изучали персональное воздействие ЭМП РЧ в окружающей среде у 529 детей (в возрасте 8–18 лет) с использованием персональных портативных экспозиметров в течение трех дней в период с 2014 по 2016 год. Были установлены шесть частотных диапазонов: цифровая беспроводная связь (DECT), телевизионные антенны (широковещательные), мобильные телефоны (восходящая линия связи), базовые станции мобильных телефонов (нисходящая линия связи) и беспроводная связь (WiFi). Среднее персональное воздействие ЭМП РЧ составило 75,5 мкВт/м². Нисходящий канал внес наибольший вклад в общее воздействие (медиана 27,2 мкВт/м²). Воздействие от восходящей линии связи составило 4,7 мкВт/м². Воздействие ЭМП РЧ было выше в течение дня (94,2 мкВт/м²), чем ночью (23,0 мкВт/м²), и немного выше в выходные дни, чем в будние дни. Дети, живущие в городских условиях, подвергались более высокому воздействию, чем дети в сельской местности. Дети старшего возраста и пользователи мобильных телефонов имели более высокое воздействие восходящей линии связи по сравнению с детьми младшего возраста и теми, кто не пользовался мобильными телефонами. Был сделан вывод о том, что базовые станции сотовой связи вносят основной вклад в персональное воздействие ЭМП РЧ.

Vermeeren G. и соавт. [28] изучали персональное воздействие ЭМП РЧ в школах, яслях, домах и офисах. Предложен метод оценки пространственного и временного воздействия на детей и взрослых в помещении без участия самих испытуемых. Оценена нагрузка от всех источников ЭМП. Установлено, что нисходящие сигналы от систем мобильной связи (Греция — GSM1800: в среднем до 25,6 %, Бельгия — GSM 900: в среднем до 36,6 %) и от внутренних систем (Греция — Wi-Fi 2G: в среднем до 30,1 %, Бельгия — DECT: до 36,2 %) внесли наибольший вклад в общую экспозицию. В Бельгии сигнал GSM 900 в среднем составляет более 20 % от общего значения в каждом месте. В домах основной вклад в общее поле приходится на внутренние источники: вклад DECT в среднем в Бельгии составляет 36,2 %, а в Греции — 28,2 %. В Бельгии средний вклад DECT в школах был значительно ниже (4,4 %) по сравнению с другими помещениями. Более высокие средние показатели для Wi-Fi 2G были получены в бельгийских офисах (13,6 %) и домах (6,7 %). Напротив, в Греции Wi-Fi 2G внес наибольший вклад в домашнюю среду (30,1 %).

Было изучено персональное воздействие ЭМП РЧ от мобильных телефонов [29] (восходящая линия связи) и базовых станций мобильных телефонов (нисходящая линия связи), установленных на крупной выставке. Измерения проводились с помощью персональных экспозиметров, размещенных на испытуемых. Эти экспозиметры были запрограммированы на проведение измерений каждые 4 с в разное время суток; утром, днем и ночью; вокруг выставочного ограждения и внутри ограждения. Измерения проводились в будний день, в выходные и на следующий день после окончания выставки после демонтажа временных базовых станций. Среднее зарегистрированное воздействие ЭМП РЧ от базовых станций (нисходящая линия связи) в дни открытия выставки (утром, днем и ночью) для трех исследованных зон составляло 791,8 мкВт/м², в то время как воздействие, создаваемое мобильными телефонами (восходящая линия связи), составляло 59,0 мкВт/м². После окончания выставки эти значения составили 391,2 мкВт/м² (базовые станции) и 10,3 мкВт/м² (сотовые телефоны) через несколько дней после окончания выставки. Установка базовых станций сотовой связи и большое количество людей, пользующихся мобильными телефонами во время выставки, привели к значительному увеличению персонального воздействия ЭМП РЧ по сравнению с тем, которое регистрировалось в обычные периоды в том же районе.

Авторы [30] указывают, что из-за экспоненциального роста использования беспроводных персональных коммуникационных устройств (например, мобильных или беспроводных телефонов и устройств с поддержкой Wi-Fi или Bluetooth) и инфраструктуры, обеспечивающей их, уровни воздействия радиочастотного электромагнитного излучения в полосе частот 1 ГГц, которая используется в основном для современной беспроводной связи, увеличились с крайне низкого естественного уровня примерно в 10¹⁸ раз. Авторы считают, что это самое быстрорастущее антропогенное воздействие на окружающую среду с середины XX века и его уровни снова значительно вырастут, поскольку такие технологии, как интернет вещей и 5G,

добавят миллионы радиочастотных передатчиков. Беспрецедентное воздействие радиочастотного электромагнитного излучения на человека с момента зачатия до смерти происходило в течение последних двух десятилетий. Доказательства его влияния на ЦНС, включая измененное развитие нервной системы [31] и повышенный риск некоторых нейродегенеративных заболеваний [32], вызывают серьезную озабоченность, учитывая неуклонный рост заболеваемости нервной системы. Существуют доказательства связи между нарушениями развития нервной системы или поведения у детей и воздействием беспроводных устройств.

В независимой научной организации Oceania Radiofrequency Scientific Advisory Association ученые-добровольцы создали крупнейшую в мире онлайн-базу данных рецензируемых исследований радиочастотного электромагнитного излучения и других искусственных электромагнитных полей более низких частот. Недавняя оценка 2266 исследований (включая исследования *in vitro* и *in vivo* на экспериментальных системах человека, животных и растений, а также популяционные исследования) показала, что в большинстве исследований ($n = 1546$, 68,2 %) были продемонстрированы значительные биологические эффекты или эффекты для здоровья, связанные с воздействием антропогенных электромагнитных полей. В 89 % (216 из 242) экспериментальных исследований, в которых изучались конечные точки окислительного стресса, были установлены значительные эффекты [30].

Обсуждение. Этот массив научных данных опровергает известное утверждение о том, что развертывание беспроводных технологий не представляет опасности для здоровья при разрешенных в настоящее время уровнях нетеплового радиочастотного воздействия. Ученые из 41 страны мира (International EMF Scientist Appeal) опубликовали результаты своих научных исследований по электромагнитным полям в рецензируемой литературе и коллективно обратились в ВОЗ и ООН с просьбой принять немедленные меры по снижению воздействия искусственных электромагнитных полей и радиации на население².

Искусственные электромагнитные поля варьируются от чрезвычайно низкой частоты (связанной с электроснабжением и электроприборами) до низкой, средней, высокой и чрезвычайно высокой (в основном связанной с беспроводной связью). Широко утверждалось, что радиочастотное электромагнитное излучение, будучи неионизирующим излучением, не обладает достаточной энергией фотонов, чтобы вызвать повреждение ДНК.

Радиочастотное электромагнитное излучение вызывает повреждение ДНК, по-видимому, из-за окислительного стресса, аналогично ультрафиолетовому излучению, которое также долгое время считалось безвредным [30, 33].

Внедрение новой технологии 5G NR значительно повысило обеспокоенность общественности возможным негативным воздействием на здоровье человека радиочастотных электромагнитных полей [34–35]. На частотах ЭМП РЧ выше 10 ГГц механизм воздействия может отличаться и воздействие

5G становится непредсказуемым. Существующие знания о механизме воздействия ЭМП РЧ на миллиметровых волнах не имеют достаточных экспериментальных данных и теоретических моделей. Недостаточные знания о возможных последствиях для здоровья на миллиметровых волнах и отсутствие экспериментальных исследований 5G NR подчеркивают настоятельную необходимость теоретических и экспериментальных исследований воздействия 5G на здоровье населения.

Заключение. В настоящее время существует острая необходимость в решении проблемы так называемого электросмога. В последние годы отмечается постоянное увеличение в городской среде уровней воздействия на население радиочастотных электромагнитных полей от базовых станций мобильных телефонов, а также неоднородность электромагнитного поля и возникновение радиочастотных горячих точек.

В отечественной и зарубежной литературе имеется достаточное количество доказательств о неблагоприятном воздействии ЭМП РЧ: радиочастотная болезнь, рак и изменения биохимических параметров, повреждения ДНК и др.

В целях предупреждения заболеваний, обусловленных использованием новых технологий, необходимо использовать предупреждающий подход для ограничения контакта групп риска: детей, подростков, больных хроническими заболеваниями и лиц, имеющих водители ритма, беременных женщин и др. — с источниками электромагнитных полей радиочастотного диапазона.

Список литературы / References

1. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum.* 2013;102(Pt 2):1-460.
2. Hardell L, Carlberg M, Söderqvist F, Mild KH. Case-control study of the association between malignant brain tumours diagnosed between 2007 and 2009 and mobile and cordless phone use. *Int J Oncol.* 2013;43(6):1833-1845. doi: 10.3892/ijo.2013.2111
3. Зубарев Ю.Б. Мобильный телефон и здоровье: монография. Москва: Первое экономическое издательство, 2021. 228 с.
3. Zubarev YuB. [Cell Phone and Health.] 6th ed. Moscow: First Economic Publ.; 2021. (In Russ.) doi: 10.18334/9785912923722
4. Овсянников В.А. Микроволновое радиоизлучение — современная угроза жизни человечества. Вideonauka. 2017. № 2-1 (6). С. 3.
4. Ovsyannikov VA. Microwave radio emission — a modern threat to the life of mankind. *Videonauka.* 2017;(2-1(6)):3. (In Russ.)
5. De Giudici P, Genier JC, Martin S, et al. Radiofrequency exposure of people living near mobile-phone base stations in France. *Environ Res.* 2021;194:110500. doi: 10.1016/j.envres.2020.110500
6. Koppel T, Ahonen M, Carlberg M, Hardell L. Very high radiofrequency radiation at Skeppsbron in Stockholm, Sweden from mobile phone base station antennas positioned close to pedestrians' heads. *Environ Res.* 2022;208:112627. doi: 10.1016/j.envres.2021.112627
7. Koppel T, Ahonen M, Carlberg M, Hedendahl LK, Hardell L. Radiofrequency radiation from nearby mobile phone base stations — a case comparison of one low and one high exposure apartment. *Oncol Lett.* 2019;18(5):5383-5391. doi: 10.3892/ol.2019.10899

² The International EMF Scientist Appeal serves as a credible and influential voice from EMF (electromagnetic field) scientists who are urgently calling upon the United Nations and its sub-organizations, the WHO and UNEP, and all U.N. Member States, for greater health protection on EMF exposure. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://www.emfscientist.org> (дата обращения: 5.09.2022).

8. Hardell L, Carlberg M, Hedendahl LK. Radiofrequency radiation from nearby base stations gives high levels in an apartment in Stockholm, Sweden: A case report. *Oncol Lett*. 2018;15(5):7871–7883. doi: 10.3892/ol.2018.8285
9. Baltrėnas P, Buckus R, Vasarevičius S. Research and evaluation of the intensity parameters of electromagnetic fields produced by mobile communication antennas. *J Environ Eng Landsc Manage*. 2012;20(4):273–284. doi: 10.3846/16486897.2012.738680
10. Beekhuizen J, Vermeulen R, van Eijdsden M, et al. Modelling indoor electromagnetic fields (EMF) from mobile phone base stations for epidemiological studies. *Environ Int*. 2014;67:22–26. doi: 10.1016/j.envint.2014.02.008
11. Balmori A. Evidence for a health risk by RF on humans living around mobile phone base stations: From radiofrequency sickness to cancer. *Environ Res*. 2022;214(Pt 2):113851. doi: 10.1016/j.envres.2022.113851
12. Zothansiam, Zosangzuali M, Lalramdinpui M, Jagatia GC. Impact of radiofrequency radiation on DNA damage and antioxidants in peripheral blood lymphocytes of humans residing in the vicinity of mobile phone base stations. *Electromagn Biol Med*. 2017;36(3):295–305. doi: 10.1080/15368378.2017.1350584
13. Gandhi G, Kaur G, Nisar U. A cross-sectional case control study on genetic damage in individuals residing in the vicinity of a mobile phone base station. *Electromagn Biol Med*. 2015;34(4):344–354. doi: 10.3109/15368378.2014.933349
14. Hardell L, Koppel T. Electromagnetic hypersensitivity close to mobile phone base stations – a case study in Stockholm, Sweden. *Rev Environ Health*. 2022. doi: 10.1515/reveh-2021-0169. Epub ahead of print.
15. Григорьев Ю.Г., Хорсева Н.И., Григорьев П.Е. Щитовидная железа – новый критический орган воздействия электромагнитных полей мобильной связи: оценка возможных последствий для детей и подростков // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2021. Т. 66. № 2. С. 67–75. doi: 10.12737/1024-6177-2021-66-2-67-75
15. Grigor'ev YuG, Horseva NI, Grigor'ev PE. The thyroid – a new critical body for impacting electromagnetic fields mobile communications: Assessment of possible effects for children and adolescents. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'*. 2021;66(2):67–75. (In Russ.) doi: 10.12737/1024-6177-2021-66-2-67-75
16. Meo SA, Almahmoud M, Alsultan Q, Alotaibi N, Alnajashi I, Hajjar WM. Mobile phone base station tower settings adjacent to school buildings: Impact on students' cognitive health. *Am J Mens Health*. 2019;13(1):1557988318816914. doi: 10.1177/1557988318816914
17. Meo SA, Alsubaie Y, Almutawa H, AlQasem Y, Hasanato RM. Association of exposure to radio-frequency electromagnetic field radiation (RF-EMFR) generated by mobile phone base stations with glycated hemoglobin (HbA1c) and risk of type 2 diabetes mellitus. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(11):14519–14528. doi: 10.3390/ijerph121114519
18. Redmayne M. International policy and advisory response regarding children's exposure to radio frequency electromagnetic fields (RF-EMF). *Electromagn Biol Med*. 2016;35(2):176–185. doi: 10.3109/15368378.2015.1038832
19. Redmayne M, Johansson O. Radiofrequency exposure in young and old: Different sensitivities in light of age-relevant natural differences. *Rev Environ Health*. 2015;30(4):323–335. doi: 10.1515/reveh-2015-0030
20. Чернова Г.В., Сидоров П.В., Ергольская Н.В., Алленова Е.А., Эндебера О.П. Экспериментальная оценка влияния электромагнитного излучения крайне высокой частоты на развивающийся организм // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 7 (328). С. 59–66. doi: 10.35627/2219-5238/2020-328-7-59-66
20. Chernova GV, Sidorov PV, Ergolskaya NV, Allenova EA, Endebera OP. Experimental evaluation of effects of electromagnetic radiation of extremely high frequency on the developing organism. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(7(328)):59–66. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2020-328-7-59-66
21. Sangün O, Dündar B, Çömlekçi S, Büyükgebiz A. The effects of electromagnetic field on the endocrine system in children and adolescents. *Pediatr Endocrinol Rev*. 2015;13(2):531–545.
22. Warille AA, Onger ME, Turkmen AP, et al. Controversies on electromagnetic field exposure and the nervous systems of children. *Histol Histopathol*. 2016;31(5):461–468. doi: 10.14670/HH-11-707
23. Alekseev SI, Radzievsky AA, Logani MK, Ziskin MC. Millimeter wave dosimetry of human skin. *Bioelectromagnetics*. 2008;29(1):65–70. doi: 10.1002/bem.20363
24. Ziskin MC. Millimeter waves: acoustic and electromagnetic. *Bioelectromagnetics*. 2013;34(1):3–14. doi: 10.1002/bem.21750
25. Kesari KK, Kumar S, Nirala J, Siddiqui MH, Behari J. Biophysical evaluation of radiofrequency electromagnetic field effects on male reproductive pattern. *Cell Biochem Biophys*. 2013;65(2):85–96. doi: 10.1007/s12013-012-9414-6
26. Roser K, Schoeni A, Struchen B, et al. Personal radiofrequency electromagnetic field exposure measurements in Swiss adolescents. *Environ Int*. 2017;99:303–314. doi: 10.1016/j.envint.2016.12.008
27. Birks LE, Struchen B, Eeftens M, et al. Spatial and temporal variability of personal environmental exposure to radio frequency electromagnetic fields in children in Europe. *Environ Int*. 2018;117:204–214. doi: 10.1016/j.envint.2018.04.026
28. Vermeeren G, Markakis I, Goeminne F, Samaras T, Martens L, Joseph W. Spatial and temporal RF electromagnetic field exposure of children and adults in indoor micro environments in Belgium and Greece. *Prog Biophys Mol Biol*. 2013;113(2):254–263. doi: 10.1016/j.pbiomolbio.2013.07.002
29. Ramirez-Vazquez R, Gonzalez-Rubio J, Arribas E, Najera A. Personal RF-EMF exposure from mobile phone base stations during temporary events. *Environ Res*. 2019;175:266–273. doi: 10.1016/j.envres.2019.05.033
30. Bandara P, Carpenter DO. Planetary electromagnetic pollution: it is time to assess its impact. *Lancet Planet Health*. 2018;2(12):e512–e514. doi: 10.1016/S2542-5196(18)30221-3
31. Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J. Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children. *Epidemiology*. 2008;19(4):523–529. doi: 10.1097/EDE.0b013e318175dd47
32. Zhang X, Huang WJ, Chen WW. Microwaves and Alzheimer's disease. *Exp Ther Med*. 2016;12(4):1969–1972. doi: 10.3892/etm.2016.3567
33. Bandara P, Weller S. Biological effects of low-intensity radiofrequency electromagnetic radiation – time for a paradigm shift in regulation of public exposure. *Radiat Protect Australas*. 2017;34:2–6.
34. Hardell L, Carlberg M. Health risks from radiofrequency radiation, including 5G, should be assessed by experts with no conflicts of interest. *Oncol Lett*. 2020;20(4):15. doi: 10.3892/ol.2020.11876
35. Hinrikus H, Koppel T, Lass J, Orru H, Roosipuu P, Bachmann M. Possible health effects on the human brain by various generations of mobile telecommunication: a review based estimation of 5G impact. *Int J Radiat Biol*. 2022;98(7):1210–1221. doi: 10.1080/09553002.2022.2026516

