

## ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА 5G НА ВЗРОСЛЫХ И ДЕТЕЙ

А. А. Татаринчик ✉

Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия

Внедрение беспроводных сетей пятого поколения (5G) увеличит количество базовых станций и других устройств, работающих с этим стандартом связи. Целью настоящего обзора было найти ответ на главный вопрос: могут ли такие устройства оказывать негативное воздействие на здоровье? Поиск информации за период с 2009 по 2022 г. осуществляли с использованием информационных порталов и платформ eLibrary, PubMed, Google Scholar, Cyberleninka. В обзоре рассмотрены проблемы, связанные с определением, нормированием и накоплением данных по сетям 5G. Приведены работы по оценке влияния используемых в сетях 5G электромагнитных полей радиочастотного диапазона на взрослых и детей. Несмотря на большое количество противоречивых данных, имеющиеся исследования не предоставляют адекватной информации, которой было бы достаточно для значимой оценки безопасности сетей 5G.

**Ключевые слова:** электромагнитные поля, 5G, дети и подростки, обзор, факторы среды обитания, электронные устройства

✉ **Для корреспонденции:** Андрей Александрович Татаринчик  
ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, 117997, Россия; andrei.tatarinchik@yandex.ru

**Статья получена:** 19.06.2023 **Статья принята к печати:** 08.07.2023 **Опубликована онлайн:** 17.07.2023

**DOI:** 10.24075/rbh.2023.073

## THE EFFECT OF 5G WIRELESS COMMUNICATION STANDARD ON ADULTS AND CHILDREN

Tatarinchik AA ✉

Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Introduction of the fifth-generation wireless networks (5G) will increase the number of 5G base stations and 5G-enabled devices. This review sought to find the answer to the key question: can such devices be harmful? The review covers scientific data published from 2009 to 2022 and available at eLibrary, PubMed, Google Scholar, Cyberleninka. We investigated the problems of definition, regulation, accumulation of data on 5G networks, and summarized the papers reporting how electromagnetic fields in 5G frequency bands affect adults and children. Despite the large amount of contradictory data, the available studies do not provide adequate information that could enable a meaningful assessment of the safety of 5G networks.

**Keywords:** electromagnetic fields, 5G, children and adolescents, overview, environmental factors, electronic devices

✉ **Correspondence should be addressed:** Andrey A. Tatarinchik  
Ostrovityanov, 1, Moscow, 117997, Russia; andrei.tatarinchik@yandex.r

**Received:** 19.06.2023 **Accepted:** 08.07.2023 **Published online:** 17.07.2023

**DOI:** 10.24075/rbh.2023.073

В последние несколько десятилетий мы наблюдаем развитие технологий, которые позволяют использовать беспроводные средства передачи информации — Wi-Fi, мобильная связь. Первые мобильные телефоны и базовые станции первого поколения, появившиеся в 1970-х гг., были доступны немногим, однако с увеличением количества пользователей менялись и поколения беспроводной связи (2G, 3G, 4G), которые увеличивали скорость передачи данных и позволяли применять все новые и новые технологии. Каждое следующее поколение использует более высокие частоты электромагнитных волн для передачи все больших объемов данных с более высокой скоростью и в большее число мест. В настоящее время во всем мире уже активно внедряют следующее поколение средств мобильной связи.

5G (от англ. «*fifth generation*») — это «пятое поколение» беспроводной связи, пришедшее на смену беспроводной связи 3G и 4G для улучшения мобильной передачи данных, эволюция уже имеющихся технологий. Эта система передачи данных использует гораздо более высокие частоты радиоволн (от 3 до 300 ГГц). Вслед за внедрением 5G следует ожидать развитие технологий беспилотных автомобилей, виртуальной реальности и интернета вещей.

Особенность беспроводной связи 5G состоит в том, что сверхвысокочастотные волны легко прерывают стены зданий, растительность, отражают металлические конструкции, поэтому для хорошего приема сигнала

в зданиях необходимо устанавливать усилители, а сами антенны необходимо размещать через каждые 100–300 м — гораздо ближе, чем антенны, работающие с предшествующими поколениями беспроводной связи. Такое количество источников электромагнитного излучения может подвергнуть опасности здоровье населения [1–3].

Особенно это важно для сохранения здоровья молодежи, так как детское население чувствительно к воздействию факторов среды, в том числе факторов физической природы. Во втором десятилетии XXI в. и стационарные, и мобильные электронные устройства повсеместно вошли в образовательную и досуговую деятельность детей, подростков и молодежи, а это значит, что на них уже сейчас постоянно действует электромагнитное излучение, источником которого являются базовые станции, Wi-Fi, смартфоны, электронные средства обучения. Присоединение антенн 5G только усилит облучение.

Нами выполнен обзор научных работ, рассматривающих вопросы влияния на человека электромагнитных полей сетей 5G. Поиск литературы осуществляли в электронных системах eLibrary, PubMed, Google Scholar, Cyberleninka.

Увеличение интенсивности и времени воздействия электромагнитных полей (ЭМП) на человека напрямую связано с распространением электронных устройств, которые используются как для работы или обучения, так и для организации досуга. Использование электронных

устройств в образовании дает ряд уникальных преимуществ: расширение возможностей и обеспечение равного доступа к образованию, персонализация обучения, мгновенная обратная связь и оценка результатов обучения, обучение в любое время и в любом месте, эффективное использование времени аудиторной работы, формирование новых сообществ учащихся, развитие непрерывного обучения, поддержка процесса самостоятельной работы обучаемых, помощь студентам с ограниченными возможностями. Однако бесконтрольная работа с электронными устройствами влечет за собой увеличение времени воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) [4, 5].

Влияние данного фактора уже сегодня показано как на молекулярном, так и организменном уровне, что отражено в фундаментальных работах ведущих российских ученых. Сочетание действующих стандартов беспроводной связи 3G, 4G и 5G обуславливает комплексное влияние ЭМП различных частот [6, 7].

В настоящее время существуют тысячи статей, описывающих биологические эффекты воздействия ЭМП. В отношении воздействия ЭМП более высокого уровня, способных причинить вред здоровью, существуют строгие ограничения, сформулированные в национальных и международных руководствах. Однако исследователи до сих пор не пришли к единому мнению относительно воздействия полей низкого уровня и его способности вызывать биологические реакции организма и влиять на самочувствие людей [8].

Одновременно с этим в научном сообществе растет обеспокоенность потенциальными неблагоприятными биологическими последствиями применения радиочастотных ЭМП и их воздействием на здоровье. Большая часть написанных экспертами отчетов о последствиях воздействия ЭМП не содержит информации о потенциальном вреде для человека [9–13].

При этом параллельно были опубликованы работы, в которых ученые выразили беспокойство по поводу молниеносного внедрения современных систем передачи данных, в частности 5G. Эти системы обладают беспрецедентным потенциалом для создания более интенсивных уровней воздействия радиочастотных ЭМП на человека (например, плотности потока энергии) по сравнению с теми, которые имели место всего несколько десятилетий назад. При этом накоплено недостаточно данных о безопасности сетей 5G. Растет число исследований, свидетельствующих о вреде радиочастотных полей, которые изучали гораздо дольше [14–19].

J. W. Frank в своей работе [20] выделяет четыре основные проблемы, связанные с использованием сетей 5G. Первая — это отсутствие ясного понимания, что такое 5G, ведь утвержденного термина нет до сих пор, и в разных странах в это понятие вкладывают разные смыслы.

Вторая проблема — быстро накапливающийся объем лабораторных исследований, демонстрирующих разрушительные эффекты высокочастотных ЭМП *in vitro* и *in vivo* [21]. Третьей проблемой является недостаточное число высококачественных эпидемиологических исследований неблагоприятных последствий воздействия ЭМП 5G для здоровья человека, однако появляются эпидемиологические данные о таких последствиях воздействия высокочастотных ЭМП прошлых поколений связи. В частности, автор ссылается на работу [22], в которой представлены убедительные доказательства

канцерогенеза в тканях головного мозга, слухового нерва и молочных желез, связанного с сильным воздействием ЭМП РЧ сетей прошлого поколения.

И последняя проблема — это конфликт интересов у многих исследователей, занимающихся изучением ЭМП. Так, например, работа [23] показывает, что исследования, финансируемые частными организациями, заинтересованными в изучаемых источниках ЭМП, как правило, не находят никакой связи, в то время как исследования, финансируемые государством или независимыми организациями, показывают обратное.

Однако не все согласны с такими утверждениями. Коллектив авторов [24] в своей статье сравнил обеспокоенность развитием сетей 5G с паникой вокруг распространения электричества в начале XX в. и попытался разобраться в проблеме с инженерной точки зрения. Для этого авторы задали себе несколько вопросов: действительно ли есть свидетельства связи между канцерогенезом и воздействием ЭМП сетей 5G; приведет ли распространение 5G к неконтролируемому увеличению числа базовых радиостанций и уровня ЭМП; отсутствуют ли экспериментальные исследования, касающиеся излучения базовых станций радиосвязи 5G? Исследователи не нашли неопровержимых научных доказательств, позволяющих ответить на эти вопросы утвердительно. Однако в своей работе они признают необходимость оценки любого потенциального воздействия ЭМП радиочастотного диапазона низкого уровня, генерируемых всеми устройствами, включая те, которые находятся в непосредственной близости от пользователей (например, смартфонами 5G, планшетами и ноутбуками), на здоровье.

О том, что внедрение стандарта связи 5G не приведет к увеличению воздействия ЭМП на человека, также говорит работа [25]. Исследователи описали проведение измерений радиочастот в сети 5G, использующей маломощные базовые станции, которые могли быть установлены таким образом, что человек мог подойти к ним вплотную. Измерения проводили рядом с двумя базовыми станциями NR. Одна из них имела усовершенствованную антенную систему, способную формировать луч, а другая была оборудована традиционной микросотой. В разных местах рядом с базовыми станциями на расстоянии от 0,5 до 100 м оценивали как наилучший, так и усредненный по времени уровень поля при максимальной нагрузке нисходящего трафика. Кроме того, на основе этих измерений была проведена оценка типичного воздействия для различных случаев. В результате сравнения с предельно допустимыми уровнями облучения, установленными Международной комиссией по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP), были получены максимальные коэффициенты облучения 0,15 (профессиональный, на расстоянии 0,5 м) и 0,68 (для широкой публики, на расстоянии 1,3 м). Воздействие на людей, не являющихся пользователями, потенциально было намного ниже, в зависимости от активности других обслуживаемых базовой станцией пользователей и ее возможностей формирования луча — в 5–30 раз ниже в случае базовой станции с усовершенствованной антенной и едва ли не в 30 раз в случае традиционной антенны.

Похожие результаты показало исследование [26]. При самом худшем сценарии удельная мощность составила 62% от утвержденного ICNIRP предельно допустимого уровня. Однако авторы отмечают, что уровень облучения значительно повышается из-за плотности пользователей

и распределения излучающих пользовательских устройств. Уровень воздействия может еще больше возрасти в среде с большим количеством пользователей.

Исследователи из Мадрида [27] продемонстрировали неблагоприятное влияние беспроводной связи 5G. Замеры ЭМП РЧ в режиме реального времени на улице и внутри домов, а также опрос жителей показали наличие у них признаков плохого самочувствия (головокружения, головные боли, нарушения сна и т. д.).

Особый интерес представляет изучение влияния ЭМП станций 5G на детей и подростков, так как на них в течение всей жизни воздействуют ЭМП стационарных или мобильных электронных устройств [28]. Применительно к детскому населению зарубежными учеными предложен комплексный подход, позволяющий учесть влияние всех источников ЭМП на организм. Этот подход реализован с использованием точечных и личных (портативных) приборов-экспозиметров, что позволяло измерить ЭМП РЧ, воздействующих на детей в школе, дома, на игровых площадках [29].

В исследовании, проведенном в Швеции [30], оценивали влияние источников ЭМП на подростков с помощью портативных дозиметров ExpoM-RF. Исследователи выяснили, что в школе основной вклад в электромагнитное облучение обучающихся вносил использование смартфонов (67,2%), а вклад базовых станций сотовой связи составлял лишь 19,8%. Согласно расчетам дозы, воздействие источников окружающей среды (базовые станции мобильных телефонов, базовые станции беспроводных телефонов, точки доступа LAN и мобильные телефоны в окрестностях) в среднем составляло 6,0% от дозы облучения мозга и 9,0% от дозы облучения всего тела. Другими словами, авторы пришли к выводу, что воздействие радиочастотных ЭМП на подростков в основном обусловлено использованием

ими собственных мобильных телефонов. Источники окружающей среды, такие как базовые станции мобильной связи, играют второстепенную роль.

В другом исследовании выявлены зависимости между возникновением у детей психомоторных и когнитивных функций и интенсивностью воздействия излучения базовых станций. Интенсивное воздействие радиочастотных ЭМП было связано с задержкой развития мелкой и крупной моторики, пространственной рабочей памяти и внимания у школьников-подростков по сравнению с учащимися, которые не подвергались воздействию радиочастотных ЭМП [31, 32].

В то же время исследователи [33] показали, что наличие соматических жалоб у детей не всегда можно связать с воздействием базовых станций. И такая позиция близка многим авторам. В научных работах часто встречается утверждение, что напряженность электромагнитного поля в учебных классах и в домашних условиях не превышает нормативов, установленных в различных странах, а значит не оказывает существенного влияния на здоровье [34–37].

## Заключение

Проведенный анализ данных научной литературы показал, что, несмотря на множество исследований и обзоров по изучению роли влияния электромагнитных полей радиочастотного диапазона, создаваемых источниками, работающих по стандарту 5G, в научном сообществе до сих пор нет единого мнения о возможном негативном воздействии. Несомненно, использование новых технологий влечет за собой удобство для пользователей и экономические выгоды. Однако в условиях неопределенности актуальной задачей остается оценка потенциального риска здоровью детского и взрослого населения, создаваемого электромагнитными полями радиочастотного диапазона.

## Литература

- Di Ciaula A. Towards 5G communication systems: are there health implications. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2018; 221 (3): 367–75. DOI: 10.1016/j.ijheh.2018.01.011.
- Zmyslony M, Biełkowski P, Bortkiewicz A, et al. Protection of the population health from electromagnetic hazards — challenges resulting from the implementation of the 5G network planned in Poland. *Medycyna Pracy*. 2019; 71 (1): 105–13.
- Григорьев Ю. Г. Мобильная связь и электромагнитная опасность для здоровья населения. Современная оценка риска — от электромагнитного смога до электромагнитного хаоса (обзор литературы). *Вестник новых медицинских технологий*. 2019; 26 (2): 88–95.
- Аникина Е. И. Перспективы применения мобильных устройств для реализации технологий электронного обучения в высшем образовании. *Инновации в образовании*. 2019; (6): 83–91.
- Ушаков И. Б., Попов В. И., Скоблина Н. А., Маркелова С. В. Длительность использования мобильных электронных устройств как современный фактор риска здоровью детей, подростков и молодежи. *Экология человека*. 2021; (7): 43–50. DOI 10.33396/1728-0869-2021-7-43-50.
- Григорьев Ю. Г. Стандарт 5G — технологический скачок вперед в сотовой связи: будет ли проблема со здоровьем у населения? (погружение в проблему). *Радиационная биология*. Радиоэкология. 2020; 60 (6): 627–34.
- Григорьев Ю. Г., Самойлов А. С. 5G-стандарт сотовой связи. Суммарная радиобиологическая оценка опасности планетарного электромагнитного облучения населения. М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2021; 220 с.
- Что такое электромагнитные поля? [Интернет]. Всемирная организация здравоохранения; 2016 [дата обращения 18.06.2023]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/questions-and-answers/item/electromagnetic-fields>.
- Karaboytsheva M. Effects of 5G wireless communication on human health. *European Parliament Research Service (EPRS): Brussels, European Parliament*. PE 646.172; 2020. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/646172/EPRS\\_BRI\(2020\)646172\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/646172/EPRS_BRI(2020)646172_EN.pdf).
- Swerdlow AJ. Health effects from radiofrequency electromagnetic fields. Report from the Independent Advisory Group on Non-ionising Radiation. In: *Documents of the 11 Health Protection Agency R, Chemical and Environmental Hazards*. RCE 20. UK; 2012. URL: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/333080/RCE-20\\_Health\\_Effects\\_RF\\_Electromagnetic\\_fields.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/333080/RCE-20_Health_Effects_RF_Electromagnetic_fields.pdf).
- IARC. Non-ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. *IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Volume 102, France*; 2013. URL: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304630/pdf/Bookshelf\\_NBK304630.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304630/pdf/Bookshelf_NBK304630.pdf).
- SCENIHR. Potential Health Risks of Exposure to Electromagnetic Fields [EMF]. *European Commission*; 2015. URL: [https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific\\_committees/emerging/docs/scenih\\_r\\_o\\_041.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_o_041.pdf).
- ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Phys*. 2020; 118 (5): 483–524. DOI:10.1097/HP.0000000000001210.

14. Carlberg M, Hardell L. Evaluation of mobile phone and cordless phone use and glioma risk using the Bradford Hill viewpoints from 1965 on association or causation. *Biomed Research International*. 2017. DOI: 10.1155/2017/9218486. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5376454/pdf/BMRI2017-9218486.pdf>.
15. Myung SK, Ju W, McDonnell DD, Lee YJ, Kazinets G, Cheng CT, et al. Mobile phone use and risk of tumors: a meta-analysis. *Journal of Clinical Oncology*. 2009; 27 (33): 5565–72.
16. Bandara P, Carpenter DO. Planetary electromagnetic pollution: it is time to assess its impact. *Lancet*. 2018; (2): 512–4.
17. Pall ML. Wi-Fi is an important threat to human health. *Environmental Research*. 2018; (164): 405–16.
18. Deruelle F. The different sources of electromagnetic fields: dangers are not limited to physical health. *Electromagnetic Biology and Medicine*. 2020; 39 (2): 166–75. DOI: 10.1080/15368378.2020.1737811.
19. Reem HMA, Fakhoury M, Lawand N. Electromagnetic field in Alzheimer's disease: a literature review of recent preclinical and clinical studies. *Current Alzheimer Research*. 2020; 17 (11): 1001–12.
20. Frank JW. Electromagnetic fields, 5G and health: what about the precautionary principle? *Journal of Epidemiology & Community Health*. 2021; 75 (6): 562–6.
21. Russell CL. 5G wireless telecommunications expansion: public health and environmental implications. *Environmental Research*. 2018; (165): 484–95. DOI: 10.1016/j.envres.2018.01.016.
22. Miller AB, Sears ME, Morgan LL, Davis DL, Hardell L, Oremus M, et al. Risks to health and well-being from radio-frequency radiation emitted by cell phones and other wireless devices. *Front Public Health*. 2019; 7 (223): 1–10. DOI: 10.3389/fpubh.2019.00223.
23. Carpenter DO. Extremely low frequency electromagnetic fields and cancer: how source of funding affects results. *Environmental Health*. 2019; (178): 1–7.
24. Chiaraviglio L, Fiore M, Rossi E. 5G technology: which risks from the health perspective? In: Marco MA, Melazzi NB, Buzzi S, Palazzo S, editors. *The 5G Italy Book 2019: a Multiperspective View of 5G*. 2019; p. 39–59.
25. Aerts S, Deprez K, Verloock L, Olsen RG, Martens L, Tran P, et al. RF-EMF exposure near 5G NR small cells. *Sensors (Basel)*. 2023; 23 (6): 3145. DOI: 10.3390/s23063145.
26. Salem MA, Lim HS, Chua MY, Chien SF, Zarakovitis CC, Ng CY, et al. Investigation of EMF exposure level for uplink and downlink of 5G network using ray tracing approach. *International Journal of Technology*. 2022; 13 (6): 1298–307.
27. López I, Félix N, Rivera M, Alonso A, et al. What is the radiation before 5G? A correlation study between measurements in situ and in real time and epidemiological indicators in Vallecas, Madrid. *Environmental Research*. 2021; (194): 110734. DOI: 10.1016/j.envres.2021.110734.
28. Лукьянец Г. Н., Макарова Л. В., Параничев Т. М. и др. Влияние гаджетов на развитие детей. Новые исследования. 2019; 1 (57): 25–35.
29. Gallastegi M, Huss A, Santa-Marina L, Aurrekoetxea JJ, et al. Children's exposure assessment of radiofrequency fields: Comparison between spot and personal measurements. *Environment International*. 2018; (118): 60–9. DOI:10.1016/j.envint.2018.05.028.
30. Roser K, Schoeni A, Struchen B, Zahner M, et al. Personal radiofrequency electromagnetic field exposure measurements in Swiss adolescents. *Environment International*. 2017; (99): 303–14. DOI:10.1016/j.envint.2016.12.008.
31. Meo SA, Almahmoud M, Alsultan Q, Alotaibi N, et al. Mobile phone base station tower settings adjacent to school buildings: impact on students' cognitive health. *American Journal of Men's Health*. 2019; 13 (1): 1557988318816914. DOI: 10.1177/1557988318816914.
32. Guxens M, Vermeulen R, Eijsden M, Beekhuizen J, et al. Outdoor and indoor sources of residential radiofrequency electromagnetic fields, personal cell phone and cordless phone use, and cognitive function in 5–6 years old children. *Environmental Research*. 2016; (150): 364–74. DOI: 10.1016/j.envres.2016.06.021.
33. Schoeni A, Roser K, Bürgi A, Rössli M. Symptoms in Swiss adolescents in relation to exposure from fixed site transmitters: a prospective cohort study. *Environmental Health*. 2016; 15 (1): 77. DOI: 10.1186/s12940-016-0158-4.
34. Simkó M, Mattsson Mats-Olof. 5G wireless communication and health effects—a pragmatic review based on available studies regarding 6 to 100 GHz. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019; 16 (18): 3406. DOI: 10.3390/ijerph16183406.
35. Magiera A, Solecka J. Radiofrequency electromagnetic radiation from Wi-Fi and its effects on human health, in particular children and adolescents. *Review Annals of the National Institute of Hygiene*. 2020; 71 (3): 251–9. DOI: 10.32394/rpzh.2020.0125.
36. Bhatt CR, Redmayne M, Billah B, Abramson MJ, et al. Radiofrequency-electromagnetic field exposures in kindergarten children. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*. 2017; 27 (5): 497–504. DOI: 10.1038/jes.2016.55.
37. Karipidis K, Henderson S, Wijayasinghe D, Tjong L, et al. Exposure to radiofrequency electromagnetic fields from Wi-Fi in Australian schools. *Radiation Protection and Dosimetry*. 2017; 175 (4): 432–9. DOI: 10.1093/rpd/ncw370.

## References

1. Di Ciaula A. Towards 5G communication systems: are there health implications. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2018; 221 (3): 367–75. DOI: 10.1016/j.ijheh.2018.01.011.
2. Zmysłony M, Bieńkowski P, Bortkiewicz A, et al. Protection of the population health from electromagnetic hazards — challenges resulting from the implementation of the 5G network planned in Poland. *Medycyna Pracy*. 2019; 71 (1): 105–13.
3. Grigorev JuG. Mobil'naja svjaz' i jelektromagnitnaja opasnost' dlja zdorov'ja naselenija. *Sovremennaja ocenka riska — ot jelektromagnitnogo smoga do jelektromagnitnogo haosa (obzor literatury)*. *Vestnik novyh medicinskih tehnologij*. 2019; 26 (2): 88–95 (in Rus.).
4. Anikina EI. Perspektivy primeneniya mobil'nyh ustrojstv dlja realizacii tehnologij jelektronnoho obuchenija v vysshem obrazovanii. *Innovacii v obrazovanii*. 2019; (6): 83–91 (in Rus.).
5. Ushakov IB, Popov VI, Skoblina NA, Markelova SV. Dlitel'nost' ispol'zovanija mobil'nyh jelektronnyh ustrojstv kak sovremennyj faktor riska zdorov'ju detej, podrostkov i molodezhi. *Jekologija cheloveka*. 2021; (7): 43–50. DOI 10.33396/1728-0869-2021-7-43-50.
6. Grigorev JuG. Standart 5G — tehnologicheskij skachok vpered v sotovoj svjazii: budet li problema so zdorov'em u naselenija? (pogruzhenie v problemu). *Radiacionnaja biologija. Radiojekologija*. 2020; 60 (6): 627–34 (in Rus.).
7. Grigorev JuG, Samoiloj AS. 5G-standart sotovoj svjazii. *Summarnaja radiobiologicheskaja ocenka opasnosti planetarnogo jelektromagnitnogo obluchenija naselenija*. M.: FGBU GNC FMBC im. A.I. Burnazjana FMBA Rossii, 2021; 220 p.
8. Chto takoe jelektromagnitnye polja? [Internet]. World Health Organization; 2016 [cited 2023 June 8]. Available from: <https://www.who.int/ru/news-room/questions-and-answers/item/electromagnetic-fields>.
9. Karaboytscheva M. Effects of 5G wireless communication on human health. *European Parliament Research Service (EPRS): Brussels, European Parliament*. PE 646.172; 2020. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/646172/EPRS\\_BRI\(2020\)646172\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/646172/EPRS_BRI(2020)646172_EN.pdf).
10. Swerdlow AJ. Health effects from radiofrequency electromagnetic fields. Report from the Independent Advisory Group on Non-Ionising Radiation. In: *Documents of the 11 Health Protection Agency R, Chemical and Environmental Hazards*. RCE 20. UK; 2012. URL: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/333080/RCE-20\\_Health\\_Effects\\_RF\\_Electromagnetic\\_fields.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/333080/RCE-20_Health_Effects_RF_Electromagnetic_fields.pdf).

11. IARC. Non-ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, Volume 102, France; 2013. URL: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304630/pdf/Bookshelf\\_NBK304630.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304630/pdf/Bookshelf_NBK304630.pdf).
12. SCENIHR. Potential Health Risks of Exposure to Electromagnetic Fields [EMF]. European Commission; 2015. URL: [https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific\\_committees/emerging/docs/scenihr\\_o\\_041.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf).
13. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Phys.* 2020; 118 (5): 483–524. DOI:10.1097/HP.0000000000001210.
14. Carlberg M, Hardell L. Evaluation of mobile phone and cordless phone use and glioma risk using the Bradford Hill viewpoints from 1965 on association or causation. *Biomed Research International.* 2017. DOI: 10.1155/2017/9218486. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5376454/pdf/BMRI2017-9218486.pdf>.
15. Myung SK, Ju W, McDonnell DD, Lee YJ, Kazinets G, Cheng CT, et al. Mobile phone use and risk of tumors: a meta-analysis. *Journal of Clinical Oncology.* 2009; 27 (33): 5565–72.
16. Bandara P, Carpenter DO. Planetary electromagnetic pollution: it is time to assess its impact. *Lancet.* 2018; (2): 512–4.
17. Pall ML. Wi-Fi is an important threat to human health. *Environmental Research.* 2018; (164): 405–16.
18. Deruelle F. The different sources of electromagnetic fields: dangers are not limited to physical health. *Electromagnetic Biology and Medicine.* 2020; 39 (2): 166–75. DOI: 10.1080/15368378.2020.1737811.
19. Reem HMA, Fakhoury M, Lawand N. Electromagnetic field in Alzheimer's disease: a literature review of recent preclinical and clinical studies. *Current Alzheimer Research.* 2020; 17 (11): 1001–12.
20. Frank JW. Electromagnetic fields, 5G and health: what about the precautionary principle? *Journal of Epidemiology & Community Health.* 2021; 75 (6): 562–6.
21. Russell CL. 5G wireless telecommunications expansion: public health and environmental implications. *Environmental Research.* 2018; (165): 484–95. DOI: 10.1016/j.envres.2018.01.016.
22. Miller AB, Sears ME, Morgan LL, Davis DL, Hardell L, Oremus M, et al. Risks to health and well-being from radio-frequency radiation emitted by cell phones and other wireless devices. *Front Public Health.* 2019; 7 (223): 1–10. DOI: 10.3389/fpubh.2019.00223.
23. Carpenter DO. Extremely low frequency electromagnetic fields and cancer: how source of funding affects results. *Environmental Health.* 2019; (178): 1–7.
24. Chiaraviglio L, Fiore M, Rossi E. 5G technology: which risks from the health perspective? In: Marco MA, Melazzi NB, Buzzi S, Palazzo S, editors. *The 5G Italy Book 2019: a Multiperspective View of 5G.* 2019; p. 39–59.
25. Aerts S, Deprez K, Verloock L, Olsen RG, Martens L, Tran P, et al. RF-EMF exposure near 5G NR small cells. *Sensors (Basel).* 2023; 23 (6): 3145. DOI: 10.3390/s23063145.
26. Salem MA, Lim HS, Chua MY, Chien SF, Zarakovitis CC, Ng CY, et al. Investigation of EMF exposure level for uplink and downlink of 5G network using ray tracing approach. *International Journal of Technology.* 2022; 13 (6): 1298–307.
27. López I, Félix N, Rivera M, Alonso A, et al. What is the radiation before 5G? A correlation study between measurements in situ and in real time and epidemiological indicators in Vallecas, Madrid. *Environmental Research.* 2021; (194): 110734. DOI: 10.1016/j.envres.2021.110734.
28. Lukjanec GN, Makarova LV, Paranchev TM, et al. Vlijanie gadzhetov na razvitie detej. *Novye issledovanija.* 2019; 1 (57): 25–35.
29. Gallastegi M, Huss A, Santa-Marina L, Aurrekoetxea JJ, et al. Children's exposure assessment of radiofrequency fields: Comparison between spot and personal measurements. *Environment International.* 2018; (118): 60–9. DOI:10.1016/j.envint.2018.05.028.
30. Roser K, Schoeni A, Struchen B, Zahner M, et al. Personal radiofrequency electromagnetic field exposure measurements in Swiss adolescents. *Environment International.* 2017; (99): 303–14. DOI:10.1016/j.envint.2016.12.008.
31. Meo SA, Almahmoud M, Alsultan Q, Alotaibi N, et al. Mobile phone base station tower settings adjacent to school buildings: impact on students' cognitive health. *American Journal of Men's Health.* 2019; 13 (1): 1557988318816914. DOI: 10.1177/1557988318816914.
32. Guxens M, Vermeulen R, Eijsden M, Beekhuizen J, et al. Outdoor and indoor sources of residential radiofrequency electromagnetic fields, personal cell phone and cordless phone use, and cognitive function in 5–6 years old children. *Environmental Research.* 2016; (150): 364–74. DOI: 10.1016/j.envres.2016.06.021.
33. Schoeni A, Roser K, Bürgi A, Röösl M. Symptoms in Swiss adolescents in relation to exposure from fixed site transmitters: a prospective cohort study. *Environmental Health.* 2016; 15 (1): 77. DOI: 10.1186/s12940-016-0158-4.
34. Simkó M, Mattsson Mats-Olof. 5G wireless communication and health effects—a pragmatic review based on available studies regarding 6 to 100 GHz. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2019; 16 (18): 3406. DOI: 10.3390/ijerph16183406.
35. Magiera A, Solecka J. Radiofrequency electromagnetic radiation from Wi-Fi and its effects on human health, in particular children and adolescents. *Review Annals of the National Institute of Hygiene.* 2020; 71 (3): 251–9. DOI: 10.32394/rpzh.2020.0125.
36. Bhatt CR, Redmayne M, Billah B, Abramson MJ, et al. Radiofrequency-electromagnetic field exposures in kindergarten children. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology.* 2017; 27 (5): 497–504. DOI: 10.1038/jes.2016.55.
37. Karipidis K, Henderson S, Wijayasinghe D, Tjong L, et al. Exposure to radiofrequency electromagnetic fields from Wi-Fi in Australian schools. *Radiation Protection and Dosimetry.* 2017; 175 (4): 432–9. DOI: 10.1093/rpd/ncw370.