DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-614-617>

УДК 613.648.2

© Горбанев С.А., Никитина В.Н., 2020

Горбанев С.А., Никитина В.Н.

Актуальность технико-гигиенического прогноза при воздействии радиочастотного электромагнитного излучения на население в условиях цифровой экономики

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 2-ая Советская ул., 4, г. Санкт-Петербург, Россия, 191036

Функционирование цифровой экономики сопровождается интенсивным развитием систем мобильной связи, внедрением многочисленных беспроводных устройств различного назначения, создающих радиочастотные электромагнитные излучения в среде обитания человека. Актуальным является решение задач обеспечения электромагнитной безопасности населения.

Цель исследования — обосновать необходимость технико-гигиенического прогноза воздействия радиочастотного электромагнитного излучения на население в условиях цифровой экономики для разработки научно-обоснованных рекомендаций по профилактике негативного влияния ЭМП на здоровье населения. Значимость прогнозирования рассмотрена на примере развития системы подвижной радиосвязи.

Исследование включало анализ национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», Концепции создания и развития сетей 5G/IMT-2020 в Российской Федерации, научных публикаций ELIBRARY.RU, информационной интернет-платформы PubMed Central, интернет-платформы EMF-Portal RWTH Aachen University, интернет-ресурсов PubMed Central и др.

Представлено обоснование необходимости непрерывного прогнозирования воздействия радиочастотного излучения на население и структура прогноза. Показана важность прогнозирования для своевременной разработки нормативно-правовых актов, методических документов, технических и организационных мероприятий по защите населения от воздействия электромагнитных полей и необходимость системного подхода к обеспечению электромагнитной безопасности населения.

В условиях развития цифровой экономики крайне актуальна разработка технико-гигиенического прогноза воздействия радиочастотного электромагнитного излучения на население и научное обоснование мероприятий по защите от ЭМП. При формировании прогноза необходимо применение системного подхода для согласования всего комплекса мероприятий по обеспечению электромагнитной безопасности населения. Разработка прогнозов требует тесного межведомственного и междисциплинарного взаимодействия. Исследования и научные разработки в области электромагнитной безопасности населения должны иметь государственное финансирование. Направление «Электромагнитная безопасность» целесообразно включить в национальную программу «Цифровая экономика Российской Федерации».

Ключевые слова: цифровая экономика; электромагнитные поля; прогнозирование; электромагнитная безопасность

Для цитирования: Горбанев С.А., Никитина В.Н. Актуальность технико-гигиенического прогноза при воздействии радиочастотного электромагнитного излучения на население в условиях цифровой экономики. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(9). <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-614-617>

Для корреспонденции: Никитина Валентина Николаевна, зав. отд. изучения электромагнитных излучений ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», д-р мед. наук. E-mail: nikitina@s-znc.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 15.06.2020 / **Дата принятия к печати:** 12.08.2020 / **Дата публикации:** 07.10.2020

Sergey A. Gorbanev, Valentina N. Nikitina

Relevance of technical and hygienic prognosis of the impact of radio frequency electromagnetic radiation on the population in the digital economyNorth-West Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya str., St. Petersburg, Russia, 191036

The functioning of the digital economy is accompanied by the intensive development of mobile communication system, the introduction of numerous wireless devices for various purposes that create radio frequency electromagnetic radiation in the human environment. It is important to solve the problems of ensuring electromagnetic safety of the population.

The aim of the study is to substantiate the need for a technical and hygienic prognosis of the impact of radio frequency of electromagnetic radiation on the population in the digital economy in order to develop science — based recommendations for the prevention of the negative impact of EMF on the health of the population. The significance of forecasting is considered on the example of the development of a mobile radio communication system.

The study included an analysis of the national program "Digital economy of the Russian Federation", "Concepts for creating and developing 5G/IMT-2020 networks in the Russian Federation", and scientific publications ELIBRARY.RU, PubMed Central Internet information platform, EMF-Portal RWTH Aachen University Internet platform, PubMed Central Internet resources and others.

The rationale for the need for continuous forecasting of the impact of radio frequency radiation on the population and the structure of the forecast are presented. The article shows the importance of forecasting for the timely development of legal acts, methodological documents, technical and organizational measures to protect the population from the effects of electromagnetic fields and the need for a systematic approach to ensuring the electromagnetic safety of the population.

In the context of the development of the digital economy, it is extremely relevant to develop a technical and hygienic forecast of the impact of radio frequency electromagnetic radiation on the population and scientific justification of measures to protect the population from EMF. When forming a forecast, it is necessary to apply a systematic approach to coordinate the entire range of measures to ensure electromagnetic safety of the population. The development of forecasts requires strong interdepartmental and interdisciplinary interaction. Research and scientific development in the field of electromagnetic safety of the population should have state funding. The "electromagnetic security" direction should be included in the national program "Digital economy of the Russian Federation".

Key words: digital economy; electromagnetic fields; forecasting; electromagnetic security

For citation: Gorbanev S.A., Nikitina V.N. Relevance of technical and hygienic prognosis of the impact of radio frequency electromagnetic radiation on the population in the digital economy. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60(9). <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-614-617>

For correspondence: Valentina N. Nikitina, head of electromagnetic radiation research department, North-West Public Health Research Center, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: nikitina@s-znc.ru

Funding. The study had no funding.

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

Information about authors:

Nikitina V.N. <https://orcid.org/0000-0001-8314-2044> Gorbanev S.A. <https://orcid.org/0000-00025840-4185>

Received: 15.06.2020 / **Accepted:** 12.08.2020 / **Published:** 07.10.2020

В перечне физических факторов окружающей среды, способных оказывать неблагоприятное влияние на здоровье человека, электромагнитные поля (ЭМП) неионизирующей природы, относящиеся к радиочастотному спектру, занимают особое место. Научно-технический прогресс делает неизбежным воздействием ЭМП радиочастот на население. В 2018 г. была утверждена национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации»¹ (далее — Программа). Цифровая экономика представляет собой хозяйственную деятельность, ключевым фактором в которой являются данные в цифровой форме. Развитие цифровой экономики сопровождается масштабным внедрением радиочастотных беспроводных устройств различного назначения во все сферы деятельности человека и в бытовые условия. С ростом числа источников ЭМП существенно усложняется электромагнитная обстановка (ЭМО) в среде обитания человека, представляющая собой совокупность электромагнитных явлений, процессов в заданной области пространства. В значительной степени это связано с развитием сети мобильной радиосвязи. В Программе отдельным направлением прописано развитие сети мобильной связи 5G. Устойчивое покрытие 5G во всех крупных городах России (с численностью 1 млн. человек и более) запланировано к 2024 г. В этих условиях особую актуальность приобретают стратегические исследования, направленные на обеспечение электромагнитной безопасности (ЭМБ) населения — системы организационных и технических мероприятий, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электромагнитного поля².

Цель исследования — обосновать необходимость технико-гигиенического прогноза при воздействии радиочастотного электромагнитного излучения на население в условиях цифровой экономики для разработки научно-обоснованных рекомендаций по профилактике негативного влияния ЭМП на здоровье населения. Значимость прогноза рассмотрена на примере развития систем подвижной радиосвязи.

Исследование включало анализ национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», Концепции создания и развития сетей 5G/IMT-2020 в Российской Федерации³, научных публикаций *ELIBRARY.RU*, информационной интернет-платформы *PubMed Central*, информационной интернет-платформы *EMF-Portal RWTH Aachen University*, интернет-ресурсов *PubMed Central* и др.

Прогнозирование является необходимым условием целенаправленного прогресса в любой области науки и практики. Особенно важно оно в областях знаний, где объектом исследования или управления является сложная, многокомпонентная, быстро развивающаяся система. Именно к такой области науки и практики относится цифровая экономика, развитие которой требует многокомпонентного прогнозирования. Мы остановимся на одном аспекте — технико-гигиеническом прогнозировании обеспечения электромагнитной безопасности населения в условиях интенсивного развития средств мобильной связи. Под технико-гигиеническим прогнозированием понимается разработка и внедрение современного оборудования и технологических процессов, в которых решение технических задач сочетается с решением задач по оптимизации окружающей среды, в нашем случае — с обеспечением электромагнитной безопасности населения. В современных условиях существенно возросло общественное внимание к проблемам электромагнитного загрязнения окружающей среды, особенно к электромагнитным излучениям от антенн базовых станций (БС), в том числе в связи с развитием сети связи пятого поколения. Излучение от антенны базовых

станций расценивается как источник вынужденного риска здоровью населения.

В публикациях рассматриваются критические характеристики и отдельные аспекты электромагнитной безопасности перспективных сетей связи поколения 5G/IMT-2020 [1–3]. Однако, необходимо отметить, что существенным с точки зрения усложнения электромагнитной обстановки в окружающей среде, является одновременное с 5G функционирование в сетях 2G, 3G и 4G. На наш взгляд, при технико-гигиеническом прогнозировании электромагнитной обстановки в новых условиях (внедрение средств мобильной связи пятого поколения) необходимо освещение ряда вопросов. Первое — в прогнозе должен быть представлен обобщенный анализ современной электромагнитной обстановки при эксплуатации БС с оценкой уровней ЭМП и изменение ЭМО при внедрении 5G. Теоретические расчеты значений плотности потока энергии (ППЭ), связанные с внедрением 5G, представляются на основании прогнозирования и оценки уровней ЭМП, создаваемых антеннами базовых станций (БС) на открытой территории при различных вариантах размещения антенн с учетом использования инфраструктуры сетей связи предыдущих поколений, а также увеличения пространственной плотности источников ЭМП. Прогнозируются уровни ЭМП при установке БС внутри общественных и административных зданий. При этом важно определить зоны, где прогнозируемые значения ППЭ превышают гигиенический норматив ЭМП РЧ — 10 мкВт/см², представленный в СанПиН 2.1.8./2.2.4.1190-03⁴, с учетом которого были установлены зоны ограничения застройкой. Важен прогноз уровней ЭМП у пользователя абонентского терминала при излучении антенн технологии MIMO. Такие исследования проводятся сейчас во многих зарубежных странах [4].

При прогнозировании необходимо проведение критического анализа существующих методик определения уровней ЭМП расчетными и инструментальными методами, указать направления их совершенствования с учетом новых частотных диапазонов и характеристик антенных технологии 5G. Другой проблемой, подлежащей рассмотрению в прогнозе, является анализ текущего состояния и перспектив развития отечественной измерительной техники инструментального контроля уровней ЭМП. За рубежом авторы отмечают сложность измерения многочастотных широкополосных, модулированных ЭМП различных стандартов мобильной связи, погрешность селективных приборов. Рассматриваются методические вопросы измерения ЭМП, применения индивидуальных дозиметров, проведения измерений с помощью дронов [5–8]. В прогнозе должна быть дана оценка современных приборов — измерителей ЭМП радиочастотного диапазона, рассмотрены перспективные направления разработки и создания отечественных селективных средств измерения ЭМП средств подвижной связи и актуальность технического перевооружения органов надзора и контроля, центров, осуществляющих услуги по измерению уровней электромагнитных полей.

В прогнозе должен быть представлен анализ нормативно-правовых актов (НПА) и нормативно-методических документов в области защиты населения от радиочастотных электромагнитных полей. К ним относятся в том числе, государственные стандарты и санитарно-эпидемиологические нормативные документы. В «Концепция создания и развития сетей 5G/IMT-2020 в Российской Федерации» (п. 7.4.) «Направления разработки НПА, необходимых для обеспечения электромагнитной безопасности при внедрении РЭС сетей связи стандарта 5G/IMT-2020 в Российской Федерации» говорится о необходимости внесения изменений в действующие нормативно-методические документы санитарного законодательства: СанПиН 2.1.8./2.2.4.1383-03, СанПиН 2.1.8./2.2.4.1190-03⁵

¹ Протокол заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 24.12.2018 № 16

² ГОСТ 51070-97 «Измерители напряженности электрического и магнитного поля. Общие технические требования и методы испытаний»

³ Приказ Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций № 923 от 27.12.2019 г. об утверждении Концепции создания и развития сетей 5G/IMT-2020 в Российской Федерации

⁴ СанПиН 2.1.8./2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи»

⁵ СанПиН 2.1.8./2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов»

и МУК 4.3.1677-03⁶. С этим нельзя не согласиться. СанПиН 2.1.8./2.2.4.1190-03 устанавливает для средств сухопутной подвижной связи предельно допустимые уровни ЭМП для диапазона частот 27–2400 МГц. Для частот частоте выше 2400 МГц гигиенический норматив отсутствует, в то время как в стандарте 5G будут использоваться другие полосы частот. Представленные в МУК 4.3.1677-03 методы расчетного прогнозирования уровней ЭМП и инструментальных измерений не учитывают особенности технологии средств подвижной связи пятого поколения. К сожалению, в Концепции не рассматривается необходимость внесения изменений в другие документы, в частности, в ГОСТ Р 55815-2013⁷. В документе не предусмотрено проведение технических и организационных мероприятий по минимизации облучения населения.

Одной из ключевой задач, поставленных в национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации», является образование и кадры. Важность проблемы защиты населения от ЭМП диктуют необходимость подготовки инженерных кадров по специальности «Электромагнитная безопасность». Данный вопрос также должен найти отражение в технико-гигиеническом прогнозе. Подготовка специалистов по данному направлению крайне актуальна ввиду сложности радиоэлектронных средств и режимов функционирования передающих радиотехнических объектов (ПРТО). Специалисты в области ЭМБ должны уметь компетентно осуществлять теоретическое прогнозирование ЭМП для целей разработки санитарно-защитных зон и зон ограничения от ПРТО, установленных на объектах капитального и некапитального строительства, разрабатывать вопросы программного обеспечения мониторинга электромагнитной обстановки, проводить измерения ЭМП, разрабатывать технические и организационные мероприятия по снижению уровней ЭМП. Они будут востребованы в отрасли связи, учреждениях Роспотребнадзора, испытательных центрах, аккредитованных на определение уровней ЭМП.

В прогнозе должен быть представлен анализ современных данных по оценке риска здоровью при воздействии ЭМИ, создаваемых ПРТО. В зарубежной научной литературе анализируется вероятностный прогноз риска здоровью в связи с внедрением 5G [9]. Изучаются проблемы восприятия населением риска от воздействия ЭМП радиочастот [10–12]. В заключительной части технико-гигиенического прогноза воздействия радиочастотного электромагнитного излучения на население должен быть представлен комплекс научно обоснованных предложений по обеспечению электромагнитной безопасности населения. Предложения должны включать нормативно-правовое обеспечение, системные и технологические решения, организационные мероприятия, применения современных материалов, экранирующих ЭМП радиочастотного диапазона и другие направления.

Обсуждение. Внедрение цифровой экономики сопровождается интенсивным развитием информационно-телекоммуникационных технологий и насыщением среды обитания людей радиочастотными электромагнитными излучениями. В статье

⁶ МУК 4.3.1677-03 «Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ вещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи»

⁷ ГОСТ Р 55815-2013 «Безопасность объектов и средств связи. методы исследований и расчета уровней электромагнитных излучений при проектировании объектов связи»

обсуждается актуальность технико-гигиенического прогноза воздействия ЭМП радиочастот на население на примере развития систем подвижной радиосвязи. Такой прогноз носит вероятностный характер и должен осуществляться, на наш взгляд, непрерывно, ввиду постоянного развития стандартов, оборудования и сетей подвижной радиосвязи. Прогноз позволяет разработать научно обоснованные рекомендации по защите населения от неблагоприятного воздействия радиочастотных электромагнитных излучений. Отсутствие прогноза, учитывающего оптимизацию электромагнитной среды обитания человека, приводит к отставанию разработки нормативно-правовых актов и методических документов, а также технических и организационных мероприятий по защите населения от неблагоприятного воздействия фактора. В тоже время необходима их опережающая разработка. Нельзя не отметить, что в «Концепции создания и развития сетей 5G/ИМТ-2020 в Российской Федерации» в разделе обеспечения электромагнитной безопасности рассматривается только одно направление — совершенствование санитарных привил и норм, однако не представлены системные и технические (технологические) решения по минимизации воздействия ЭМП на население. Осуществление конкретных мероприятий по оптимизации электромагнитной среды обитания связано с научно-техническим прогрессом отрасли связи и является вторичным. Однако без учета гигиенических аспектов защиты населения от воздействия ЭМП технологическое прогнозирование развития отрасли связи, на наш взгляд, не будет полноценным.

Мы остановились на необходимости формирования технико-гигиенического прогноза воздействия ЭМП радиочастот на население, в области отрасли связи. Вместе с тем, в условиях развития цифровой экономики, прогнозная оценка воздействия радиочастотных ЭМП на население требуется и по другим направлениям применения радиоизлучающей техники. Появление Интернета вещей, бес-проводных бытовых техники, увеличение числа других беспроводных устройств различного назначения значительно увеличат воздействие ЭМП радиочастотного диапазона на население.

Процесс развития и эффективного функционирования цифровой экономики должен сопровождаться разработкой и проведением мероприятий по обеспечению электромагнитной безопасности населения.

В условиях развития цифровой экономики крайне актуально проведение непрерывного технико-гигиенического прогноза при воздействии радиочастотного электромагнитного излучения на население с разработкой научно обоснованных мероприятий по защите от воздействия ЭМП.

Разработка прогнозов при воздействии ЭМП радиочастот на население требует тесного межведомственного и междисциплинарного взаимодействия, участия инженеров, врачей, специалистов в области гигиенического нормирования ЭМП и оценки риска здоровью и др.

Исследования и научные разработки в области электромагнитной безопасности населения должны иметь государственное финансирование. Направление «Электромагнитная безопасность» целесообразно включить в национальную программу «Цифровая экономика Российской Федерации».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М., Сподобаев М.Ю. Электромагнитная безопасность: критические характеристики сетей 5G. *Электросвязь*. 2019; 4: 53–8.
2. Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М., Сподобаев М.Ю. Базисные аспекты концепции электромагнитной безопасности перспективных сетей связи поколения 5G/ИМТ-2020. *Электросвязь*. 2019; 4: 48–52.
3. Мордачев В.И. Электромагнитная безопасность широкополосных систем мобильной связи новых поколений. *Доклады БГУИР*. 2018; 3(113): 39–46.
4. Michel Matalatala, Margot Deruyck, Sergei Shikhantsov et al. Multi-Objective Optimization of Massive MIMO 5G Wireless Networks towards Power Consumption, Uplink and Downlink Exposure. *Appl. Sci.* 2019; 9: 49–74.
5. Bhatt C.R., Redmayne M., Abramson M.J. et al. Instruments to assess and measure personal and environmental radiofrequency-electromagnetic field exposures. *Australas Phys Eng Sci Med*. 2016 Mar; 39(1): 29–42. <https://doi.org/10.1007/s13246-015-0412-z>
6. Ramirez-Vazquez R., Gonzalez-Rubio J, Arribas E. et al. Personal

- RF-EMF exposure from mobile phone base stations during temporary events. *Environ Res.* 2019 Aug; 175: 266–273. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.05.033>
7. Sagar S., Struchen B., Finta V. et al. Use of portable exposimeters to monitor radiofrequency electromagnetic field exposure in the everyday environment. *Environ Res.* 2016 Oct; 150: 289–298. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.06.020>
 8. Joseph W., Aerts S., Vandenbossche M. et al. Drone based measurement system for radiofrequency exposure assessment. *Bioelectromagnetics.* 2016 Apr; 37(3): 195–9. <https://doi.org/10.1002/bem.21964>
 9. 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. *Med Pr.* 2020 Jan 20; 71(1): 105–3. <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00867>
 10. Di Ciaula A. Towards 5G communication systems: Are there health implications? *Int J Hyg Environ Health.* 2018 Apr; 221(3): 367–375. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.011>
 11. Gallastegi M., Jiménez-Zabala A., Molinuevo A. et al. Exposure and health risks perception of extremely low frequency and radiofrequency electromagnetic fields and the effect of providing information. *Environ Res.* 2019; 169: 501–509. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.11.042>
 12. Zeleke B.M., Bhatt C.R., Brzozek C. et al. Radiofrequency electromagnetic field exposure and risk perception: A pilot experimental study. *Environ Res.* 2019; 170: 493–99. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.12.058>

REFERENCES

1. Maslov M.Yu., Spodobae Yu.M., Spodobae M.Yu. Electromagnetic safety: critical features of 5G networks. *Telecommunication.* 2019; 4: 53–58 (in Russian).
2. Maslov M.Yu., Spodobae Yu.M., Spodobae M.Yu. Basic aspects of the concept of electromagnetic security of promising communication networks of generation 5G/IMT-2020. *Telecommunication.* 2019; 4: 48–52 (in Russian).
3. Mordachev V.I. Electromagnetic safety of broadband systems of mobile communications of new generations. *BSUIR reports.* 2018; 3(113): 39–46 (in Russian).
4. Michel Matalatala, Margot Deruyck, Sergei Shikhantsov et al. Multi-Objective Optimization of Massive MIMO 5G Wireless Networks towards Power Consumption, Uplink and Downlink Exposure. *Appl. Sci.* 2019; 9: 49–74.
5. Bhatt C.R., Redmayne M., Abramson M.J. et al. Instruments to assess and measure personal and environmental radiofrequency-electromagnetic field exposures. *Australas Phys Eng Sci Med.* 2016 Mar; 39(1): 29–42. <https://doi.org/10.1007/s13246-015-0412-z>
6. Ramirez-Vazquez R., Gonzalez-Rubio J, Arribas E. et al. Personal RF-EMF exposure from mobile phone base stations during temporary events. *Environ Res.* 2019 Aug; 175: 266–273. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.05.033>
7. Sagar S., Struchen B., Finta V. et al. Use of portable exposimeters to monitor radiofrequency electromagnetic field exposure in the everyday environment. *Environ Res.* 2016 Oct; 150: 289–298. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.06.020>
8. Joseph W., Aerts S., Vandenbossche M. et al. Drone based measurement system for radiofrequency exposure assessment. *Bioelectromagnetics.* 2016 Apr; 37(3): 195–9. <https://doi.org/10.1002/bem.21964>
9. 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. *Med Pr.* 2020 Jan 20; 71(1): 105–3. <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00867>
10. Di Ciaula A. Towards 5G communication systems: Are there health implications? *Int J Hyg Environ Health.* 2018 Apr; 221(3): 367–375. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.011>
11. Gallastegi M., Jiménez-Zabala A., Molinuevo A. et al. Exposure and health risks perception of extremely low frequency and radiofrequency electromagnetic fields and the effect of providing information. *Environ Res.* 2019; 169: 501–509. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.11.042>
12. Zeleke B.M., Bhatt C.R., Brzozek C. et al. Radiofrequency electromagnetic field exposure and risk perception: A pilot experimental study. *Environ Res.* 2019; 170: 493–99. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.12.058>