



Егорова А.М., Луценко Л.А., Сухова А.В., Колюка В.В., Турдыев Р.В.

## Гигиеническая оценка влияния сетей сотовой связи 5G/ИМТ-2020 на здоровье населения (обзор литературы)

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 141014, Мытищи, Россия

Программой «Цифровая экономика Российской Федерации» утверждена Концепция создания и развития сетей 5G/ИМТ-2020. Развитие связи 5G оказывает существенное влияние на реализацию многих инновационных проектов и инициатив: проекта «Умный город», «Беспилотный транспорт» и др. Наряду с большими техническими преимуществами по сравнению со связью предыдущих поколений (2G, 3G, 4G) технология 5G имеет совсем иные излучающие характеристики: большее количество излучающих элементов, модуляция сигналов, трёхмерный луч, возможность управления лучом, СВЧ (сверхвысокие) и КВЧ (крайне высокие) диапазоны радиочастот и сантиметровые и миллиметровые длины волн электромагнитного излучения. Поэтому особенно актуальной проблемой становится обеспечение безопасности воздействия на организм человека неионизирующих электромагнитных полей диапазона радиочастот (30 кГц – 300 ГГц). Проведён поиск литературы о биологических эффектах сотовой связи 5G и электромагнитного излучения сантиметрового и миллиметрового диапазонов 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 др. В настоящее время установлены предварительные и противоречивые данные о влиянии 5G. Быстро растущая плотность беспроводных устройств и антенн (с учётом будущих сетей 5G) повышает риск здоровью населения от воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ), так как глубина проникновения для КВЧ-излучения 5G составляет всего несколько миллиметров. На этих длинах волн возможны резонансные явления на клеточном и молекулярном уровнях, в частности, в отношении способности СВЧ и КВЧ стимулировать окислительные процессы, повреждать ДНК. Влияние миллиметрового диапазона ЭМП РЧ малоизучено, возможно возникновение онкологических и неонкологических (влияние на репродуктивную, иммунную системы и др.) эффектов. С помощью методов численного моделирования резонансов излучения ЭМП на насекомых Thielens A. и соавт. (2018), установили значительное общее увеличение поглощённой радиочастотной мощности на частоте 6 ГГц и выше по сравнению с частотой ниже 6 ГГц.

**Ключевые слова:** электромагнитные поля; 5G; миллиметровые волны; обзор

**Для цитирования:** Егорова А.М., Луценко Л.А., Сухова А.В., Колюка В.В., Турдыев Р.В. Гигиеническая оценка влияния сетей сотовой связи 5G/ИМТ-2020 на здоровье населения. *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (9): 929–932. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-929-932>

**Для корреспонденции:** Егорова Анна Михайловна, доктор мед. наук, зав. отд. медицины труда ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи. E-mail: egorovaam@ferisman.ru

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Участие авторов:** Егорова А.М. – сбор данных литературы, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; Луценко Л.А. – редактирование, утверждение окончательного варианта статьи; Сухова А.В. – написание текста, редактирование; Колюка В.В. – сбор данных литературы; Турдыев Р.В. – сбор данных литературы, написание текста.

Поступила 15.06.2021 / Принята к печати 17.08.2021 / Опубликовано 20.09.2021

Anna M. Egorova, Lydiya A. Lutsenko, Anna V. Sukhova, Vyacheslav V. Kolyuka, Rustam V. Turdyev

## Hygienic assessment of the impact of 5G/ИМТ-2020 communication networks on public health (literature review)

Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytishchi, 141014, Russian Federation

The program “Digital Economy of the Russian Federation” approved the Concept for the creation and development of 5G / ИМТ-2020 networks. The development of 5G communications will significantly impact the implementation of many innovative projects and initiatives: the Smart City project, Unmanned Transport, etc. Along with significant technical advantages compared to previous generations of communication (2G, 3G, 4G), 5G technology has completely different emitting characteristics: more emitting elements, signal modulation, three-dimensional beam, the ability to control the beam, SHF (ultra-high) and EHF (extremely high) radio frequency ranges and centimetre and millimetre wavelengths of electromagnetic radiation.

Therefore, it is becoming an especially urgent problem to ensure exposure to the human body of non-ionizing electromagnetic fields of the radio frequency range (30 kHz–300 GHz). The authors searched the literature on the biological effects of 5G cellular communications and electromagnetic radiation in the centimetre and millimetre ranges using the appropriate keywords in PubMed search engines, Scopus, Web of Science, Medline, The Cochrane Library, EMBASE, Global Health, CyberLeninka, RSCI and others.

There is currently tentative and conflicting evidence on the impact of 5G. The rapidly growing density of wireless devices and antennas (considering future 5G networks) increases the public health risk from exposure to RF EMFs as the penetration depth for 5G EHF radiation is only a few millimetres. At these wavelengths, resonance phenomena are possible at the cellular and molecular levels, particularly concerning stimulating SHF and EHF oxidative processes and damaging DNA. The influence of the millimetre range of RF-EMF is poorly understood; oncological and non-oncological (impact on the reproductive, immune systems, etc.) effects are possible. Using numerical simulation methods of EMF radiation resonances on insects, Thielens A et al., 2018, found a significant overall increase in the absorbed RF power at a frequency of 6 GHz and higher than a frequency below 6 GHz.

**Keywords:** electromagnetic fields; 5G; millimeter waves; review

**For citation:** Egorova A.M., Lutsenko L.A., Sukhova A.V., Kolyuka V.V., Turdyev R.V. Hygienic assessment of the impact of 5G/ИМТ-2020 communication networks on public health (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100 (9): 929–932. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-929-932> (In Russ.)

**For correspondence:** Anna M. Egorova, MD, PhD DSci, Head of the Department of Occupational Medicine of the Institute of Complex Problems of Hygiene of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytishchi, 141014, Russian Federation. E-mail: egorovaam@fiferisman.ru

**Information about authors:**

Egorova A.M., <https://orcid.org/0000-0002-7929-9441> Lutsenko L.A., <https://orcid.org/0000-0001-7127-1404> Sukhova A.V., <https://orcid.org/0000-0002-1915-1138>  
Kolyuka V.V., <https://orcid.org/0000-0002-2623-4388> Turdyev R.V., <https://orcid.org/0000-0002-3465-9191>

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

**Acknowledgment.** The study had no sponsorship.

**Contribution:** Egorova A.M. – collection of literature data, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article; Lutsenko L.A. – editing, approval of the final version of the article; Sukhova A.V. – text writing, editing; Kolyuka V.V. – collection of literature data; Turdyev R.V. – collection of literary data, text writing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Received: June 15, 2021 / Accepted: August 17, 2021 / Published: September 20, 2021

Программой «Цифровая экономика Российской Федерации» утверждена Концепция создания и развития сетей 5G/IMT-2020. Развитие связи 5G окажет существенное влияние на реализацию многих инновационных проектов и инициатив: проекта «Умный город», «Беспилотный транспорт», позволит реализовать полномасштабные услуги виртуальной и дополненной реальности, дистанционное хирургическое вмешательство; спасательные работы; автономное вождение автомобиля; Интернет вещей и др.

Наряду с большими техническими преимуществами по сравнению со связью предыдущих поколений (2G, 3G, 4G) технология 5G имеет совсем иные излучающие характеристики: большее количество излучающих элементов, модуляцию сигналов, трёхмерный луч, возможность управления лучом, иной спектральный диапазон радиочастот.

Сети 5G будут работать в нескольких разных полосах частот, из которых более низкие частоты предлагаются для первого этапа сетей 5G. Некоторые из этих частот (главным образом ниже 1 ГГц) фактически использовались или используются в настоящее время для более ранних поколений мобильной связи. Новые полосы 5G, которые предполагается использовать в России, по сравнению с сетями связи предыдущих поколений будут иметь СВЧ (сверхвысокие) и КВЧ (крайне высокие) диапазоны радиочастот и сантиметровые и миллиметровые длины волн электромагнитного излучения.

Критерии безопасности для электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) отечественные и зарубежные различны. Так, Международной комиссией по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP) установлены ПДУ плотности потока энергии в диапазоне частот 10–300 ГГц 50 Вт/м<sup>2</sup> для профессионального воздействия и 10 Вт/м<sup>2</sup> для населения [1].

ICNIRP в качестве основных ограничений для переменных электрических и магнитных полей с частотой до 10 ГГц установила показатель удельной поглощённой мощности (SAR) [1]. Однако установленные ICNIRP нормы основаны на исключительно тепловых эффектах и не учитывают возможные репродуктивные, метаболические, неврологические, иммунологические, канцерогенные и иные негативные воздействия ЭМП РЧ, а также результаты исследований IARC.

Международное агентство по исследованию рака (IARC) в мае 2011 г. отнесло ЭМП, создаваемое аппаратами сотовой связи, к категории 2 В – потенциальных канцерогенов для людей – по рискам развития глиом у пользователей мобильных телефонов при длительной (более 10 лет) эксплуатации [2].

Востребованность современного общества в высокотехнологичных способах реализации голосовой связи, передачи информации, дистанционного контроля и наблюдения обусловила существенное расширение сферы воздействия ЭМП РЧ на огромные контингенты населения разных возрастов, включая и профессиональных работников. Поэтому особенно актуальной проблемой становится обеспечение безопасности воздействия на организм человека неионизирующих ЭМП РЧ (30 кГц – 300 ГГц).

Проведён анализ результатов отечественных и международных исследований о влиянии ЭМП РЧ, новых технологий 5G на здоровье населения и возможные биологические эффекты.

Имеются лишь единичные работы о влиянии 5G. Так, авторы [3] отмечают, что исследований о биологических эффектах ЭМП в диапазоне от 6 ГГц и выше недостаточно. Авторами проанализировано 94 публикации, посвящённые исследованиям *in vivo* или *in vitro*. Каждое исследование охарактеризовано по типу исследования, биологическому материалу (вид, тип клеток и т. д.), биологической конечной точке, воздействию (частота, продолжительность воздействия, плотность мощности), результатам и определённым критериям качества. 80% исследований *in vivo* показали реакцию на воздействие, в то время как 58% исследований *in vitro* продемонстрировали эффекты. Не было установлено устойчивой зависимости между мощностью, продолжительностью или частотой воздействия ЭМП, а также эффектами воздействия.

В исследовании [4] авторы считают, что доказательства о биологических свойствах ЭМП РЧ постепенно накапливаются и являются противоречивыми, но свидетельствуют о возможном возникновении онкологических и неонкологических (в основном репродуктивных, метаболических, неврологических, иммунологических) эффектов. Особые опасения о неблагоприятном воздействии ЭМП РЧ возникают из-за быстро растущей плотности беспроводных устройств и антенн (также с учётом будущих сетей 5G), в повышении риска развития сахарного диабета [5], повышенной восприимчивости к ЭМП РЧ у детей [6–8], а также от воздействия ЭМП РЧ на клеточном и молекулярном уровне, в частности, в отношении способности стимулировать окислительные процессы [9, 10], повреждение ДНК [11, 12].

В статье [13] также приводятся доказательства того, что зарождающаяся технология мобильной сети 5G будет влиять не только на кожу и глаза, как принято считать, но также будет иметь неблагоприятные системные последствия. Потенциальные неблагоприятные воздействия 5G связывают с характеристиками излучения и его взаимодействиями с тканями и структурами-мишенями. Глубина проникновения для несущей частотной составляющей высокочастотного 5G беспроводного излучения будет порядка нескольких миллиметров [14, 15]. На этих длинах волн можно ожидать резонансных явлений с мелкими человеческими структурами [16].

Численное моделирование резонансов излучения миллиметровых волн с насекомыми показало общее увеличение поглощённой радиочастотной мощности на частоте 6 ГГц и выше по сравнению с поглощённой радиочастотной мощностью ниже 6 ГГц. Прогнозируется, что смещение 10% плотности падающей мощности к частотам выше 6 ГГц приведёт к увеличению поглощённой мощности на 3–370% [17].

Есть мнение, что 5G может оказать только неблагоприятное поверхностное действие на кожу и глаза. Однако имеются данные, что инициированные миллиметровыми волнами на коже биологические реакции приводят к системному ответу сердечно-сосудистой, нервной и иммунной систем [18].

Исследование [19] посвящено изучению биологического влияния миллиметровых радиоволн. Автор провела эксперименты с использованием потоков мощности 10 000 000 мкВт/м<sup>2</sup> и частот порядка 60 ГГц. Показано негативное влияние не только на кожу, но и на ткани сердца,

печени, почек, селезёнки, свойства крови и костного мозга. Эти результаты свидетельствуют о системном воздействии излучений миллиметрового диапазона на организм. В экспериментах Залюбовской Н.П. входящий сигнал имел только немодулированную несущую частоту. Воздействие современных модулированных сигналов миллиметровых радиоволн не изучено. Таким образом, волны миллиметрового диапазона оказывают системный эффект, а не только умеренное воздействие на кожу и глаза, что свидетельствует о необходимости дальнейшего их изучения.

В исследовании [20] отмечается, что миллиметровые волны с длиной волны от 1 до 10 мм по своей природе могут быть акустическими или электромагнитными. В России низкоинтенсивные миллиметровые волны КВЧ-диапазона используются для лечения большого разнообразия заболеваний. Теоретические основы КВЧ-терапии были разработаны в середине 1980-х годов под руководством Н.Д. Девяткова и М.Б. Голанта. Первый аппарат для КВЧ-терапии «Явь-1» был разработан в НПО «Исток». КВЧ-терапия – это применение низкоинтенсивных электромагнитных волн миллиметрового диапазона в качестве альтернативного лечения различных заболеваний: сердечно-сосудистых и кожных заболеваний, заживления ран и т. д. Обычный режим терапии состоит из 15–30 мин ежедневного лечения в течение 5–15 дней. Однако КВЧ-терапия имеет ряд противопоказаний, облучение КВЧ противопоказано при наличии у пациента имплантированного искусственного водителя ритма сердца.

В работе [21] показано, что при воздействии на криоконсервированные сперматозоиды человека миллиметровым ЭМИ 0,03 мВт/см<sup>2</sup> в течение 5 мин при нормозооспермии и 15 мин при астенозооспермии увеличилась доля подвижных сперматозоидов.

В работе [22] представлены экспериментальные данные по оценке биоэффективности низкоинтенсивного ЭМИ крайне высокого диапазона (КВЧ-диапазона) с шумовым спектром на уровне морфофизиологических показателей на секомах. Отмечено наличие зависимости «время-эффект», которая проявляется, в частности, в ингибировании роста массы тела при времени облучения 5 мин и стимуляции при экспозиции 15 мин. Установлено, что эффект ЭМИ КВЧ отличается разнонаправленностью, которая проявляется в зависимости от пола особи и времени облучения (более выраженный эффект стимуляции у самок, чем у самцов); установлено наличие отдалённых последствий облучения у потомков. Полученные результаты позволили авторам заключить о наличии зависимости «время-эффект» и о половых различиях в его проявлении.

Статья [23] посвящена результатам экспериментального изучения изменчивости показателей признаков разного уровня значимости (популяционного, организменного, молекулярно-генетического) с целью оценки влияния ЭМИ КВЧ как одного из физических факторов среды обитания, воздействующего на организм человека. Исследования осуществлялись на лабораторной популяции *Drosophila melanogaster*. Содержание дрозофил проводили на стандартной питательной среде в специальных сосудах. На модельном генетическом объекте выявлены эффекты проявления данного фактора, которые определяли закономерности изменчивости численности особей в популяции, их массы тела и содержания РНК в организме в зависимости от дозы ЭМИ КВЧ при разных формах регуляции: на уровне функциональной асимметрии и в генотип-средовом контексте. Показано, что излучение КВЧ как фактор природного и техногенного происхождения, оказывая влияние на жизненно важные признаки развивающегося организма, требует внимания при комплексной гигиенической оценке факторов среды обитания.

В исследовании поведенческой реакции клещей в беззхвой камере [24] при облучении 900 и 5000 МГц установлено, что воздействие ЭМП РЧ на частоте 900 МГц вызывало более высокую концентрацию клещей на облучённой трубке по сравнению с ЭМП РЧ на частоте 5000 МГц, которая вызывала выход клещей на экранированную трубку, что свидетельствует о разном воздействии ЭМП РЧ 900 и 5000 МГц у *D. reticulatus*.

В «Стратегии развития медицинской науки в Российской Федерации до 2025 года» указано, что сохранение и укрепление здоровья нации требует системного подхода к формированию профилактической среды как основы общественного здоровья.

Новая технология 5G широко развёртывается в мире, однако риски для здоровья человека и окружающей среды при этом малоизучены [25]. Необходимо учитывать данные IARC при ВОЗ, которое в мае 2011 г. классифицировало радиочастотное излучение в диапазоне частот от 30 кГц до 300 ГГц как «возможный» канцероген для человека. Рекомендации Международной комиссии по защите от неионизирующего излучения основаны исключительно на парадигме теплового воздействия радиочастотного излучения на человека. В Женеве введён трёхлетний мораторий на развёртывание 5G из-за отсутствия исследований о влиянии на здоровье [26].

Таким образом, необходимо проведение дальнейших исследований электромагнитного воздействия сантиметровой и миллиметровой диапазонов с целью оценки их возможного неблагоприятного воздействия на организм, особенно на детей и подростков, а также лиц, имеющих кардиостимуляторы и другие искусственные водители ритма.

## Литература

(п.п. 1–21, 24–26 см. References)

22. Арсланов Т.А., Чернова Г.В., Эндебера О.П., Каплан М.А. Изменение морфофизиологических показателей DROSOPHILA melanogaster при воздействии КВЧ-излучения при различных временных режимах. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. 2001; (2): 57–61.
23. 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): 59–66. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-328-7-59-66>

## References

1. ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; 1998.
2. 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.
3. Simkó M., Mattsson M.O. 5G Wireless communication and health effects – a pragmatic review based on available studies regarding 6 to 100 GHz. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2019; 16(18): 3406. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183406>
4. Di Ciaula A. Towards 5G communication systems: Are there health implications? *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 2018; 221(3): 367–75. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.011>
5. Meo S.A., Alsubaie Y., Almubarak Z., Almutawa H., AlQasem Y., Hasanato R.M. 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): 14519–28. <https://doi.org/10.3390/ijerph121114519>
6. Redmayne M. International policy and advisory response regarding children's exposure to radio frequency electromagnetic fields (RF-EMF). *Electromagn. Biol. Med.* 2016; 35(2): 176–85. <https://doi.org/10.3109/15368378.2015.1038832>
7. 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): 323–35. <https://doi.org/10.1515/revh-2015-0030>
8. Sangün Ö., Dündar B., Çömlükçi S., Büyükgözü A. The effects of electromagnetic field on the endocrine system in children and adolescents. *Pediatr. Endocrinol. Rev.* 2015; 13(2): 531–45.

9. Friedman J., Kraus S., Hauptman Y., Schiff Y., Seger R. Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies. *Biochem. J.* 2007; 405(3): 559–68. <https://doi.org/10.1042/bj20061653>
10. Kesari K.K., Behari J. Evidence for mobile phone radiation exposure effects on reproductive pattern of male rats: role of ROS. *Electromagn. Biol. Med.* 2012; 31(3): 213–22. <https://doi.org/10.3109/15368378.2012.700292>
11. Duan W., Liu C., Zhang L., He M., Xu S., Chen C., et al. Comparison of the genotoxic effects induced by 50 Hz extremely low-frequency electromagnetic fields and 1800 MHz radiofrequency electromagnetic fields in GC-2 cells. *Radiat. Res.* 2015; 183(3): 305–14. <https://doi.org/10.1667/rr13851.1>
12. Solek P., Majchrowicz L., Bloniarz D., Krotoszynska E., Kozirowski M. Pulsed or continuous electromagnetic field induce p53/p21-mediated apoptotic signaling pathway in mouse spermatogenic cells *in vitro* and thus may affect male fertility. *Toxicology.* 2017; 382: 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2017.03.015>
13. Kostoff R.N., Heroux P., Aschner M., Tsatsakis A. Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions. *Toxicol. Lett.* 2020; 323: 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.01.020>
14. Alekseev S.I., Radzievsky A.A., Logani M.K., Ziskin M.C. Millimeter wave dosimetry of human skin. *Bioelectromagnetics.* 2008; 29(1): 65–70. <https://doi.org/10.1002/bem.20363>
15. Alekseev S.I., Gordienko O.V., Ziskin M.C. Reflection and penetration depth of millimeter waves in murine skin. *Bioelectromagnetics.* 2008; 29(5): 340–4. <https://doi.org/10.1002/bem.20401>
16. Betzalel N., Ben Ishai P., Feldman Y. The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not? *Environ. Res.* 2018; 163: 208–16. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.032>
17. Thielens A., Bell D., Mortimore D.B., Greco M.K., Martens L., Joseph W. Exposure of insects to radio-frequency electromagnetic fields from 2 to 120GHz. *Sci. Rep.* 2018; 8(1): 3924. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22271-3>
18. Russell C.L. 5G wireless telecommunications expansion: Public health and environmental implications. *Environ. Res.* 2018; 165: 484–95. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.016>
19. Zaliubovskaia N.P. Biological effect of the millimeter-range radiowaves. *Vrach. Delo.* 1977; (3): 116–9.
20. Ziskin M.C. Millimeter waves: acoustic and electromagnetic. *Bioelectromagnetics.* 2013; 34(1): 3–14. <https://doi.org/10.1002/bem.21750>
21. Volkova N.A., Pavlovich E.V., Gapon A.A., Nikolov O.T. Effects of millimeter-wave electromagnetic exposure on the morphology and function of human cryopreserved spermatozoa. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2014; 157(5): 574–6. <https://doi.org/10.1007/s10517-014-2618-6>
22. Arslanov T.A., Chernova G.V., Endebera O.P., Kaplan M.A. Changes in the morphophysiological parameters of *Drosophila melanogaster* under the influence of EHF radiation at different time regimes. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo.* 2001; (2): 57–61. (in Russian)
23. Chernova G.V., Sidorov P.V., Ergol'skaya N.V., Allenova E.A., Endebera O.P. Experimental evaluation of effects of electromagnetic radiation of extremely high frequency on the developing organism. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya.* 2020; (7): 59–66. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-328-7-59-66> (in Russian)
24. Vargová B., Majláth I., Kurimský J., Cimbala R., Kostelec M., Tryjanowski P., et al. Electromagnetic radiation and behavioral response of ticks: an experimental test. *Exp. Appl. Acarol.* 2018; 75(1): 85–95. <https://doi.org/10.1007/s10493-018-0253-z>
25. 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. <https://doi.org/10.3892/ol.2020.11876>
26. Environmental Health Trust. Three-year moratorium on 4G and 5G in Geneva, Switzerland. Available at: <https://ehtrust.org/three-year-moratorium-on-4g-5g-in-geneva-switzerland>