

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-583-586>

УДК 613: 614.3

© Коллектив авторов, 2020

Луценко Л.А., Сухова А.В., Турдыев Р.В.

## Гигиенический контроль уровней электромагнитных излучений радиочастотного диапазона от антенн базовых станций сотовой связи

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 2, Мытищи, Московская область, Россия, 141014

**Введение.** Стремительное развитие новых телекоммуникационных и информационных технологий, широкое внедрение систем подвижной сотовой радиосвязи приводит к модификации состояния электромагнитной обстановки на окружающей территории, изменяет условия контакта населения с источниками электромагнитных излучений радиочастот (ЭМИ РЧ).

**Цель исследования** — обобщить результаты анализа проектной документации на размещение БС сети подвижной радиотелефонной связи в части сопоставимости расчетных и фактически измеренных уровней электромагнитного излучения (ЭМИ) от передающих антенн; определить перспективные задачи гигиенического контроля безопасности работы базовых станций (БС).

**Материалы и методы.** Для гигиенического контроля уровней ЭМИ РЧ использованы серийные широкополосные измерители ПЗ-42 и NBM-550; методика, согласно МУК 4.3.1677-03 «Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи». Обследовано 74 БС, антенны которых являлись источником ЭМИ на частоте 2620-2640 МГц мощностью 24,2-24,4 Вт.

**Результаты.** Максимальная протяженность зоны ограничения застройки (ЗОЗ) от антенн БС колебалась от 16 м до 101 м — вне зависимости от мощности излучающих средств. В 50% случаев протяженность ЗОЗ составляла 30–45 м. В 40% случаев антенны БС установлены на кровлях невысоких зданий с ЗОЗ по высоте, опускающейся до 5-10 метров от уровня земли. Превышение расчетных значений ЭМИ по показателю плотности потока энергии (ППЭ) было определено для 50% БС. Инструментальные измерения ППЭ в 19,4% случаев показали превышение ПДУ, в 11,1% — превышение ПДУ отмечено только при учете расширенной неопределенности (РН) измерения ППЭ. Установлено, что в большей мере приближаются к расчетным значениям величины ППЭ, измеренные с учетом РН.

**Выводы.** Обоснованы рекомендации о необходимости расчета ЗОЗ по высоте и протяженности для нижних лепестков в направлении излучения антенн; учету коэффициента РН измеренных значений ППЭ для сохранения здоровья человека в условиях многофакторных источников ЭМИ РЧ. Определены перспективные задачи гигиенического контроля безопасности работы БС.

**Ключевые слова:** гигиенический контроль; риск здоровью населения; электромагнитное излучение; базовая станция; мобильная связь; контрольная точка; контур излучения антенн; зона ограничения застройки; меры профилактики

**Для цитирования:** Луценко Л.А., Сухова А.В., Турдыев Р.В. Гигиенический контроль уровней электромагнитных излучений радиочастотного диапазона от антенн базовых станций сотовой связи. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(9). <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-583-586>

**Для корреспонденции:** Луценко Лидия Александровна, гл. науч. сотр. отдела медицины труда Института комплексных проблем гигиены ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, д-р мед. наук, проф. E-mail: lidasmed@mail.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

Lidia A. Lutsenko, Anna V. Sukhova, Rustam V. Turdyev

## Hygienic strategy of mobile communication base station antennas radiofrequency electromagnetic field values modern control

F.F. Erisman Federal Research Center of Hygiene, 2, Semashko str., Mytishchi, Moscow region, Russia, 141014

**Introduction.** The urgency of the issue is due to the rapid development of new telecommunications and information technologies, the widespread introduction and distribution of cellular base stations (BS), which changes the conditions of contact of the population with sources of electromagnetic radiation of radio frequencies (EMR RF).

**The aim of the study** is to summarize the results of the analysis of the project documentation for the placement of mobile radiotelephone network BS in terms of comparability of calculated and actually measured levels of electromagnetic radiation (EMR) from transmitting antennas; to determine the prospective tasks of hygienic control of the safety of the BS.

**Materials and methods.** For hygienic control of EMR levels, serial broadband meters PZ-42 and NBM-550 were used; the method according to MUC 4.3.1677-03 "Determination of the levels of the electromagnetic field created by radiating technical means of television, FM radio broadcasting and base stations of land mobile radio communications". 74 BS were examined, whose antennas were a source of EMR at the frequency of 2620-2640 MHz with a power of 24.2–24.4 W.

**Results.** The maximum length of the building restriction zone (BRZ) from the BS antennas ranged from 16 m to 101 m, regardless of the power of the radiating means, in 50% of cases the length of the BRZ was 30–45 m. In 40% of cases, BS antennas are installed on the roofs of low-rise buildings with BRZ at a height that falls to 5–10 meters from ground level. The excess of the calculated EMR values in terms of energy flux density (EFD) was determined for 50% of the BS. Instrumental measurements of EFD in 19.4% of cases showed excess remote, 11.1% - exceeding marked only by considering the expanded uncertainty (EU) measurement EFD. It was found that the values of EFD measured with EU are more closely approximated to the calculated values.

**Conclusions.** Substantiated recommendations on whether the calculation of the era for height and length for the lower lobes in a radiation direction of antenna, recording ratio EU of the measured values of EFD for additional health human in multivariate emitters of EMR RF. The prospective tasks of hygienic control of the safety of the BS operation are defined.

**Keywords:** public health risk; hygienic control; electromagnetic radiation; base station; mobile communication; control point; antenna radiation contour; building restriction zone; prevention measures

**For citation:** Lutsenko L.A., Sukhova A.V., Turdyev R.V. Hygienic strategy of mobile communication base station antennas radiofrequency electromagnetic field values modern control. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60(9). <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-583-586>

**For correspondence:** Lidiya A. Lutsenko, chief scientific officer of the Department of occupational medicine of the Institute of complex hygiene problems of the F.F. Erisman Federal Research Center of Hygiene, Dr. of Sci. (Med.), prof. E-mail: lidasmed@mail.ru

**Information about authors:** Lutsenko L.A. <https://orcid.org/0000-0001-7127-1404>, Sukhova A.V. <https://orcid.org/0000-0002-1915-1138>

**Funding.** The study had no funding.

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

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

**Введение.** Актуальность вопроса обусловлена стремительным развитием новых телекоммуникационных и информационных технологий, в т. ч. широким внедрением и распространением базовых станций сотовой связи [1–3].

Ключевой особенностью сложившейся ситуации стало формирование базовыми станциями (БС) сотовой радиосвязи постоянного и повсеместного электромагнитного фона в диапазоне частот от 400 до 3000 МГц, создания условий для достаточно медленного, но неизбежного и тотального накопления суммарной энергетической экспозиции представителями всех групп населения [4, 5]. Это привело к модификации состояния электромагнитной обстановки и коренным образом изменило условия контакта населения с источниками электромагнитных излучений в диапазоне радиочастот (ЭМИ РЧ) [6].

**Цель исследования** — обобщить результаты анализа проектной документации на размещение базовых станций (БС) сети подвижной радиотелефонной связи в части сопоставимости расчетных и фактически измеренных уровней электромагнитного излучения (ЭМИ) от передающих антенн; определить перспективные задачи гигиенического контроля безопасности работы БС.

**Материалы и методы.** Проведен анализ проектной документации на размещение и эксплуатацию приемно-передающих антенн БС сети радиотелефонной связи; использованы результаты собственных измерений уровней ЭМИ РЧ на стадии выдачи разрешения на эксплуатацию БС передающих радиотехнических объектов [7].

В разработку включены 74 базовые станции (БС), антенны которых являлись источником электромагнитного излучения на частоте 2620–2640 МГц при мощности излучающих антенн 24,2–24,4 Вт [7].

Для гигиенического контроля уровней ЭМИ РЧ использованы серийные широкополосные измерители ПЗ-42 (ООО «СКБ ПуТОН», г. Нижний Новгород, Россия) и NBM-550 («Narda STS», Германия); методика согласно МУК 4.3.1677–03 «Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи»<sup>1</sup>. Критерием гигиенической оценки ЭМИ служил предельно допустимый уровень (ПДУ) плотности потока энергии (ППЭ), установленный для населения действующими государственными санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами<sup>2,3</sup>, равный 10 мкВт/см<sup>2</sup>.

Обобщены результаты измерений ЭМИ РЧ, выделены средние и максимальные значения. При этом весь массив данных распределен по территориям возможного доступа населения и для соответствующих участков территорий проведен расчет среднего и максимального значений.

**Результаты.** Согласно проектной документации, из 74 обследованных БС антенны лишь двух станций размещались на отдельно стоящих опорах, а остальные — на кровлях зданий. Из исследуемых объектов были оборудованы двумя антеннами 6 БС (8,1%), тремя — 67 БС (90,5%) и одна БС (1,4%) — шестью антеннами с разными направлениями излучений (по азимутам).

Антенны 9,7% БС были установлены на кровле жилых зданий, 25,0% БС — на кровле административных зданий, 45,8% — жилых зданий, 19,5% — на кровле торговых объектов. Высота жилых зданий составляла от 16 до 60 м; нежилых — от 4,1 до 53,7 м; торговых объектов — от 8 до 28,8 м [7].

Наибольшее число обследованных БС (40,2%) размещено

на кровлях зданий высотой более 20 м; около ¼ — на кровлях зданий высотой от 10,1 до 15 м. Обращает на себя внимание относительно большой удельный вес (16,7%) БС, размещенных на кровлях зданий высотой до 10 м, среди которых встречались здания высотой около 4 м. При этом почти все БС (кроме 3-х) размещались среди застройки. Прилегающая к БС территория в 47,3% случаев была представлена смешанной застройкой (жилимыми, административными и нежилыми зданиями), в 40,6% — только нежилыми зданиями (в т. ч. административными и торговыми объектами). В 8,1% случаев прилегающая к БС территория была застроена исключительно жилыми домами разной этажности и высоты [7].

Антенны устанавливались, в основном, на трубостойках непосредственно на кровле зданий, незначительное количество антенн было установлено на краю кровли здания или крепилось к торцу здания, что не позволяло здесь осуществить измерения.

Очень часто антенны БС размещали на кровлях тех зданий, где уже были установлены антенны других операторов сотовой связи. Так, при наличии одного оператора сотовой связи было 43,1% БС; двух операторов — 13,9%; трех операторов — 9,7%. Одна БС была размещена на кровле здания при наличии там антенн четырех операторов. Мощность излучающих антенн в 78,5% случаев составляла 24,2–24,44 Вт; 19,2% передающих антенн были меньшей мощности (4,89–19,55 Вт), а единичные — несколько большей мощности (25,9 Вт и 27,4 Вт).

Максимальная протяженность зоны ограничения застройки (ЗОЗ) от антенн БС колебалась от 16,2 м до 101,0 м вне зависимости от мощности излучающих средств. Примерно у половины антенн максимальная протяженность ЗОЗ укладывалась в интервал 30,1–45,0 м.

Высота ЗОЗ более чем в 50% случаев не превышала 15 м от уровня земли, при этом почти в 40% случаев была не более 10 м. Обращает на себя внимание, что нижняя граница излучения от 6,8% антенн (15 антенн из 219), превышающего ПДУ для населения (10 мкВт/см<sup>2</sup>), опускается на высоту 5 м и менее от уровня земли.

Максимальная протяженность ЗОЗ для низко установленных антенн при высоте ЗОЗ до 10 м простирается до 40–50 м (40% антенн) и даже до 70,1 м и более (13,8% антенн).

На ситуационном плане зона с повышенными уровнями излучения, т. е. зона ограничения застройки, изображается в виде лепестков, контуром которых является величина плотности потока энергии, выраженная в мкВт/см<sup>2</sup> и соответствующая ПДУ. Лепестки ЗОЗ на ситуационном плане в горизонтальной плоскости имеют, как правило, вытянутую форму в направлении максимального излучения антенны; в вертикальной плоскости лепесток имеет вытянутую форму с несколько выпуклыми верхними и нижними контурами, постепенно сближающимися между собой и сходящимися на конце лепестка. Здания, располагающиеся на прилегающей к БС территории, должны оставаться вне ЗОЗ как по ее протяженности, так и по высоте от уровня земли [7].

Боковые и нижние лепестки ЗОЗ имеют, как правило, наибольшую протяженность. У 25% антенн установлено наличие явно выраженного нижнего лепестка; у 1/3 расстояние от антенны до края нижнего лепестка составляло менее 5 м; у 2/3 — от 5 до 10 м. Минимальная высота от уровня земли до нижнего края нижнего лепестка у 15,1% антенн была менее 5 м; у 30,2% — от 5,1 до 10 м. В отдельных случаях ЭМИ излучение очерчивалось контуром с двойными нижними лепестками: коротким и более длинным, но все же короче, чем основной лепесток [7].

Отмечено, что в проектной документации очень часто высота ЗОЗ при наличии нижних лепестков обозначается только по основному нижнему лепестку, простирающемуся до максимальной протяженности по направлению к застройке. Однако, здания, расположенные в области излучения этих антенн на расстоянии вне действия нижнего лепестка, могут по высоте превышать рассчитанную высоту ЗОЗ для нижнего лепестка. В связи с этим, высота таких зданий будет соизмеряться с высотой ЗОЗ основного лепестка.

<sup>1</sup> МУК 4.3.1677-03. «Методические указания. Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи».

<sup>2</sup> СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов» (с изменениями №1 СанПиН 2.1.8/2.2.4.2302-07).

<sup>3</sup> СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03. «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной связи».

Таблица / Table

Сопоставление величин плотности потока энергии (ППЭ) (мкВт/см<sup>2</sup>) на зданиях, расположенных на прилегающей к базовым станциям территориях  
Comparison of energy flux density values (μW/cm<sup>2</sup>) on buildings located in areas adjacent to base stations

Место расчета и измерения	Количество контрольных точек	Расчетные значения плотности потока энергии (ППЭ) в контрольной точке, мкВт/см <sup>2</sup>	Измеренные значения плотности потока энергии (ППЭ), мкВт/см <sup>2</sup>	
			фактически измерены	измерены и рассчитаны с учетом расширенной неопределенности (РН)
Кровля зданий	ниже ПДУ — 39	5,1–9,5	3,1–7,9	5,3–13,4
	выше ПДУ — 3	10,6–13,0	4,7–8,3	8,0–14,1
Здания*	30	5,0–8,4	2,0–5,4	3,4–9,7

Примечание: \* показатели плотности потока энергии (ППЭ) для зданий: расчетные значения ППЭ получены для стен зданий, замеры ППЭ проводились внутри зданий (у окна лифтового холла, у окна лестничной площадки, у окна коридора, на переходном балконе).

Note: \* indicators of energy flux density (EFD) for buildings: the calculated EFD values were obtained for the walls of buildings, the EFD measurements were carried out inside buildings (near the window of the elevator hall, near the window of the staircase, near the window of the corridor, on the transitional balcony).

Здания с высотой, превышающей высоту ЗОЗ, располагались на прилегающей к БС территории, как правило, в стороне от максимального направления излучения антенны, т.е. между лестницами в горизонтальной плоскости, ограничивающими зону с расчетными уровнями излучения, превышающими ПДУ. Отдельные здания размещались в направлении излучения антенн, но на расстоянии, превышающем величину максимальной протяженности ЗОЗ по горизонтали.

Гигиеническая оценка расчетных значений ППЭ в контрольных точках (КТ) на кровле зданий, на которых были установлены антенны, показала, что в 37,5% случаев значения ППЭ на кровле зданий не были рассчитаны; в 5,6% БС размещались на краю кровли. Превышение величины ПДУ электромагнитного излучения в КТ было определено у 50% БС.

На втором этапе проанализированы результаты инструментальных измерений интенсивности ЭМИ в местах неконтролируемого доступа населения на территориях, непосредственно примыкающих к объектам, на которых установлены передающие антенны БС.

Инструментальные измерения ППЭ на кровлях зданий, на которых были установлены антенны, показали, что в 40,3% случаев уровни ППЭ не превышали ПДУ, в 19,4% измеренные уровни ППЭ превышали ПДУ, тогда как в 11,1% случаев превышение ПДУ отмечено только при учете расширенной неопределенности (РН) измерения ППЭ.

Сопоставлены расчетные и измеренные (фактические и с учетом РН) величины ППЭ на зданиях, расположенных на прилегающей к БС территории (таблица). При этом учитывались только величины для КТ со значениями ППЭ  $\geq 5$  мкВт/см<sup>2</sup>. Отмечено, что провести измерения около антенн в 29,2% случаев не представлялось возможным ввиду отсутствия к ним доступа.

Результаты выполненного исследования показали, в большей мере приближаются к расчетным значениям именно измеренные (с учетом РН) величины плотности потока энергии от антенн обследованных БС, являющихся источниками ЭМИ преимущественно в диапазоне 2420–2600 МГц (78% обследованных БС), нежели фактически измеренные значения ППЭ без учета РН.

**Обсуждение.** Анализ результатов гигиенических исследований электромагнитной обстановки на территориях, прилегающих к БС сотовой радиосвязи, показал, что в настоящее время БС являются одним из основных источников ЭМИ РЧ для внепроизводственных условий, в том числе для населения.

Следует учесть, что БС подвижной радиотелефонной связи формируют сложно организованный, изменяющийся во времени многочастотный режим экспозиции населения. При этом интенсивность воздействия ЭМИ РЧ, в среднем, относительно

небольшая, но она может иметь значительные локальные градиенты. Полученные результаты могут быть использованы для оценки электромагнитного воздействия на население, а также для зонирования территории с учетом перспективного развития строительства и телекоммуникаций [8].

Имеющиеся многочисленные зарубежные и отечественные данные о негативном воздействии ЭМИ РЧ на организм человека от источников, широко применяемых в крупных городах с плотной многоэтажной застройкой, обосновывают необходимость усилить гигиенический контроль безопасности условий проживания населения при активном внедрении систем коммуникаций 4-го (4G) поколения [1, 6, 9, 10]. Но крайне важно и выработать стандартные позиции эффективного гигиенического контроля безопасности условий проживания населения, особенно при внедрении в перспективе системы коммуникаций 5-го поколения (5G).

Необходима актуализация принципов современного гигиенического контроля как в направлении обоснования мест размещения БС, так и формируемых уровней ЭМИ РЧ для предотвращения потенциального вреда ЭМИ РЧ здоровью человека и качеству окружающей среды [11].

В целом результаты исследований могут быть использованы при разработке методического документа, ориентированного на наиболее уязвимые участки и условия формирования неблагоприятных для здоровья человека уровней ЭМИ в каждом конкретном случае.

#### Выводы:

1. Проведенные исследования позволили в условиях внепроизводственных воздействий оценить степень соблюдения гигиенически безопасных уровней ЭМИ РЧ (10 мкВт/см<sup>2</sup>) и получить объективную оценку существующей ситуации по условиям контакта человека с электромагнитным полем, создаваемым БС.

2. Антенны БС сотовой связи размещены преимущественно в застройке среди зданий различного назначения, в т. ч. жилых. Относительно большую долю составляют антенны, установленные на кровлях невысоких зданий с ЗОЗ по высоте, опускающейся до 5–10 м от уровня земли.

3. Наличие нижних лепестков у контура излучения антенн с уровнями, превышающими ПДУ, характеризующиеся максимальной протяженностью по горизонтали до 10 м, имеет гигиеническое значение в случае размещения антенн на краю кровли зданий, т. к. создается возможность влияния излучения на верхние этажи здания и на здания небольшой высоты. Кроме того, возможна опасность излучения и для пешеходов, если вблизи расположены пешеходные тротуары, либо открытые места посещения населения (столики кафе и т. п.).

4. Согласно полученным результатам, измеренные значения ППЭ ЭМИ, как правило, ниже (иногда – значительно), чем расчетные величины в контрольных точках. Для обеспечения безопасности населения следует ориентироваться на измеренные значения ППЭ, рассчитанные с учетом РН, большее соответствие которых расчетным значениям создаст дополнительных запас надежности обеспечения защиты здоровья человека при недостаточно учитываемых многофакторных источниках ЭМИ РЧ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мордачев В.И., Свистунов А.С. Оценка необходимого уровня мощности излучения базовых станций стандарта GSM в городе с учетом требований внутрисистемной электромагнитной совместимости. *Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники*. 2015; 4 (90): 53–60.
2. Свистунов А.С. Оценка уровня электромагнитного фона, создаваемого базовыми станциями и абонентскими устройствами сотовых радиосетей в местах с высокой плотностью населения. *Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники*. 2018; 6 (116): 26–31.
3. Звездина М.Ю., Шоков А.В., Шокова Ю.А. и др. Оценка электромагнитной обстановки на крыше жилого здания в присутствии антенны сотовой связи. *Вестник Донского государственного технического университета*. 2015; 3 (82): 102–10. <https://doi.org/10.12737/12591>
4. Прокофьева Н.Б., Болатбекова К.С. К вопросу об экологичности различных источников электромагнитного излучения. *Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты*. 2015; 23: 228–32.
5. Высотин С.А., Сайфитова А.Т., Рязанова Е.А. Гигиеническое значение электромагнитного излучения от базовых станций сотовой связи. *Международный студенческий научный вестник*. 2019; 5–1: 9.
6. Луценко Л.А., Тулакин А.В., Егорова А.М. и др. Риско-ориентированная модель контроля уровней ЭМП базовых станций сотовой связи. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(11): 1045–48. <https://doi.org/10.1882/0016-9900-2016-95-11-1045-1048>
7. Луценко Л.А., Гвоздева Л.Л., Турдыев Р.В. Вопросы гигиенической безопасности при размещении и введении в эксплуатацию базовых станций сотовой связи. *Медицина труда и экология человека*. 2019; 1 (17): 11–5. <https://doi.org/10.24411/2411-3794-2019-10002>
8. Григорьев О.А., Меркулов А.В. Гигиенические исследования электромагнитной обстановки на территориях вокруг базовых станций сотовой радиосвязи. *Бюллетень медицинских интернет-конференций*. 2012; 2 (6): 458–60.
9. Андреева Е.Е. Оценка безопасности размещения базовых станций операторов сотовой связи на территории города Москвы. *Здоровье населения и среда обитания*. 2015; 9 (270): 21–4.
10. Мордачев В.И. Электромагнитная нагрузка на территорию, создаваемая электромагнитными излучениями базовых станций сотовой связи. *Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники*. 2012; 6 (68): 114–21.
11. Рахманин Ю.А., Онищенко Г.Г., Григорьев Ю.Г. Современные проблемы и пути обеспечения электромагнитной безопасности сотовой связи для здоровья населения. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(11): 1175–83. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1175-1183>

## REFERENCES

1. Mordachev V.I., Svistunov A.S. Assessment of the required level of radiation power of base stations of the GSM standard in the city, taking into account the requirements of intra-system electromagnetic compatibility. *Doklady Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki*. 2015; 4 (90): 53–60 (in Russian).
2. Svistunov A.S. Assessment of the level of electromagnetic background created by base stations and subscriber devices of cellular radio networks in places with a high population density. *Doklady Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki*. 2018; 6 (116): 26–31 (in Russian).
3. Zvezdina M.Yu., Shokov A.V., Shokova Yu.A. et al. Assessment of the electromagnetic environment on the roof of a residential building in the presence of a cellular antenna. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2015; 3 (82): 102–10. (in Russian) <https://doi.org/10.12737/12591>
4. Prokof'eva N.B., Bolatbekova K.S. To the issue of environmental friendliness of various sources of electromagnetic radiation. *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya: problemy i rezul'taty*. 2015; 23: 228–32 (in Russian).
5. Vysotin S.A., Sayfitova A.T., Ryazanova E.A. Hygienic importance of electromagnetic radiation from cellular base stations. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik*. 2019; 5–1: 9 (in Russian).
6. Lutsenko L.A., Tulakin A.V., Egorova A.M. et al. Risk-oriented model of the control of the level of electric magnetic fields of base stations of cellular communications. *Gigiena i sanitaria*. 2016; 95(11): 1045–1048. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-11-1045-1048> (in Russian).
7. Lucenko L.A., Gvozdeva L.L., Turdyev R.V. Issues of hygienic safety in the placement and commissioning of cellular base stations. *Medicina truda i ekologiya cheloveka*. 2019; 1 (17): 11–15. <https://doi.org/10.24411/2411-3794-2019-10002> (in Russian).
8. Grigor'ev O.A., Merkulov A.V. Hygienic studies of the electromagnetic environment in the territories around the base stations of cellular radio communications. *Byulleten' meditsinskikh internet-konferentsiy*. 2012; 2 (6): 458–60 (in Russian).
9. Andreeva E.E. Safety evaluation of base stations of mobile operators in the territory of the city of Moscow. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2015; 9 (270): 21–4 (in Russian).
10. Mordachev V.I. Electromagnetic load on the territory created by electromagnetic radiation of cellular base stations. *Doklady Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki*. 2012; 6 (68): 114–21 (in Russian).
11. Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G., Grigoriev Yu.G. Contemporary issues and the ways of ensuring electromagnetic safety of mobile communication to the health of the population. *Gigiena i sanitaria*. 2019; 98(11): 1175–83. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1175-1183> (in Russian).