

УДК 613.168:614.78/.79:621.395(477.46)

<https://doi.org/10.26641/2307-0404.2021.4.248215>

**С.С. Галак,
В.Ю. Думанський,
Н.Г. Нікітіна,
С.В. Біткін,
А.П. Безверха**

ГІГІЄНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБСТАНОВКИ, ЩО СТВОРЮЄТЬСЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ АНТЕН БАЗОВИХ СТАНЦІЙ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ В ЧЕРКАСЬКІЙ ОБЛАСТІ, ДО І ПІСЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 4G

*ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва Національної академії медичних наук України»
вул. Попудренка, 50, Київ, 02094, Україна
State Institution «O.M. Marzieiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Science of Ukraine»
Popudrenko str., 50, Kyiv, 02094, Ukraine
e-mail: ssgalak@gmail.com*

Цитування: *Медичні перспективи. 2021. Т. 26, № 4. С. 161-165*

Cited: *Medicni perspektivi. 2021;26(4):161-165*

Ключові слова: електромагнітне випромінювання, базові станції мобільного зв'язку, 4G, 5G

Ключевые слова: электромагнитное излучение, базовые станции мобильной связи, 4G, 5G

Key words: radiofrequency radiation, mobile base stations, 4G, 5G

Реферат. Гигиеническая характеристика электромагнитной обстановки, создаваемой электромагнитным излучением антенн базовых станций мобильной связи в Черкасской области, до и после внедрения технологии 4G. Галак С.С., Думанский В.Ю., Никитина Н.Г., Биткин С.В., Безверхая А.П. Эта работа является частью наших исследований по изучению распределения электромагнитного излучения от базовых станций мобильной связи в населенных местах. Целью данной работы было изучение и анализ электромагнитной обстановки до и после внедрения на базовых станциях мобильной связи технологии четвертого поколения 4G. Нами были проанализированы максимальные и средние уровни электромагнитного излучения от базовых станций мобильной связи, расположенных в Черкасской области. Исследовалась электромагнитная обстановка как на территории городов, так и в сельской местности. Установлено, что после внедрения на базовых станциях мобильной связи технологии четвертого поколения 4G в Черкасской области значительно выросли уровни электромагнитного излучения. Медиана максимальных уровней электромагнитного излучения увеличилась на 155,6% (в частности, на территории городов на 194,1%), а средних – на 75,2% (в частности, на территории городов на 141,1%). Не было выявлено достоверных изменений уровней электромагнитного излучения до и после модернизации базовых станций мобильной связи в сельской местности. Доказано, что не существует предпосылок для увеличения предельно допустимого уровня до 100 мкВт/см² при внедрении на базовых станциях мобильной связи технологий 4G и 5G.

Abstract. Hygienic characteristic of the electromagnetic situation created by the electromagnetic radiation of the antennas of mobile base stations in Cherkasy region before and after the introduction of 4G technology. Halak S.S., Dumansky V.Yu., Nikitina N.G., Bitkin S.V., Bezverkha A.P. This work is part of our researches to study the distribution of electromagnetic radiation from mobile base stations in populated areas. The aim of this work was to study and analyze the electromagnetic situation before and after the introduction of fourth generation 4G technology at mobile base stations. We analyzed the maximum and average levels of electromagnetic radiation from mobile base stations located in Cherkasy region. The electromagnetic situation was studied both in urban areas and in rural areas. It was found that after the introduction of the fourth generation 4G technology at the mobile base stations, the levels of electromagnetic radiation in Cherkasy region increased significantly. The median of maximum levels of electromagnetic radiation increased by 155.6% (in particular, in urban areas by 194.1%), and the median of average levels - by 75.2% (in particular, in urban areas by 141.1%). No significant changes in electromagnetic radiation levels were detected before and after the modernization of mobile base stations in rural areas. It has been proven that there are no prerequisites for increasing the maximum permissible level to 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ when implementing 4G and 5G technologies at mobile base stations.

У зв'язку з тим, що в Україні планується впровадження технології мобільного зв'язку 5G та йде активне впровадження технології 4G,

нами були проведені дослідження рівнів електромагнітного випромінювання (ЕМВ) від антен

базових станцій мобільного зв'язку до і після впровадження технології 4G.

Електромагнітне випромінювання від обладнання мобільного зв'язку, у тому числі й стандартів 4G та 5G, є небезпечним фактором. Міжнародна агенція з дослідження раку (IARC) відносить неіонізуюче випромінювання електромагнітного випромінювання від антен базових станцій мобільного зв'язку до групи 2B, як фактор, «можливо канцерогенний для людини». Дослідження на тваринах показало, що ЕМВ впливає на фізіологічні, біохімічні, цитологічні, ембріологічні показники організму піддослідних тварин, а також призводить до появи в них злоякісних пухлин [6, 7, 8, 9].

Окрім ризику виникнення раку від впливу електромагнітного випромінювання, кілька досліджень показують інші можливі несприятливі наслідки для здоров'я населення, що проживає поблизу базових станцій мобільного зв'язку. Повідомлялося про такі симптоми, як втома, порушення сну, головний біль, запаморочення, серцево-судинні симптоми, депресія та труднощі з концентрацією уваги та пам'яттю [4, 5]. У дослідженні [10] було виявлено збільшення захворюваності на рак серед населення, що проживає поблизу базових станцій мобільного зв'язку, а також встановлено кореляцію між рівнем смертності від раку та потужністю базових станцій мобільного зв'язку.

Метою роботи було дослідження та аналіз електромагнітної обстановки, що створюється електромагнітним випромінюванням антен базових станцій мобільного зв'язку в Черкаській області, до і після впровадження технології 4G.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У цьому дослідженні аналізувалися результати розрахунків розподілу електромагнітного випромінювання від антен базових станцій мобільного зв'язку, які розміщені на території Черкаської області, до (2016-2017 роки) і після (2019-2020 роки) впровадження технології 4G.

Результати розрахунків бралися з розділу «Оцінка впливу на навколишнє середовище» проєктів на будівництво та/або модернізацію базових станцій мобільного зв'язку.

Розрахунки розподілу електромагнітного випромінювання проводилися згідно з вимогами «Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань» (Наказ МОЗ України від 1 серпня 1996 року № 239) [2] за методикою, затвердженою МОЗ України [3].

Нами було проаналізовано дані зі 106 проєктів на будівництво та модернізацію 53 базових стан-

цій мобільного зв'язку, які розміщені на території Черкаської області. Розглядалися ті самі базові станції до й після модернізації.

Аналізувалися результати розрахунків рівнів ЕМВ від базових станцій як на території міст (31 базова станція), так і в сільській місцевості (22 базові станції). Селища міського типу ми розглядали як сільську місцевість.

Досліджувалися такі показники (до й після модернізації): максимальний рівень ЕМВ на висоті 2 м від поверхні землі; середній рівень ЕМВ (середнє значення максимальних рівнів ЕМВ у напрямках максимального випромінювання панельних антен базових станцій) на висоті 2 м від поверхні землі.

При аналізі даних були використані такі статистичні методи: знаходження середнього; знаходження медіани; критерій Колмогорова-Смирнова; критерій Шапіро-Уїлка; Т-критерій Вілкоксона [1].

При статистичному аналізі було встановлено відсутність нормального розподілу даних, тому подальший аналіз результатів та висновки робилися на основі Т-критерію Вілкоксона та медіани рівнів ЕМВ.

Для статистичного аналізу та розрахунків використовували STATISTICA 10 (ліцензійний № STA999K347156-W).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати дослідження базувалися на аналізі проєктів на будівництво та/або модернізацію 53 базових станцій мобільного зв'язку до й після впровадження на них технології 4G. Узагальнені результати цього аналізу показано в таблицях 1-3.

Статистичний аналіз результатів показав достовірне збільшення медіани як максимальних, так і середніх рівнів ЕМВ від базових станцій мобільного зв'язку в Черкаській області після їх модернізації.

Було виявлено достовірні зміни (збільшення медіани) максимальних і середніх рівнів ЕМВ від базових станцій у міській місцевості Черкаської області. У сільській місцевості достовірних змін рівнів ЕМВ до й після модернізації виявлено не було.

Після впровадження на базових станціях мобільного зв'язку в Черкаській області технології 4G медіана максимальних рівнів ЕМВ збільшилась на 155,6% (зокрема, на території міст на 194,1%), а середніх – на 75,2% (зокрема, на території міст на 141,1%).

Проаналізувавши вищенаведені результати, ми встановили, що зростання рівнів ЕМВ навколо базових станцій мобільного зв'язку відбувається в основному на території міст.

Таблиця 1

**Результати розподілу рівнів ЕМВ від базових станцій мобільного зв'язку,
що розміщені в Черкаській області (53 базові станції)**

Показник	Mean	Median	Min	Max
Максимальний рівень до модернізації	0,6309	0,4269	0,0020	2,4187
Максимальний рівень після модернізації	1,3851	1,0910	0,0520	6,2280
Середній рівень до модернізації	0,5455	0,3500	0,0010	2,4187
Середній рівень після модернізації	0,9194	0,6131	0,0493	3,9410

Примітки: Mean – середнє значення рівнів ЕМВ, мкВт/см²; Median – медіана рівнів ЕМВ, мкВт/см²; Min – мінімальне значення рівнів ЕМВ, мкВт/см²; Max – максимальне значення рівнів ЕМВ, мкВт/см².

Таблиця 2

**Результати розподілу рівнів ЕМВ від базових станцій мобільного зв'язку,
що розміщені на території міст Черкаської області (31 базова станція)**

Показник	Mean	Median	Min	Max
Максимальний рівень до модернізації	0,8058	0,5975	0,1650	2,4187
Максимальний рівень після модернізації	1,9872	1,7570	0,1670	6,2280
Середній рівень до модернізації	0,7171	0,4913	0,1392	2,4187
Середній рівень після модернізації	1,3260	1,1847	0,1317	3,9410

Примітки: Mean – середнє значення рівнів ЕМВ, мкВт/см²; Median – медіана рівнів ЕМВ, мкВт/см²; Min – мінімальне значення рівнів ЕМВ, мкВт/см²; Max – максимальне значення рівнів ЕМВ, мкВт/см².

Таблиця 3

**Результати розподілу рівнів ЕМВ від базових станцій мобільного зв'язку,
що розміщені в сільській місцевості Черкаської області (22 базові станції)**

Показник	Mean	Median	Min	Max
Макс. рівень до модернізації	0,3843	0,3072	0,0020	1,3038
Макс. рівень після модернізації	0,5366	0,3320	0,0520	2,7400
Середн. рівень до модернізації	0,3037	0,2690	0,0010	0,7732
Середн. рівень після модернізації	0,3465	0,2112	0,0493	1,1873

Примітки: Mean – середнє значення рівнів ЕМВ, мкВт/см²; Median – медіана рівнів ЕМВ, мкВт/см²; Min – мінімальне значення рівнів ЕМВ, мкВт/см²; Max – максимальне значення рівнів ЕМВ, мкВт/см².

Слід зауважити, що на території України за час проведення нашого дослідження гранично допустимий рівень (ГДР) електромагнітного випромінювання від базових станцій мобільного зв'язку змінювався й становив:

- до 16 травня 2017 року – 2,5 мкВт/см² (Наказ Міністерства охорони здоров'я № 239 від 01.08.1996. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 29 серпня 1996 р. за № 488/1513);

- з 16 травня 2017 року до 8 січня 2021 року – 10 мкВт/см² (Наказ Міністерства охорони здоров'я № 266 від 13.03.2017. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 16 травня 2017 р. за № 625/30493);

- з 8 січня 2021 року – 100 мкВт/см² (Наказ Міністерства охорони здоров'я № 2760 від 30.11.2020. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 08 січня 2021 р. за № 26/35648).

Як видно з результатів дослідження, не було виявлено жодного випадку перевищення гранично допустимого рівня, який до модернізації (2016-2017 роки) становив 2,5 мкВт/см², а після модернізації – 10 мкВт/см². Але після модернізації базових станцій максимальні рівні ЕМВ у 18,9% випадків (10 з 53), а середні рівні ЕМВ у 5,7% випадків (3 з 53) перевищували «старий» гранично допустимий рівень – 2,5 мкВт/см².

Було виявлено, що медіанне значення максимальних рівнів ЕМВ до модернізації становило 0,4269 мкВт/см² (17,08% від ГДР – 2,5 мкВт/см²), а після модернізації – 1,0910 мкВт/см² (10,91% від ГДР – 10 мкВт/см²).

Ці результати показують, що не існує жодних передумов у технічному сенсі для збільшення гранично допустимого рівня до 100 мкВт/см² при впровадженні на базових станціях мобільного зв'язку технологій 4G та 5G.

ВИСНОВКИ

1. Установлено, що після впровадження на базових станціях мобільного зв'язку на території Черкаської області технології 4G медіана максимальних рівнів ЕМВ збільшилась на 155,6% (зокрема, на території міст на 194,1%), а середніх – на 75,2% (зокрема, на території міст на 141,1%).

2. Показано, що збільшення рівнів ЕМВ відбувається в основному на території міст Черкаської області. Жодних достовірних змін рівнів ЕМВ до й після модернізації базових станцій мобільного зв'язку в сільській місцевості не виявлено.

3. Не виявлено жодних випадків перевищень гранично допустимих рівнів ЕМВ як до, так і після модернізації базових станцій.

4. Установлено, що після модернізації базових станцій максимальні рівні ЕМВ у 18,9% випадків, а середні рівні ЕМВ у 5,7% випадків перевищували «старий» гранично допустимий рівень – 2,5 мкВт/см².

5. Доведено, що не існує жодних передумов для збільшення гранично допустимого рівня до 100 мкВт/см² при впровадженні на базових станціях мобільного зв'язку технологій 4G та 5G.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антомонов М. Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. 2-е изд. Киев: МИЦ "Мединформ", 2018. 579 с.

2. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань: наказ МОЗ України від 01.09.1996 р. № 239. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96#Text>

3. Методика розрахунку розподілу рівнів електромагнітного поля: наказ Міністерства охорони здоров'я України від 29.11.2013 № 1040. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2130-13#Text>

4. Effect of electromagnetic radiations from mobile phone base stations on general health and salivary function / K. Singh et al. *J Int Soc Prev Community Dent* 2016. Vol. 6, No. 3. P. 54-59. DOI: <https://doi.org/10.4103/2231-0762.175413>

5. Individual variation in temporal relationships between exposure to radiofrequency electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: A new approach in studying 'electrosensitivity' / R. P. Bogers et al. *Environment International*. 2018. Vol. 121, Part 1. P. 297-307. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.064>

6. National Toxicology Program: NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies in

B6C3F1/N mice exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (1,900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones. *NTP TR 596*. 2018. 26-28 March.

DOI: <https://doi.org/10.22427/NTP-TR-596>

7. National Toxicology Program: NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies in Hsd: Sprague Dawley sd rats exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones. *NTP TR 595*. 2018. 26-28 March.

DOI: <https://doi.org/10.22427/NTP-TR-595>

8. Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission / L. Falcioni et al. *Environ Res*. 2018. Vol. 165. P. 496-503.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.037>

9. Report of partial findings from the National Toxicology Program Carcinogenesis Studies of Cell Phone Radiofrequency Radiation in Hsd: Sprague Dawley SD rats (Whole Body Exposures) / M. Wyde et al. (Preprint/bioRxiv 055699). 2018.

DOI: <https://doi.org/10.1101/055699>

10. The Effect of Continuous Low-Intensity Exposure to Electromagnetic Fields from Radio Base Stations to Cancer Mortality in Brazil / N. C. P. Rodrigues et al. *Int.*

J. Environ. Res. Public Health. 2021. Vol. 18, No. 3. P. 1229. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18031229>

REFERENCES

1. Antomonov MYu. [Mathematical processing and analysis of medical and biological data. 2nd ed.]. Kyiv: MYCz "Medynform". 2018. p. 579. Russian.
2. [Order of MH Ukraine from 01.08.1996 N 239. State sanitary norms and rules of protection of the population from influence of electromagnetic radiation]. Kyiv; 1996. Ukrainian. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96#Text>
3. [Order of MH Ukraine from 29.11.2013 N 1040. Method of calculating the distribution of electromagnetic field levels]. Kyiv; 2013. Ukrainian. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2130-13#Text>
4. Singh K, Nagaraj A, Yousuf A, Ganta S, Pareek S, Vishnani P. Effect of electromagnetic radiations from mobile phone base stations on general health and salivary function. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2016;6:54-9. doi: <https://doi.org/10.4103/2231-0762.175413>
5. Bogers R, van Gils A, Clahsen S, Vercuijssse W, van Kamp I, Baliatsas C et al. Individual variation in temporal relationships between exposure to radiofrequency electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: A new approach in studying electrosensitivity'. *Environment International.* 2018;121:297-307. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.064>
6. National Toxicology Program: NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies in B6C3F1/N mice exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (1,900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones. NTP TR 596. 2018 March 26-28. doi: <https://doi.org/10.22427/NTP-TR-596>
7. National Toxicology Program: NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies in Hsd: Sprague Dawley sd rats exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones. NTP TR 595. 2018 March 26-28. doi: <https://doi.org/10.22427/NTP-TR-595>
8. Falcioni L, Bua L, Tibaldi E, Lauriola M, De Angelis L, Gnudi F, Mandrioli D, Manservigi M, Manservigi F, Manzoli I, et al. Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission. *Environ Res.* 2018;165:496-503. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.037>
9. Wyde M, Cesta M, Blystone C, Bucher J, Elmore S, Foster P, Hooth M, Kissling G, Malarkey D, Sills R, et al. Report of partial findings from the National Toxicology Program Carcinogenesis Studies of Cell Phone Radiofrequency Radiation in Hsd: Sprague Dawley SD rats (Whole Body Exposures). 2018. doi: <https://doi.org/10.1101/055699>
10. Rodrigues NCP, Dode AC, de Noronha Andrade MK, O'Dwyer G, Monteiro DLM, Reis INC, et al. The Effect of Continuous Low-Intensity Exposure to Electromagnetic Fields from Radio Base Stations to Cancer Mortality in Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [Internet]. MDPI AG; 2021 Jan 29;18(3):1229. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18031229>

Стаття надійшла до редакції
05.04.2021

