

ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 504.064: 537.8

DOI: 10.31471/2415-3184-2023-1(27)-16-22

*М. М. Орфанова, Н. М. Москальчук,
М. В. Штогрин
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІОЧАСТОТНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ВІД МОБІЛЬНИХ ТЕЛЕФОНІВ

Мобільні телефони є найпоширенішими джерелами радіочастотного електромагнітного поля (РЧЕМП). Стрімке зростання їх кількості та глобальне використання зробило їх актуальним об'єктом наукових досліджень. Тому метою роботи було вимірювання рівнів РЧЕМП від мобільних телефонів в довкіллі для з'ясування дотримання допустимих норм для населення та для встановлення залежностей від відстані, моделі та режиму роботи мобільного телефону.

Рівень випромінювання в довкіллі оцінювався величиною поверхневої густини потоку енергії за допомогою аналізатора електросмогу Gigahertz Solutions HFE35C.

Аналіз дотримання норм для населення засвідчив, що:

- в режимі роботи «мобільний зв'язок» досліджені нами мобільні телефони не створювали РЧЕМП з рівнями вище ГДР дозволених національними та міжнародними нормами;
- в режимі роботи «мобільний Інтернет» на нульовій відстані від мобільного телефону в половині випадків рівень випромінювання був вище дозволеного ДСНІП у 100 мкВт/см²;
- в режимі роботи «мобільний Інтернет» на відстані від 1 м рівні РЧЕМП від всіх телефонів відповідають дозволенним.

Також ми дійшли таких висновків щодо рівнів РЧЕМП від мобільних телефонів в довкіллі:

- відрізняються від різних моделей телефонів;
- у режимі включеного мобільного зв'язку значно менші ніж в режимі «мобільний Інтернет»;
- у режимі включеного мобільного зв'язку сильно не змінюються з відстанню;
- у режимі «мобільний Інтернет» є на порядок більшими на нульовій відстані, і на відстані від 1 м вже наближаються до режиму включеного мобільного зв'язку;
- у режимі «мобільний інтернет» значно відрізняються у різних моделей телефонів на нульовій відстані;
- є найменшими за значеннями в обох режимах для таких моделей телефонів – Apple iPhone 13 Pro Max, Apple iPhone 11 Pro, Xiaomi Redmi Note 8;
- вимагають подальшого різнофакторного дослідження.

Ключові слова: мобільні телефони, радіочастотне електромагнітне поле, густина потоку енергії, гранично допустимий рівень (ГДР), здоров'я населення.

Постановка проблеми. Сучасний світ не можна уявити без швидкісної телекомунікації з використанням систем бездротового зв'язку. Стільникові телефони, від моменту свого виникнення у 1973 року, змінилися не тільки зовнішньо, але й функціонально. Сьогодні телефонія об'єднує зв'язок за допомогою:

- стаціонарних телефонів, які працюють на основі електричного зв'язку;
- радіотелефонів, які працюють на основі електричного та бездротового зв'язку;
- фічефонів, які ще використовують кнопочну клавіатуру, але вже мають нескладну операційну систему, що надає інтернет-послуги та послуги мультимедіа;
- камерфонів, які поєднують стільниковий зв'язок і функції фотоапарата;

– смартфонів, які вже мають сенсорний дисплей та поєднують стільниковий зв'язок з функціями персонального комп'ютера, фотоапарата, медіаплеєра.

Саме смартфони в останні 15 років інтенсивно змінюються [1] та розширюються їх функції, виникають нові моделі з удосконаленими характеристиками. Використання мобільних телефонів стало стилем нашого життя, ми все більше часу його використовуємо. Оскільки період інтенсивного використання мобільних телефонів людством у глобальному розрізі ще досить незначний, необхідно проводити дослідження у різних напрямках впливу бездротового зв'язку на здоров'я людини.

Мобільні телефони разом з іншими пристроями для комунікації (наприклад базові станції, Wi-Fi, 5G), а також медицини, нагрівання, бездротової передачі енергії є найпоширенішими джерелами радіочастотного електромагнітного поля (РЧЕМП) – неіонізуючої частини електромагнітного спектру в діапазоні частот від 100 кГц до 300 ГГц. Мобільні телефони працюють у діапазоні частот від кількох сотень МГц до кількох ГГц, що забезпечує бездротові телефонні дзвінки та передачу даних, включаючи зв'язок через Інтернет. Точний діапазон частот відрізняється для різних технологій (GSM, UMTS, 4G, 5G тощо) і країн [2].

Аналіз досліджень і публікацій. Численні потенційні впливи на здоров'я від РЧЕМП вивчають вже декілька десятиліть. У 1996 р. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) розпочала міжнародний проект з оцінки впливу електромагнітних полів на здоров'я та довкілля, відомий як «Міжнародний проект ЕМП» [3]. На сьогодні проект об'єднав ключові міжнародні організації, національні органи з більш як 50 держав та наукові установи з метою розробки науково обґрунтованих оцінок ризику для здоров'я від впливу ЕМП у діапазоні частот 0–300 ГГц. Підтвердженням впливом РЧЕМП на здоров'я людини є нагрівання відкритих тканин та стимуляція нервів [4]. Поля РЧЕМП можуть проникати всередину тіла (чим вища частота, тим менша глибина проникнення) в результаті чого підвищується температура тканин. Перевищення певних порогових значень залежно від тривалості опромінення, сумарний вплив РЧЕМП і підвищення температури можуть спровокувати серйозні наслідки для здоров'я, зокрема тепловий удар і опіки.

Щодо конкретно мобільних телефонів, то стрімке зростання їх кількості та глобальне використання зробило їх актуальним об'єктом наукових досліджень, зокрема в контексті впливу ЕМП, що вони утворюють, на здоров'я. За даними організації з охорони здоров'я, зокрема ВООЗ [5], управління з продовольства і медикаментів США (FDA) [6] на сьогодні не встановлено жодних негативних біологічних наслідків від ЕМП, що створюється при використанні мобільних телефонів, крім нагрівання тканин. На частотах, які використовують мобільні телефони, більша частина енергії поглинається шкірою та іншими поверхневими тканинами, що призводить до незначного підвищення температури в мозку чи інших органах тіла.

Також доведено вплив мобільних телефонів та смарт-годинників, які містять магніти з високою напруженістю поля, на кардіостимулятори чи інші імплантовані медичні пристрої [7]. Зважаючи на це FDA рекомендує пацієнтам тримати будь-які побутові електронні пристрої, які можуть створювати магнітні перешкоди, включаючи мобільні телефони та розумні годинники, щонайменше на відстані 6 дюймів (15,24 см) від імплантованих медичних пристроїв, зокрема серцевих дефібриляторів [6].

Щодо інших наслідків для здоров'я через опромінення РЧЕМП від мобільних телефонів, то не було виявлено жодних переконливих доказів негативного впливу. Ризик виникнення пухлин поблизу вуха, зокрема пухлин мозку, був у центрі уваги численних епідеміологічних досліджень, зокрема проекту INTERPHONE [8], який тривав у 2002-2012 рр. у Міжнародному агентстві з дослідження раку (IARC) ВООЗ. У 2011 р. IARC класифікувало використання мобільних телефонів як 2В «можливо канцерогенне для людини» [5], категорію, яка використовується, коли причинно-наслідковий зв'язок вважається достовірним, але коли випадковість, упередженість або плутанину не можна виключити з достатньою впевненістю. Вплив на канцерогенез, зокрема пухлин мозку [9, 10, 11] на даний момент не мають достатньо наукових доказів. Однак дослідження тривають, бо зростає кількість користувачів та тривалість використання.

Окрім вивчення впливу на здоров'я від РЧЕМП, актуальними є вимірювання рівнів РЧЕМП, які залежать як від параметрів джерела випромінювання, так і від інших факторів. Останні дослідження щодо рівнів ЕМП від мобільних телефонів, зокрема бельгійських науковців [12] засвідчили значну різницю між максимальним рівнем випромінювання, які створюються 3 поколіннями мереж 2G, 3G та 4G. У середньому в багатьох випадках максимальне випромінювання для 3G більш ніж у 20 разів нижче, ніж для 2G, і приблизно в 5-10 разів нижче,

ніж для 4G. Інше дослідження, проведене в США [13] виявило, що рівень РЧЕМП від мобільних телефонів на чотири порядки більший за умов слабого сигналу (1-2 смужки на дисплеї), ніж за умов сильного (4-5 смужок на дисплеї). Рівні випромінювання за умов слабого прийому сигналу на відстані 48 см від телефону були такими ж або вищими, ніж за умов сильного прийому сигналу на відстані 4 см.

Постановка завдання. Зменшення негативних наслідків для здоров'я від РЧЕМП, яке випромінюється мобільними телефонами, можна досягти шляхом встановлення і дотримання обмежень. Існує два типи обмежень. Основні обмеження для користувачів мобільних телефонів стосуються величини ЕМП в тілі людини, яке виражається питомим коефіцієнтом поглинання (SAR) – коефіцієнта поглинання радіочастотної енергії на одиницю маси тіла, Вт/кг. Так для різних частин тіла та для джерел, що працюють поблизу тіла, і тих, що працюють на певній відстані, рекомендуються різні значення основних обмежень. Однак цей показник нелегко виміряти, тому на основі основних обмежень виводять референтні рівні – гранично допустимі рівні випромінювання поза тілом (в повітрі), які можна легко визначити за допомогою приладів, та які використовуються для санітарного нормування. У радіочастотному діапазоні електричні та магнітні поля взаємопов'язані та розглядаються разом для вимірювань, а рівень ЕМП в довірчій зазвичай характеризують величиною густини потоку енергії, Вт/м².

Наразі дві міжнародні організації Міжнародна комісія із захисту від неіонізуючого випромінювання (ICNIRP) у 2020 р. [14], а Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE) у 2019 р. [15] опублікували нові рекомендації щодо РЧЕМП, щоб забезпечити захист від встановлених ефектів. В національному законодавстві гранично допустимі рівні (ГДР) ЕМП для населення визначаються відповідно до Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань (ДСНіП), затвердженим наказом МОЗ у 1996 р., зі змінами (останні у 2020 р.) [16].

Зважаючи на вищевикладене, дослідження РЧЕМП від мобільних телефонів в довірчій, встановлення безпечності випромінювання для здоров'я населення, пошук залежностей між рівнями та змінними параметрами джерела та середовища є актуальними екологічними завданнями.

Виклад основного матеріалу. Нами проводились дослідження впливу мобільних телефонів на здоров'я шляхом вимірювання рівнів РЧЕМП від них в довірчій (повітрі).

Метою роботи було вимірювання рівнів РЧЕМП від мобільних телефонів в довірчій для з'ясування дотримання допустимих норм для населення та для встановлення залежностей від відстані, моделі та режиму роботи мобільного телефону.

У дослідженні були використані 10 моделей телефонів, з них 4 компанії Apple, 2 корпорації Nokia, 3 компанії Samsung і 1 корпорація Xiaomi. Вимірювання проводились безпосередньо біля джерела (на нульовій відстані) та до 3 метрів (з кроком 1 м), оскільки потенційно небезпечна зона впливу мобільного телефону на людину є безпосередньо поблизу телефону та в радіусі до 1 м. Також для досліджень була обрана відстань 2 і 3 м, що пов'язана з вимірюванням у замкнутому просторі – приміщенні, у яких можуть перебувати одночасно декілька людей та бути декілька джерел випромінювання. Заміри виконувались в режимах роботи телефону: без зв'язку (польоту), мобільного зв'язку, мобільний Інтернет. Дослідження відбувалося одноразово.

Вимірювання рівнів РЧЕМП проводили за допомогою аналізатора електросмогу Gigahertz Solutions HFE35C (рис. 1) з частотним діапазоном 27 МГц – 2,7 ГГц. Прилад дозволяє визначати величину випромінювання від різних джерел, у тому числі мобільних телефонів. Рівень ЕМП в довірчій оцінювався величиною поверхневої густини потоку енергії, як вимагається ДСНіП [16].

Перед початком дослідження усі телефони були переведені у режим «польоту» та було визначено фонове ЕМП, яке становило 23 мкВт/см².

Потім проводились вимірювання густини потоку енергії в режимі включеного мобільного зв'язку та режимі «мобільний Інтернет» на відстані від телефону 1, 2 та 3 м.

Результати досліджень рівнів РЧЕМП при різних режимах роботи мобільних телефонів наведені у табл. 1, 2.

Переходячи до з'ясування відповідності вимірюваних рівнів дозволеним, варто зазначити, що міжнародними стандартами для мобільного цифрового стільникового зв'язку, з якими працюють основні українські оператори мобільного зв'язку Київстар, Vodafone Україна та lifecell є GSM, UMTS, LTE. Залежно від технології робочими частотами мобільного зв'язку в Україні можуть бути: 900 МГц / 1800 МГц / 2100 МГц / 2600 МГц. Всі вони належать до діапазону ультрависоких

частот (УВЧ). Відповідно до п. 1.3.3 ДСНіП [16]: «Гранично допустимий рівень ЕМП для РТО, що працюють у діапазонах дуже високих, ультрависоких, надвисоких та надзвичайно високих частот, встановлюється на рівні 100 мкВт/см²». Дана норма була встановлена в 2020 р., а до того змінювалась з початкових 2,5 мкВт/см² до 10 мкВт/см² в 2017 р.



Рис. 1. Аналізатор електромагнітного поля Gigahertz Solutions HFE35C

Таблиця 1

Рівні РЧЕМП в режимі «мобільний зв'язок»

Модель телефону	Густина електромагнітного енергії на відстані від телефону, мкВт/см ²			
	0 м	1 м	2 м	3 м
Apple iPhone 13 Pro Max	26	28	25	24
Apple iPhone 12 Pro	53	49	60	58
Apple iPhone 11 Pro	18	16	21	17
Apple iPhone 8	58	50	43	40
Nokia 7.2	50	37	35	47
Nokia 3.4	21	20	18	18
Samsung 53a pro	30	40	33	27
Samsung Galaxy M30s	16	27	26	41
Samsung Galaxy M31s	40	19	15	23
Xiaomi Redmi Note 8	27	30	26	32

Таблиця 2

Рівні РЧЕМП в режимі «Мобільний Інтернет»

Модель телефону	Густина електромагнітного енергії на різній відстані до телефону, мкВт/см ²			
	0 м	1 м	2 м	3 м
Apple iPhone 13 Pro Max	40	30	30	43
Apple iPhone 12 Pro	500	75	69	55
Apple iPhone 11 Pro	38	30	21	23
Apple iPhone 8	47	40	35	28
Nokia 7.2	69	58	43	30
Nokia 3.4	135	17	18	15
Samsung 53a pro	134	30	29	25
Samsung Galaxy M30s	304	35	31	28
Samsung Galaxy M31s	1000	50	40	26
Xiaomi Redmi Note 8	45	37	43	37

Варто також зазначити, що чинні національні вимоги є жорсткішими за міжнародні, так останні рекомендації ICNIRP [14] визначають, що референтні рівні ЕМП частотою вище 2 ГГц складають 10 Вт/м^2 (1000 мкВт/см^2), а для частот в діапазоні 400 МГц – 2 ГГц визначаються як $f_m/200$ (f_m -частота в МГц), що зважаючи на робочі частоти, буде становити від 450 мкВт/см^2 (для 900 МГц) до 900 мкВт/см^2 (для 1800 МГц).

Тому, відповідно до табл.1,2 варто зауважити таке:

- в режимі роботи «мобільний зв'язок» досліджені нами мобільні телефони не створювали РЧЕМП з рівнями вище ГДР дозволених національними та міжнародними нормами;
- в режимі роботи «мобільний інтернет» на нульовій відстані від мобільного телефону в половині випадків рівень випромінювання був вище дозволеного ДСНіП у 100 мкВт/см^2 ;
- в режимі роботи «мобільний інтернет» на нульовій відстані від мобільного телефону рівень від двох джерел (Apple iPhone 12 Pro – 500 мкВт/см^2 і Samsung Galaxy M31s – 1000 мкВт/см^2) можливо перевищив рекомендації ICNIRP, за умови, що Apple iPhone 12 Pro працював на частоті 900 МГц, а Samsung Galaxy M31s – меншій за 2 ГГц.
- в режимі роботи «мобільний інтернет» на відстані від 1 м рівні РЧЕМП від всіх телефонів відповідають дозволенним.

Аналізуючи результати досліджень можна дійти також таких висновків щодо рівнів РЧЕМП від мобільних телефонів в доквіллі:

- відрізняються від різних моделей телефонів;
- у режимі включеного мобільного зв'язку значно менші ніж в режимі «мобільний інтернет»;
- у режимі включеного мобільного зв'язку сильно не змінюються з відстанню;
- у режимі «мобільний інтернет» є на порядок більшими на нульовій відстані, і на відстані від 1 м вже наближаються до режиму включеного мобільного зв'язку;
- у режимі «мобільний інтернет» значно відрізняються у різних моделей телефонів на нульовій відстані;
- є найменшими за значеннями в обох режимах для таких моделей телефонів – Apple iPhone 13 Pro Max, Apple iPhone 11 Pro, Xiaomi Redmi Note 8;
- вимагають подальшого різнофакторного дослідження.

Вищевикладене дозволяє також підтвердити рекомендації для населення авторитетних організацій [6,17,18] щодо зменшення РЧЕМП, зокрема збільшення відстані між телефоном і людиною, зменшення часу використання, уникнення використання телефону в місцях зі слабким сигналом, вибору телефону з низьким значенням SAR.

Висновки. Проведено дослідження впливу мобільних телефонів на здоров'я шляхом вимірювання рівнів РЧЕМП від них в доквіллі (повітрі). Для цього за допомогою аналізатора електросмогу Gigahertz Solutions HFE35C виміряно поверхневу густину потоку енергії 10 смартфонів різних моделей найбільш популярних брендів в Україні. Вимірювання проводились на різній відстані від джерела та при різних режимах роботи мобільного телефону. Виміряні показники рівнів РЧЕМП порівняно з допустимими, що встановлені ДСНіП і міжнародними рекомендаціями. Встановлено залежності зміни рівнів РЧЕМП від відстані, моделі та режиму роботи мобільного телефону. Для запобігання можливого негативного впливу на здоров'я рекомендовано обмежити час перебування безпосередньо поблизу джерела випромінювання при роботі мобільного телефону в режимі «мобільний інтернет». Є потреба подальших більш детальних досліджень щодо зміни рівнів РЧЕМП від різних моделей мобільних телефонів, на різній відстані та у замкненому просторі, та їх вплив на здоров'я людини.

Література

- 1 Андрієвська Л., Глушкова Т., Коломієць Т. Світовий ринок смартфонів. // Товари і ринки. 2021. №1. С. 19-33.
- 2 Mobile phones / ICNIRP. URL: <http://surl.li/hchmj>
- 3 The International EMF Project / WHO. URL: <http://surl.li/hchmm>
- 4 RF EMFS 100 kHz - 300 GHz / ICNIRP URL: <https://www.icnirp.org>
- 5 Electromagnetic fields and public health: mobile phones / WHO. URL: <http://surl.li/hchms>
- 6 Cell Phones / U.S. Food and Drug Administration. URL: <http://surl.li/hchmv>
- 7 Електромагнітне випромінювання – безпечно чи ні? / Сайт з питань ядерної безпеки, радіаційного захисту та нерозповсюдження ядерної зброї. URL: <http://surl.li/hchmy>

- 8 The INTERPHONE study / IARC / WHO <https://interphone.iarc.who.int/>
- 9 IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer; 2013. (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 102.) URL: <http://surl.li/hchno>
- 10 Review of Published Literature between 2008 and 2018 of Relevance to Radiofrequency Radiation and Cancer. FDA. February 2020. URL: <http://surl.li/hchou>
- 11 2021:08 Recent Research on EMF and Health Risk / Swedish Radiation Safety Authority. URL: <http://surl.li/hchoz>
- 12 Rachel Nkem Iyare, Vladimir Volskiy, Guy A.E. Vandenbosch. Comparison of peak electromagnetic exposures from mobile phones operational in either data mode or voice mode // Environmental Research. Volume 197. June 2021 URL: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110902>
- 13 Real-world cell phone radiofrequency electromagnetic field exposures / Stephe Wall etc. // Environmental Research. Volume 171. April 2019. P. 581-592 URL: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.09.015>
- 14 Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). URL: <http://surl.li/hchpn>
- 15 C95.1-2019 - IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8859679>
- 16 Про затвердження державних санітарних правил та норм (ДСН 239-96). Редакція від 22.01.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96#Text>
- 17 How to reduce exposure from mobile phones and other wireless devices / Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. URL: <http://surl.li/hchpw>
- 18 Guidance Radio waves: reducing exposure from mobile phones / UK Health Security Agency. URL: <http://surl.li/hchqa>

*M. Orfanova, N. Moskalchuk,
M. Shtohryn*

*Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas*

STUDY OF RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD FROM MOBILE PHONES

Mobile phones are the most common sources of radiofrequency electromagnetic field (RFEMF). The rapid increase in their number and global use have made them a relevant subject of scientific research. Therefore, the purpose of the study was to measure the RFEMF levels from mobile phones in the environment in order to find out the adherence to reference levels for the population and establish the dependence on distance, mobile phone model and operating mode.

The radiation level in the environment was assessed by the value of the surface density of the energy flow using the Gigahertz Solutions HFE35C electrosmog analyzer.

The analysis of adherence to reference levels for the general population showed that:

- in the “mobile connection” operating mode, the studied mobile phones did not create RFEMF above the permissible levels set by national and international regulations;
- in the “mobile Internet” operating mode, the level of radiation at zero distance from the mobile phone was higher than the permissible one set by state sanitary standards ($100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) in half of the samples;
- in the “mobile Internet” operating mode, at a distance of 1 m or more, RFEMF levels from all phones were lower than the permissible one.

Levels of RFEMF from mobile phones in the environment:

- are different from different phone models;
- are significantly lower in the activated mobile connection mode than in the “mobile Internet” mode;
- do not change significantly with distance in the mode of activated mobile connection;

- are by an order higher at zero distance in the “mobile Internet” mode, and at a distance of 1 m reach the levels of the activated mobile connection mode;
- are significantly different in different phone models at zero distance in the “mobile Internet” mode;
- have the lowest values in both modes for the following phone models: Apple iPhone 13 Pro Max, Apple iPhone 11 Pro, Xiaomi Redmi Note 8;
- require further multifactorial research.

Key words: mobile phones, radiofrequency electromagnetic field, energy flow density, maximum permissible level (MPL), public health.

References

- 1 Andriievskaya L., Hlushkova T., Kolomiets T. Svitovyi rynek smartfoniv. // Tovary i rynky. 2021. №1. S. 19-33.
- 2 Mobile phones / ICNIRP. URL: <http://surl.li/hchmj>
- 3 The International EMF Project / WHO. URL: <http://surl.li/hchmm>
- 4 RF EMFS 100 kHz - 300 GHz / ICNIRP URL: <https://www.icnirp.org>
- 5 Electromagnetic fields and public health: mobile phones / WHO. URL: <http://surl.li/hchms>
- 6 Cell Phones / U.S. Food and Drug Administration. URL: <http://surl.li/hchmv>
- 7 Electromagnetic Radiation: Is It Safe? / Website on nuclear and radiation safety and non-proliferation. URL: <http://surl.li/hchmy>
- 8 The INTERPHONE study / IARC / WHO <https://interphone.iarc.who.int/>
- 9 IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer; 2013. (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 102.) URL: <http://surl.li/hchno>
- 10 Review of Published Literature between 2008 and 2018 of Relevance to Radiofrequency Radiation and Cancer. FDA. February 2020. URL: <http://surl.li/hchou>
- 11 2021:08 Recent Research on EMF and Health Risk / Swedish Radiation Safety Authority. URL: <http://surl.li/hchoz>
- 12 Rachel Nkem Iyare, Vladimir Volskiy, Guy A.E. Vandenbosch. Comparison of peak electromagnetic exposures from mobile phones operational in either data mode or voice mode // Environmental Research. Volume 197. June 2021 URL: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110902>
- 13 Real-world cell phone radiofrequency electromagnetic field exposures / Stephe Wall etc. // Environmental Research. Volume 171. April 2019. P. 581-592 URL: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.09.015>
- 14 Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). URL: <http://surl.li/hchpn>
- 15 C95.1-2019 - IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8859679>
- 16 Pro zatverdzhennia derzhavnykh sanitarnykh pravyl ta norm (DSN 239-96). Redaktsiia vid 22.01.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96#Text>
- 17 How to reduce exposure from mobile phones and other wireless devices / Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. URL: <http://surl.li/hchpw>
- 18 Guidance Radio waves: reducing exposure from mobile phones / UK Health Security Agency. URL: <http://surl.li/hchqa>