

Електромагнітне випромінювання мобільних телефонів та біологічна безпека

М.І.Мурашко

Національний медичний університет, м.Київ

Наритник Т.М.

*Інститут електроніки та зв'язку Української академії наук,
м.Київ*

Когда человек впервые поднял камень или палку, чтобы использовать их как орудие труда, он безвозвратно нарушил баланс с окружающей средой... Пока этих орудий было немного, их преобразующее влияние на жизнь людей проявлялось очень медленно. Но с увеличением их количества росло и влияние: чем больше орудий, тем быстрее происходят изменения».

Джейс Берк «Взаимосвязи»

Електромагнітний фон

Піклування про охорону праці та здоров'я населення України є однією з важливих завдань владних структур держави. Треба думати, що саме із цієї благородної цілі в 1996 році появились на світ «Державні санітарні норми и правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань [1], якими встановлені норми на гранично допустимі рівні електромагнітних випромінювань. Норми більш жорсткі в порівнянні з тими, що існували раніше, особливо в діапазоні частот вище 300 МГц, що з точки зору забезпечення належних умов охорони праці потрібно тільки вітати, якщо врахувати, що в їх основу покладені ґрунтовні наукові дослідження.

Разом з тим дійовий контроль дотримання прийнятих на державному рівні санітарних норм потребує постійної уваги, особливо щодо дії електромагнітного випромінювання мобільних телефонів при їх використанні, як взагалі всім населенням, так і в виробничих цілях, тобто забезпеченні належної охорони праці.

В процесі еволюційного розвитку екосистеми пристосувались – адаптувались до джерел природного фону, одними із яких є Земля та грозові розряди. Земля має власне магнітне поле напруженістю $H_{землі} = 0,3 - 0,6 Гс$ ($3 \div 6 \cdot 10^{-5} Тл$) і власне електричне поле напруженістю 100-500В/м, яке створюється надлишковим негативним зарядом на поверхні.

Грозові хмари можуть збільшувати напруженість поля до сотень кВ/м. Деякі відхилення в ньому спостерігаються в періоди сонячної активності, коли під впливом потужного корпускулярного потоку від Сонця магнітне поле Землі різко змінює на деякий час свої характеристики. Це так звані магнітні бурі, які впливають на стан всіх екосистем, в тому числі і на організм людини. В цей період погіршується стан хворих на серцево-судинні, нервово-соматичні та інші захворювання.

Відкриття в 90-х роках ХІХ століття електромагнітних хвиль і подальше їх цілеспрямоване активне використання в різноманітних сферах людської

діяльності суттєво змінили природний електромагнітний фон і збільшили інтенсивність його впливу на все живе. До атмосферної електрики електричного і магнітного полів Землі і Галактики добавилось електромагнітне поле штучного походження. Основними джерелами цього впливу поряд з електромагнітними полями від ліній електропередач (ЛЕП), від радіотелевізійних та радіолокаційних станцій, базових станцій мобільного зв'язку, вважаються електромагнітні поля мобільних телефонів.

Напруженість електричного поля під високочастотними ЛЕП може зростати до 15кВ/м, а уже при $E=1000\text{В/м}$ у людини порушується ендокринна система, функції головного і спинного мозку.

Електромагнітні випромінювання (ЕМ) радіодіапазону призводить до значних порушень фізіологічних функцій людини і тварин.

Дія ЕМ випромінювання на організм людини залежить від поглинутої енергії. Частина випромінювання, що падає на людину, поглинається, а частина відбивається. Поглинута енергія ЕМ поля переходить в теплову енергію. Процес поглинання залежить від довжини хвилі:

- хвилі міліметрового діапазону поглинаються поверхневими шарами шкіри;
- хвилі сантиметрового – шкірою і підшкірною клітчаткою;
- хвилі дециметрового – внутрішніми органами;
- хвилі метрового – всім тілом.

Крім теплової дії ЕМ випромінювання може поляризувати тканини тіла, переміщувати іони, поляризувати бокові ланцюжки макромолекул і орієнтувати їх паралельно напруженості електричного поля хвилі; резонансно поглинатись макромолекулами і біологічними структурами, викликати нервові реакції та інші, так звані, нетеплові ефекти.

Існує такий поділ діапазонів радіочастот частот згідно з Регламентом радіозв'язку:

Назва діапазону	Частота	Довжина хвилі, λ	Призначення
міріаметровий	ДНЧ – дуже низькі частоти 3-30 кГц	100-10км	Дальній радіозв'язок
кілометровий (довгі хвилі)	НЧ -низькі частоти 30-300кГц	10-1 км	Радіомовлення
середні хвилі	СЧ – середні частоти 0,3-3МГц	1000-100м	Радіомовлення, мобільний зв'язок, радіонавігація
короткі хвилі	ВЧ- високі частоти 3-30МГц	100-10м	Радіомовлення, мобільний зв'язок, любительський зв'язок (27МГц)
метровий	ДВЧ-дуже високі частоти 30 – 300 МГц	10-1м метрові	Радіомовлення, телевізійне мовлення, мобільний радіозв'язок
дециметровий	УВЧ – ультра-високі частоти 0,3-3ГГц	1-0,1м	Телебачення, космічний радіо зв'язок і радіонавігація, мобільний зв'язок, радіолокація, медицина

сантиметровий	НВЧ – надзвичайно високі частоти 3-30ГГц	10-1см	Космічний радіозв'язок і радіолокація, радіонавігація, радіоастрономія, мобільний зв'язок
міліметровий	КВЧ – крайнє високі частоти 30-300ГГц	10-1мм	Космічний радіозв'язок, радіолокація, радіоастрономія, медицина
дециміліметровий	ГВЧ – гіпер високі частоти 300-3000ГГц	1-0,1мм	Космічний радіозв'язок, радіолокація, радіоастрономія, медицина

Характеристики хвиль, від яких залежить результат дії:

- частота (довжина хвилі $\lambda = \frac{c}{f}$);
- інтенсивність хвилі – енергія що падає на одиницю поверхні тіла за одну секунду, а для низькочастотних полів – напруженість електричного поля E і магнітного поля H .

Санітарні норми

На живі організми істотний вплив чинять електромагнітні поля (ЕМП) і електромагнітні хвилі (ЕМХ) різних частотних діапазонів: від низькочастотного радіохвильового ($f = 30 - 300 \text{кГц}$, $\lambda = 10^4 - 10^{-3} \text{м}$) до іонізуючого γ - випромінювання ($f > 10^{18} \text{Гц}$, $\lambda \leq 10^{-10} \text{м}$). По інтенсивності їх ділять на: малоінтенсивні – менше 10мВт/см^2 і високоінтенсивні – більше 10мВт/см^2 . Таке малоінтенсивне високочастотне (ВЧ) випромінювання нагріває тканину не більше, ніж на $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ за час, менший 6 хвилин (0,1год).

Якщо тривалість опромінювання протягом 6 хвилин скорочується, наприклад, до 6 секунд, то густина потоку потужності може бути збільшена до 100мВт/см^2 при рівнях густини потоку потужності менших 10мВт/см^2 ...

При рівнях густини потоку потужності в межах від 10 до 25мВт/см^2 сумарна тривалість опромінювання має не перевищувати 10 хвилин із кожних 60 хвилин протягом 8-годинного робочого дня.

При інтенсивностях більших 10мВт/см^2 значно підвищується температура опромінюваної тканини. Це так званий тепловий ефект. Тканина нагрівається внаслідок іонної провідності рідини, що знаходиться в клітинах і поміж клітинами, а також завдяки коливанням дипольних молекул води і білків.

Чітко виявлений тепловий ефект дециметрових і сантиметрових хвиль, коли температура підвищується під час опромінювання тканини. Так, при опромінюванні собак протягом 15 хвилин ЕМХ довжиною $\lambda = 1,5 \text{м}$ інтенсивністю 330мВт/см^2 температура їх підвищувалась на $5 \text{ }^\circ\text{C}$. 50% опромінених собак гинули.

Чому 10мВт/см^2 вибране як деяке порогове значення?

В нормальних умовах тіло людини віддає в оточуюче середовище кількість теплоти, що відповідає тепловому потоку 10мВт/см^2 поверхні. Це відповідає енерговитратам при легкій роботі.

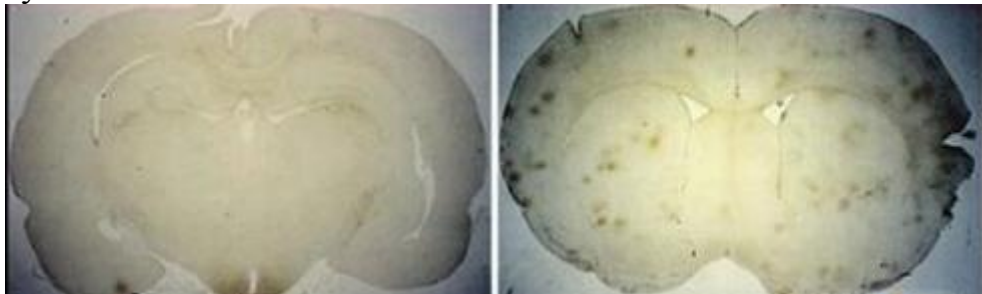
Для зменшення шкоди живому організму від ВЧ випромінювання вводять санітарні норми, які визначають допустимі межі випромінювання. Такі межі, як

правило, в 50-100 раз менші значень інтенсивностей, при яких в організмі відбуваються необоротні зміни. За інформацією [2] безпечний для життя людини електромагнітний фон становить $P_o = 10^{-6} \frac{Вт}{см^2} = 1 \frac{мкВт}{см^2}$. У відповідності з [3, 4] допустимий для населення рівень фонового ЕМВ від радіотехнічних об'єктів (радіотелевізійні передавачі, РЛС, РРС та інші). $P_o = 10^{-5} \frac{Вт}{см^2} = 10 \frac{мкВт}{см^2}$. Опромінення людини від мобільних телефонів та аналогічної апаратури в термінах SAR у частотному діапазоні до 3ГГц ($\lambda=10см$) становить $2 \frac{Вт}{кг} = 2 \frac{мВт}{г} = 2 \frac{Дж}{с \cdot кг} = 2 \frac{Гр}{с}$, де Гр-ґрей – одиниця поглинутої дози м'язової тканини людини.

За даними [5] середній рівень ЕМВ в деяких містах США, створюваних передавальними телестанціями становить $10^{-4} \frac{Вт}{м^2} = 10^{-2} \frac{мкВт}{см^2} = 0,01 \frac{мкВт}{см^2}$ для 50% населення, а 2% населення проживає при рівні $10^{-2} \frac{Вт}{см^2} = 1 \frac{мкВт}{см^2}$.

При інтенсивностях опромінювання 25 мВт/см² знаходиться в зоні опромінювання заборонено, а доза 100 мВт/см² – це найменше граничне значення інтенсивності опромінювання, яке здатне створити незворотні процеси в очах, насінниках людини.

Шкідливе і тривале опромінювання хвилями метрового діапазону малої інтенсивності було підтверджено у наступному експерименті: щурів протягом 25 місяців опромінювали такими хвилями інтенсивністю 480 мкВт/см², і із 100 опромінених щурів у 16 були виявлені злоякісні пухлини, а із контрольної групи тільки у 4-х.



Мозок щура, якого не було опромінено

Мозок щура, якого регулярно опромінювали (видно уражені ділянки в вигляді темних крапок)

Випромінювання мобільних телефонів

Значно шкідливіше для людини є випромінювання дециметрового діапазону. Мобільний зв'язок використовує цей діапазон. Випромінювання мобільних телефонів надзвичайно шкідливе. Це випромінювання пригнічує електромагнітні імпульси клітин живих організмів, нагріває організм «зсередини» на клітинному рівні. Особливо від цього потерпають тканини замкнених об'ємів: очі, насінники, які погано омиваються кров'ю, а тому знаходяться поза системою

терморегуляції організму. Кришталік ока від внутрішнього перегрівання руйнується і мутніє. Це проявляється різью в очах і шумом в голові.

Мозок людини захищений черепною коробкою і добре постачається кров'ю, тому перегрівання йому не загрожує. Сигнал мобільного телефону проникає в мозок на глибину 37 мм, а потужність випромінювання у багато разів більша, ніж у мікрохвильових печах. Телефон, на відміну від мікрохвильової печі, випромінює складний модульований сигнал, який несе в собі інформацію. Біологічно-інформаційні взаємодії вивчені мало, результати таких досліджень відкрито не публікуються.

Під дією потужних ЕМ хвиль мобільного телефону може відбуватися збій у продукуванні мозком електроімпульсів, якими він керує роботою організму. Експериментально доведено, що сигнали мобільних телефонів змінюють електроімпульси головного мозку.

Шведські вчені, досліджуючи людей, які користувались мобільниками понад 10 років, встановили, що у них у 4 рази вищий ризик виникнення пухлин вуха. Угорські ж учені стверджують, що мобільники в 3 рази знижують якість сперми. От чому і приказка: «Носіть мобільні телефони біля того органу, який Вам не потрібен».

Слід відмітити, що не всі однаково сприймають випромінювання від мобільних телефонів. Є підвищена, знижена і середня радіочутливість. Більшість людей (до 80%) належить до середньої групи. Люди зі зниженою радіочутливістю можуть ніяк не реагувати на потужне випромінювання, тоді як з підвищеною – відчути втому і головокружіння вже після однієї телефонної розмови.

В світовій практиці є два види норм, які встановлюють межу безпеки:

- густина потоку потужності ГПП ($\text{мВт}/\text{см}^2$);

- потужність поглинутої дози (специфічна норма поглинання) SAR [Specific Absorption Rates] ($\text{мВт}/\text{г}$).

Різниця між ними в тому, що в першому випадку визначається потужність, що падає на одиницю площі, а в другому – енергія, що поглинається в одиниці маси за 1 секунду. При поглинанні одиниці SAR ($1\text{мВт}/\text{г}$) за 20 хвилин тканини нагріваються на 1°C . Європейські організації рекомендують для сотових телефонів граничну норму SAR $2\text{ мВт}/\text{г}$. У зв'язку з цим цікаві дані SAR і інтенсивності випромінювання І деяких моделей сотових телефонів (табл. 1) [6, 7].

Фірма, тип телефону	Motorola (StarTac)	Sony (CMD-Z1)	Nokia (8110)	Ericsson (GF788)	Philips (Spark)
I, $\text{мкВт}/\text{см}^2$	48	22 - 55	75	109	136
SAR, $\text{мВт}/\text{г}$	0,33	0,41 – 0,88	0,73	0,91	1,05-1,06

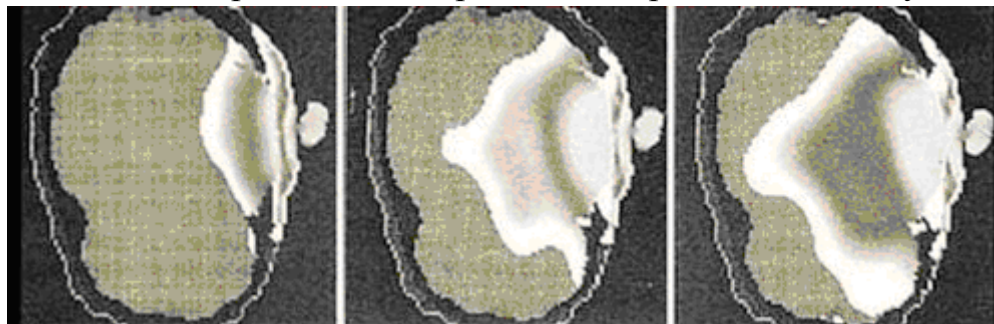
Як видно з таблиці, деякі зразки телефонів (Nokia, Ericsson, Philips) по інтенсивності випромінювання ($75\text{-}136\text{ мкВт}/\text{см}^2$) значно перевищують гранично допустимий рівень, оскільки згідно з санітарними нормами він становить в

Україні $2,5 \text{ мкВт/см}^2$. Тобто випромінювана потужність на 1 см^2 більша допустимого значення для населення в 30-55 раз.

Досліди, які проводились над тваринами різного віку, показали, що електромагнітне поле дуже сильно впливає на організм, що розвивається. Під час використання мобільного телефону відбувається вплив електромагнітного поля на головний мозок. Поглинання ЕМ енергії в голові дитини є значно вищим, ніж у дорослого. Тому що мозкова тканина дітей має більшу провідність, менший розмір голови, кістки черепа тонкіші. Дитячий організм більш чутливий до ЕМ поля, ніж дорослий. Мозок дітей має більшу схильність до нагромадження несприятливий реакцій при повторних опромінюваннях ЕМ полем.

На малюнках зображені результати проникнення ЕМХ в голову:

Як електромагнітне опромінювання проникає в голову:



Дорослої
людини

10-річної дитини

5-річної дитини

У дітей, що живуть поблизу теле- і радіовеж, станцій мобільного зв'язку, рівень хронічних хвороб у два рази більший норми і в 2,5 рази – гострих захворювань [7].

Безпека користування мобільними телефонами

Без мобільників на сьогоднішній час не обійтись. Для того, щоб шкода від користування ними була найменша, потрібно знати, при яких умовах користування ними безпечно.

Рекомендації щодо користування мобільними телефонами:

- Не спілкуватися по мобільних телефонах більше 15 хвилин на день.
- Після 1 – 3 хвилинної розмови рекомендується не менше 5 хвилин утриматися від наступного дзвінка. Довготривалі розмови викликають психічні розлади.
- Під час сну тримати телефон не ближче 1 м від голови.
- Не користуватися мобільником в громадському транспорті, метро, тролейбусі та автомобілях. Випромінювання мобільника відбуваються від металевого корпусу машини, збільшуючи потужність у кілька разів. Окуляри в металевій оправі також краще знімати під час розмови (з цих же міркувань).

- Не обирайте маленькі моделі мобільних телефонів, вони мають потужніше випромінювання порівняно з більшими.
- Набравши потрібний номер, не притискайте зразу телефон до вуха - саме під час з'єднання відбувається найпотужніше випромінювання.
- Якщо на екрані вашого мобільника кількість «антен» зменшиться, це означає, що ви потрапили в зону слабкої дії сигналу. Намагатися уникати користування мобільним телефоном у таких мовах, бо інтенсивність його електромагнітного випромінювання збільшується в кілька разів.
- **для дітей до 18 років: максимально виключити використання мобільних телефонів, говорити тільки в крайньому випадку.**

Заключення

Отже потрібні нові технології, які з однієї сторони дозволять збільшувати об'єми інформації, що передається, а з іншої – здійснювати це на екологічно безпечному рівні [8-11]. Одними із таких є супутникові системи зв'язку і глобальної радіонавігації, інтенсивність ЕМВ яких поблизу поверхні Землі близька до фонові. Серед наземних систем найбільш перспективними є наступні:

- мікрохвильова телекомунікаційна телекомунікаційна система МІТРС, яка забезпечує як послуги багатоканального телемовлення в радіусі до 60 км з вихідною потужністю в 3-5 мВт з розрахунку на одну телевізійну програму, так і мультисервісні послуги.

- система рухомого мобільного зв'язку UMTS 3-го покоління (3G) із застосуванням рідіотехнології ІМТ-2000СДМА (UMTS/W-CDMA), яка працює з вихідною потужністю до 10 мВт.

Крім того, нам представляється можливим, принаймні, в великих містах зі складною електромагнітною обстановкою і складним рельєфом місцевості, де розрахунково-аналітичні методи не дають адекватного відображення реальних умов електромагнітного випромінювання, розробити і впровадити систему захисту навколишнього середовища і людини від дії електромагнітних полів і обов'язковим проведенням електромагнітного моніторингу.

Для реалізації цієї задачі, за інформацією Українського Державного центру радіочастот, Україна має в своєму розпорядженні унікальний спеціалізований вимірювальний комплекс DAS45 NEO (подібного комплексу не має в своєму розпорядженні жодна країна СНД), який призначений саме для вивчення ступеня впливу на здоров'я людини електромагнітних хвиль в діапазоні частот до 8 ГГц від термінальних пристроїв радіозв'язку шляхом вимірювання SAR при випромінюваннях будь-якими стандартами (GSM, CDMA, DVB-T, TETRA і т.п.).

Література.

1. Попов В. Электромагнитное излучение мобильных телефонов на человеческий организм.-Рига.-Рижский технический университет.-1999.

2. СанПиН 2.2.4/п.2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). (Российская Федерация).
3. СанПиН 2.2.4/п.2.1.8.9.-36-2002. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). (Республика Беларусь).
4. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. Сан Ні П №488/1533 від 29.08.1996 р. Київ, 1966.
5. Радиочастоты и микроволны. Гигиенические критерии состояния окружающей среды 16.-Женева: Совместное издание Программы ООН по окружающей среде, Всемирной организации здравоохранения и Международной ассоциации по радиационной защите.-1984.-145с.
6. Ильченко М.Е., Калинин В.И., Нарытник Т.Н. Экологическая безопасность и микроволновые телекоммуникационные технологии. Материалы Международного симпозиума «Инженерная экология-2009».-Москва.-2009.
7. Мобильная связь и телефония. /Гуляев Ю., Булгаков Б., Нарытник Т., Сайко В. Телекоммуникационное радиоизлучение. /Винахідник і раціоналізатор/ К:..-2004.
8. Слободянюк П.В., Благодарный В.Г., Ступак В.С. Довідник з радіомоніторингу./ За заг. ред. П.В. Слободянюка. – Ніжин: ТОВ Аспект-Поліграф, 2008. – 588 с.
9. Нарытник Т.Н., Ильченко М.Е., Кравчук С.А и др. Микроволновые технологии в телекоммуникационных системах. –Киев: Техника. -2000.-304с.
10. В.Кирей. Чи шкідливі електромагнітні промені?-К:-Урядовий кур'єр, №31.-2008.
11. Я.Логинов. Экология как новая сфера дипломатии.-К:-Зеркало недели.- №25.-2001.