

## Практ. заняття 4 і 5

### Безпека стільникового зв'язку

#### Випромінювання мобільного телефону впливає на мозок людини

Трубка мобільного телефону є джерелом електромагнітного випромінювання, подібним до електромагнітного випромінювання, що розігріває їжу в мікрохвильовій печі, лише набагато слабшим. Залежно від віку, індивідуальних особливостей організму, і особливо від тривалості і частоти розмов по телефону, чутливість людини до дії цього випромінювання виявляється по-різному. Проте результати численних дослідів переконливо показують, що розмови по мобільному телефону впливають на роботу мозку, розвиток пухлини слухового нерва і захворювань вуха.

Особливо небезпечним є такий вплив на дітей, які набагато чутливіші до дії електромагнітного випромінювання, ніж дорослі. Причому, чим менша дитина, – тим вища небезпека. Тому голова Національної ради Великобританії по захисту від випромінювань професор Вільям Стюарт, який протягом останніх 7 років керував експертною групою "Мобільний зв'язок і здоров'я" (Великобританія), переконаний, що хоча шкода мобільних телефонів ще остаточно не доведена, проте є підстави вважати, що він реальний. Звідси висновок: дітям до 8 років краще всього взагалі не користуватися мобільними телефонами (особливо застарілих конструкцій), а дітям 8 – 14 років варто дзвонити лише у разі крайньої необхідності [5].

Пояснимо більш детально причину такого категоричного твердження.

За даними групи "Мобільний зв'язок і здоров'я" тонкі кістки дитячого черепа, на відміну від набагато товстіших кісток черепа дорослої людини, що сформувалися, набагато гірше захищають мозок дитини від електромагнітних хвиль. Нервова система такої дитини ще тільки розвивається, її мозок працює активніше, ніж у дорослого, а тому сильніше реагує на випромінювання. Крім того, клітки організму, що росте, більшою мірою схильні до генетичних змін. Схематично це можна представити у вигляді трьох послідовних дітей (**рис. 1**). На верхньому рисунку хрестиком позначена область головного мозку дитини у віці до 8 років, на яку впливає випромінювання; на середньому – те ж саме, для дитини у віці 8 – 14 років; на нижньому – те ж саме, для дорослої людини [5].

Процес "нагріву" мозку трубкою мобільного телефону складніший порівняно з нагрівом мікрохвильової печі, оскільки сигнал мобільного телефону, на відміну від електромагнітного випромінювання печі, модульований, і тому організм людини реагує на нього гостріше. Процеси в головному мозку відбуваються на електрохімічному рівні, причому під час розмови по телефону кора головного мозку, яка тонко реагує на електромагнітні випромінювання подібно реакції ока на світло або вуха людини – на звук, ніби отримує удар "електромагнітною дубиною".

Очевидно, що по дії на мозок людини мобільний телефон не можна порівнювати ні з комп'ютером, ні з телевізором, оскільки основну роль грає не потужність апарату, а те, що він, як джерело електромагнітного випромінювання, прикладається до вуха і таким чином знаходиться всього лише в декількох сантиметрах від головного мозку. Недаремно в інструкціях з експлуатацій

мобільних телефонів, наприклад Nokia 3120 [2], є така рекомендація: "Як і при роботі з іншими радіопередаючими пристроями, не слід ... торкатися до антени", і далі: "... не торкайтеся до антени під час розмови".

Мозок людини не байдужий до удару "електромагнітної дубини". Він адекватно реагує на втручання в його нормальну роботу: чинить опір, включає механізм компенсації і т. д., проте в якийсь момент часу може не витримати і тоді настає збій в його роботі, який виявляється у вигляді головного болю, погіршенні пам'яті, уповільненні реакції, зниженні уваги (рис. 2). Тому зрозумілі категоричні заборони, на зразок такого: Не "користуйтеся мобільним телефоном за кермом рухомого автомобіля" [2].

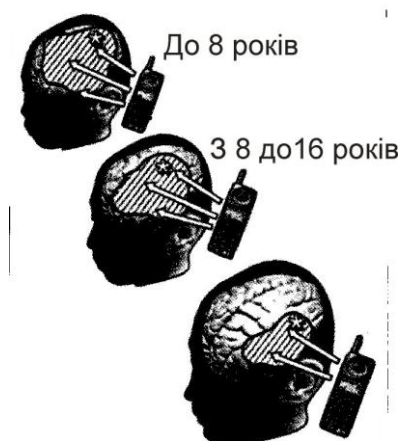


Рис.1

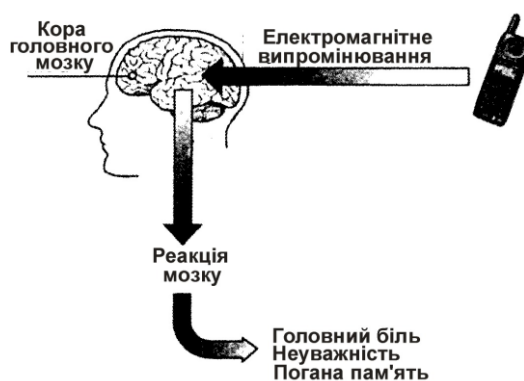


Рис. 2

### **Досліди, які нібито підтверджують небезпеку мобільних телефонів**

В спеціальній технічній літературі, як і в засобах масової інформації неодноразово повідомлялося про досліди, які "переконливо" (на думку їх авторів), підтвердили небезпеку користування мобільними телефонами. Ось тільки деякі з таких дослідів, описані в засобах масової інформації [3 – 7].

1. Ю. Григор'єв, професор Московського інституту біофізики, власноручно сконструював 2 інкубатори і поклав в кожний з них по 63 курячі яйця. Над одним з інкубаторів на висоті 10 см він підвісив мобільний телефон стандарту GSM, який працював в такому режимі: 1,5 хв. включений, 0,5 хв. вимкнений. Порушення ембріонального розвитку з'явилися вже на третій день: з 63 яєць вилупилися лише 16 пташок, які виявилися нежиттєздатними. Для порівняння: в інкубаторі, де не було мобільного телефону, з 63 яєць вилупилися 51 здорове пташиня.

2. Алан Пріс, глава відділення біофізики Брістольського онкологічного центру, на півгодини дав мобільні телефони хлопцям 10 – 11 років. У половини вони працювали в режимі розмови, у інших були вимкнені. А потім учений провів нейрофізіологічні тести. У тих, кому дісталися включені мобільні телефони, всі реакції виявилися сповільненими. Інший експеримент показав, що навіть після двохвилинної бесіди у підлітків 11 – 13 років міняється біоелектрична активність мозку і лише через 2 години вона приходить в норму.

3. Угорський біолог Турочі попросив 76 добровольців зробити два дзвінки, по 7,5 хвилини кожний. У випробовуваних лікарі зафіксували стрес по біострумах

мозку, сповільнений мозковий кровообіг, змінювання артеріального тиску. А російський професор Ігор Беляєв, що працює в Стокгольмському університеті, включав мобільний телефон поряд з пробірками з людською кров'ю і побачив, що через годину кров в декількох з них "закипіла": клітки крові, лімфоцити повелися так, ніби у людини піднялася температура до 44°C, причому ефект "теплого шоку" зберігався протягом 72 годин.

4. На одному популярному британському інтернет-форумі для студентів з'явився незвичайний, "високотехнологічний" рецепт варива яєць – без плити, каструлі і навіть без води, проте за допомогою двох мобільних телефонів, як це показано на **рис. 3**, де позначено: 1 – куряче яйце; 2 – неметалічна підставка у вигляді трьох порожніх сигаретних пачок; 3 – два мобільних телефони; 4 – магнітола, музика якої імітувала розмову по телефонах. Мобільні телефони зварили яйце за 7 - 8 хвилин [7].

5. Випромінювання мобільного телефону може порушити роботу кардіостимуляторів і слухових апаратів. Тому ввімкнений мобільний телефон слід тримати на відстані не менше 20 см від кардіостимулятора [2].

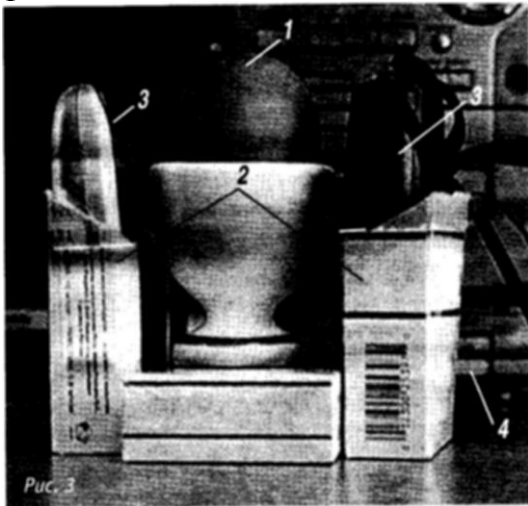


Рис. 3

### **Досліди, які не підтверджують небезпеку мобільних телефонів**

Деякі вчені продовжують вперто стверджувати повну безпечність користування мобільними телефонами, наводячи на підтвердження цього такі "переконливі" (на їх думку) результати дослідів [5].

1. Фінн Тахванайнен зміряв пульс і тиск у 32 чоловік після 35-хвилинної (!) бесіди випробовуваних по мобільному телефону. І не помітив жодних проблем!

2. Італієць Калабрезе не знайшов впливу електромагнітного поля телефону на пам'ять і пізнавальні здібності 52 добровольців.

3. Американець Майкл Свікорд, співробітник наукової лабораторії компанії "Моторола" в Каліфорнії, провівши з своїми співробітниками безліч дослідів на шурах і мавпах, не виявив негативного впливу мобільних телефонів ні на розвиток раку мозку, ні на роботу центральної нервової системи, ні на розвиток потомства, ні на біохімію крові або поведінку тварин.

До результатів цих досліджень слід ставитись дуже обережно, оскільки незалежна перевірка їх чистоти і, крім того переважна більшість цих дослідів була сплачена виробниками мобільних телефонів...

## Досліди, які не підтверджують небезпеку мобільних телефонів

Деякі вчені продовжують вперто стверджувати повну безпечність користування мобільними телефонами, наводячи на підтвердження цього такі "переконливі" (на їх думку) результати дослідів [5].

1. Фінн Тахванайнен зміряв пульс і тиск у 32 чоловік після 35-хвилинної (!) бесіди випробовуваних по мобільному телефону. І не помітив жодних проблем!

2. Італієць Калабрезе не знайшов впливу електромагнітного поля телефону на пам'ять і пізнавальні здібності 52 добровольців.

3. Американець Майкл Свікфорд, співробітник наукової лабораторії компанії "Моторола" в Каліфорнії, провівши з своїми співробітниками безліч дослідів на щурах і мавпах, не виявив негативного впливу мобільних телефонів ні на розвиток раку мозку, ні на роботу центральної нервової системи, ні на розвиток потомства, ні на біохімію крові або поведінку тварин.

До результатів цих досліджень слід ставитись дуже обережно, оскільки незалежна перевірка їх чистоти і, крім того переважна більшість цих дослідів була сплачена виробниками мобільних телефонів...

## Мобільний телефон відірвав дитині пальці

Мобільний телефон може уявляти, правда в дуже рідкісних, можна сказати, виняткових, випадках, безпосередню небезпеку, пов'язану з можливим вибухом акумулятора, яким комплектується телефон, як це сталося Синельниково Дніпропетровської області з 11-річним хлопцем, у якого телефон вибухнув в руці навіть не під час розмови (тоді наслідки могли бути найтрагічнішими), а в той момент, коли він, намагаючись узяти його із столу, тільки доторкнувся до трубки [6]. Скоріш за все це трапилось тому, що акумулятор до телефону був не фірмовим.

## Науковий підхід до розв'язання проблеми біологічної безпеки мобільних телефонів

Кожний мобільний телефон містить передавач і приймач радіосигналів. Він конструюється і виготовляється з урахуванням вимог міжнародних директив (ICNIRP) на граничні рівні опромінювання радіочастотною енергією, які не повинні перевищувати допустимі межі безпечного опромінювання людини – незалежно від його віку і стану здоров'я. Виникаючий при роботі мобільних телефонів рівень електромагнітного опромінювання, що відповідає нормам безпеки на таке випромінювання, повинен визначатися (і в міжнародній практиці визначається) незалежними науковими організаціями на основі наукового підходу до рішення проблеми біологічної безпеки.

В основу наукового підходу до проблеми біологічної безпеки мобільних телефонів покладено так званий **коефіцієнт питомого поглинання (SAR – Specific Absorption Rate)**. SAR вимірюється у Вт/кг або мВт/г. SAR – це похідна за часом від енергії електромагнітного *поля*, яка поглинається одиницею маси (або розсіюється в ній) в об'ємі тканини тіла заданої форми і густини [1].

SAR прийнято оцінювати на основі результатів досліджень, що виконуються на математичних і фізичних моделях тіла людини. Такі моделі

дозволяють досить точно і детально відтворити тіло людини з урахуванням його м'язів, кісток, мозку, крові, печінки тощо, а також таких, різних і відмінних між собою для цих частин тіла, електромагнітних характеристик, як діелектрична проникність і провідність. В деяких дослідженнях модель тіла людини будувалася таким чином, що вона безпосередньо відтворювала тіло піддослідного добровольця [11].

За допомогою математичних моделей вдалося отримати картину просторового розподілу SAR і знайти ділянки як з максимальними, так і з середніми значеннями SAR для тіла людини в цілому. У фізичних моделях, в яких тіло людини або певна досліджувана його частина відтворювалася у натуральну величину, SAR визначався за результатами прямих вимірювань напруженості електричного поля за допомогою спеціальних датчиків.

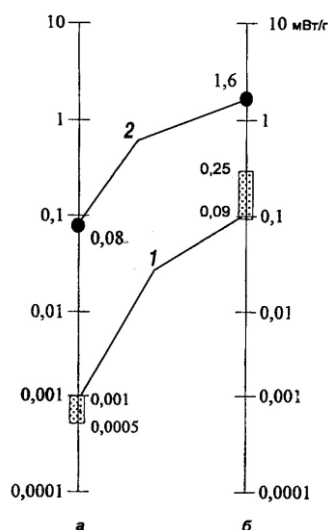
Проведені дослідження показали, що результати, одержувані на математичних і фізичних моделях, добре узгоджуються між собою.

Значення SAR, отримані різними дослідниками за наслідками вимірювань на фізичних моделях голови людини, дали результати, наведені в **табл.1** [11, 15].

Таблиця 1

Значення частоти, МГц	Область, де має місце максимальне значення SAR	Максимальне виміряне значення SAR, мВт/г
815...855	Мозок	1...2,1
900	Мозок	3,6
835	Вуха	1,1...1,8
835	Мозок	0,4...0,8

Значення SAR, отримані за допомогою математичної моделі всього тіла людини і фізичної моделі його голови (частота 835 МГц; випробувано три моделі апаратів; вихідна потужність 600 мВт) дали результати, наведені на **рис. 4** [11], на якому позначено: а) SAR – в середньому для всього тіла; б) SAR – в області просторового максимуму; 1 – допустимі норми за стандартом США (для неконтрольованих умов, тобто норми "для населення", які в 5 разів менші порівняно з нормами для контрольованих умов, тобто з "нормами для професіоналів") [12]; 2 – експериментальні результати для мобільних телефонів.



Міжнародні директиви для радіочастотних пристроїв (у тому числі і для мобільних телефонів) встановлюють такі граничні значення SAR: SAR = 2,0 Вт/кг; біля вуха SAR<sub>max</sub> = 0,79 Вт/кг (при усереднюванні, що звичайно приймається, по 10 грамам тканини тіла людини). Вимірювання коефіцієнта SAR виконуються в стандартному робочому положенні мобільного телефону в режимі максимальної потужності передавача

у всіх діапазонах робочих частот. Оскільки фактичне значення рівня SAR для працюючого мобільного телефону, як правило, значно (в 3...5 раз) нижче за максимальну потужність передавача (оскільки конструкція телефону дозволяє йому працювати на потужностях, менших максимальної), то з урахуванням того, що абонент розмовляє не безперервно, а обмежений час, має місце більш, ніж 10-кратний запас по SAR порівняно з наведеними вище результатами дослідів.

Міжнародні директиви для радіочастотних пристроїв (у тому числі і для мобільних телефонів) встановлюють такі граничні значення SAR: SAR = 2,0 Вт/кг; біля вуха SAR<sub>max</sub> = 0,79 Вт/кг (при усереднюванні, що звичайно приймається, по 10 грамам тканини тіла людини). Вимірювання коефіцієнта SAR виконуються в стандартному робочому положенні мобільного телефону в режимі максимальної потужності передавача у всіх діапазонах робочих частот. Оскільки фактичне значення рівня SAR для працюючого мобільного телефону, як правило, значно (в 3...5 раз) нижче за максимальну потужність передавача (оскільки конструкція телефону дозволяє йому працювати на потужностях, менших максимальної), то з урахуванням того, що абонент розмовляє не безперервно, а обмежений час, має місце більш, ніж 10-кратний запас по SAR порівняно з наведеними вище результатами дослідів.

Таким чином, наведені вище результати досліджень на моделях показують, що норми безпеки, встановлені діючим стандартом США [12] (як і відповідними стандартами Західної Європи, Японії і Росії [11, 13 – 16]), що враховує практично всі види впливу електромагнітного випромінювання на людину (термічне, канцерогенне, нейрофізіологічне, вплив на слух, кров і ін.), мобільними телефонами виконуються.

Та все ж питання біологічної безпеки мобільних телефонів не можна вважати остаточно вирішеним. Про це, зокрема, свідчать і результати обговорень цього питання на ряді конференцій по біологічній безпеці стільникового зв'язку, численні публікації в засобах масової інформації, опитування громадян. У зв'язку з цим на Всесвітній конференції, що відбулася в Лондоні майже 15 років тому назад і була присвячена обговоренню можливого ризику при користуванні мобільних телефонів було запропоновано [21]:

- Продовжити дослідження щодо біологічної безпеки стільникового зв'язку як в природних умовах (*in vivo* – буквально в житті, в тілі), так і в лабораторних (*in vitro* – в пробірці, в колбі).
- Надавати населенню широку об'єктивну інформацію, у тому числі в засобах масової інформації;

- Розробити критерії зіставлення ризику від мобільних телефонів з ризиком від інших атрибутів сучасного життя, більш звичних і більш доступних для більшої частини населення.

Не дивлячись на інтенсивні дослідження проблеми біологічної безпеки мобільних телефонів, ця проблема до цього часу залишається не розв'язаною.

Не знайдені переконливі докази відсутності ризику використання мобільних телефонів, про що свідчать хоча б такі факти [5]:

1. Управління досліджень Європарламенту ще в 2001 р. ухвалило "вирок" мобільному телефону, записавши в своєму рішенні, що він викликає "схильність до розвитку епілепсії, ослаблення імунітету, виникнення онкологічних захворювань".

2. Хоча Мінохоронздоров'я Росії не був таким категоричним в оцінці небезпеки для здоров'я мобільних телефонів, все ж таки він у випущеній у липні 2003 р. гігієнічній вимозі попередив: рекомендується обмежити використання мобільних телефонів особами, що не досягли 18 років. Це єдиний чинний в Росії юридичний документ, дотримання вимог якого, проте, ніким не контролюється. На жаль, пропозицію Центру електромагнітної безпеки Російського національного комітету із захисту від неіонізуючих випромінювань, яка зводиться до написання на коробках для мобільних телефонів таке ж саме попередження про можливу шкоду для здоров'я, як і на пачках сигарет, не було прийнято.

Наскільки нам відомо, українського "вироку" мобільному телефону не виносилося.

### **Короткі висновки і рекомендації**

Мобільні телефони, безумовно, роблять певний вплив на організм людини. Проте біологічна небезпека такого впливу в даний час ще до кінця не досліджена. В засобах масової інформації, як правило, широко обговорюється лише якісна картина такого впливу, особливо на організм дітей і підлітків, а також звертається увага дорослих на шкоду для здоров'я частих і тривалих розмов по мобільному телефону. Кількісна оцінка такого впливу (і притому далеко не повна, оскільки дослідження по цій проблемі далеко ще не завершені) наводиться лише в спеціальній літературі, причому засоби масової інформації не доводять цю оцінку до широких верств населення, які користуються мобільними телефонами.

За умов відсутності перевіреної, науково достовірної інформації про біологічну небезпеку мобільних телефонів слід дотримуватись рекомендацій Центру електромагнітної безпеки Національного комітету із захисту від неіонізуючих випромінювань Російської Федерації [5], а рекомендацій Керівництва по експлуатації NOKIA 3120 [2]:

1. Дітям до 16 років та вагітним жінкам краще взагалі не користуватися стільниковим зв'язком.

2. Одна розмова не повинна тривати більше трьох хвилин, перерви між дзвінками – не менше 15 хв.

3. Краще використовувати гарнітуру "хэндс фри" або писати SMS, оскільки під час розмови трубка, що знаходиться поряд з вухом, голова і телефон утворюють єдину електромагнітну систему, яка сильно впливає на мозок, кора якого особливо гостро реагує на дію електромагнітного поля. Тому головне –

прибрати телефон подалі від голови (що досягається тим, що абонент говорить виключно в мікрофон "хэндс фри"). Якщо ж телефон знаходиться в руках, на ремені або в сумочці – вплив випромінювання від нього знижується багатократно.

4. Чохли для мобільних телефонів та їх утримувачі, які кріплять до одягу або надягають на шию, не повинні мати металевих деталей; при цьому телефон повинен весь час бути на відстані не менше 2,2 см від тіла людини.

Опити користувачів мобільних телефонів показали, що багато абонентів дещо скептично відносяться до небезпеки цих телефонів для здоров'я, вважаючи, що головне зараз – чинити тиск на виробників мобільних телефонів з метою вдосконалення останніми своєї продукції у напрямі підвищення її безпеки. При цьому наводять як приклад такий аргумент: на початку 90-х років всі лаяли виробників комп'ютерних моніторів. Виробники моніторів взялися і удосконалили екрани. Тепер всім світом слід взятися за виробників мобільних телефонів...

### Література

1. Ратынский М. В. Основы сотовой связи / Под ред. Д. Б. Зимины. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 2000. – 248 с.
2. Руководство по эксплуатации NOKIA 3120.
3. Савин А. По сотовому телефону можно договориться до лимфомы // Известия. – 1997. – 17 мая.
4. Стуруа М. Осторожно: Сотовый телефон // Московский комсомолец. – 1997. – 3 июля.
5. Смирнова Ю. Мобильники опасны для детей // Комсомольская правда Украина. – 2005. – 18 и 19 января.
6. Авраменко И. Мобилка оторвала ребенку пальцы // Комсомольская правда Украина. – 2006. – 6 апреля.
7. Лаговский В., Моисеенко А. Варим яйцо мобильником // Комсомольская правда Украина. – 2006. – 22 апреля.
8. Проблемы электромагнитной безопасности человека. Фундаментальные и прикладные исследования. 28 – 29 ноября 1996 г. – Москва // Тез. докл. конференции.
9. Райнер М. М. Опасно ли высокочастотное излучение сотовых радиотелефонов? // Обзор. Би Лайн Экспресс. – 1996. – № 10.
10. Райнер М. М. Нормативные документы по безопасности сотовой связи (российские и зарубежные) // Обзор. Би Лайн Экспресс. – 1997. – №1(13).
11. Gandhi O. P. Electromagnetic absorption in the human head and neck for Ericsson-GE cellular telephones. Final technical report. University of Utah. 1993.
12. ANSI/IEEE Standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz. ANSI/IEEE C 95.1 - 1992.
13. Kestens J. Considerations for human exposure to electromagnetic fields from mobile telecommunication equipment in the frequency range 30 MHz – 6 GHz (Standardisation in Europe). // Conf. Proc: "Mobile phones – is there a health risk?" November 14 – 15, 1996. London.
14. Kuster N. Thermal effects of electromagnetic fields. Conf. Proc: "Mobile phones – is there a health risk?" November 14 – 15, 1996. London.



15. Lin J. C. Health effects of radio frequency radiation from wireless communication technology. // Conf. Proc: "Mobile phones – is there a health risk?" November 14 – 15, 1996. London.
16. Petersen R. C. Standardization in the United States. // Conf. Proc: "Mobile phones – is there a health risk?" November 14 – 15, 1996. London.
17. PHS gets off to ringing start // Journal of Japanese Trade & Industry. – 1995. – Vol. 14, No. 5. – P. 4 – 5.
18. Pickholtz R. L., Milstein L. B., Schilling D. L. Spread spectrum for mobile communications // IEEE Trans. Veh. Technol. – 1991. – Vol. 40, No. 2. – P. 313 – 321.
19. Proakis J. G. Adaptive equalization for TDMA digital mobile radio // IEEE Trans. Veh. Technol. – 1991. – Vol. 40, No. 2. – P. 333 – 341.
20. Proakis J. G. Digital communications. McGraw Hill. New York. 1995. 3rd ed.
21. Putnam S. W. Public perception and cellular telephones. // . Conf. Proc: "Mobile phones – is there a health risk?" November 14 – 15, 1996. London.
22. Stuchly M. A. Mobile communication systems and biological effects on their users // Radio Science Bulletin. – 1995. – No. 275. – P. 7 – 13.