

**RESULTS OF RESEARCH THE INFLUENCE OF THE MAGNETIC FIELD (MP)  
POWER FREQUENCY (50 HZ) BEHAVIOR, HEMATOLOGICAL  
AND IMMUNOLOGICAL PARAMETERS OF EXPERIMENTAL ANIMALS**

*L. Tomashevskaya, V. Dumansky, S. Zotov, A. Bezverha,  
N. Didyk, L. Lemeshko*

*The object of research. The functional state of the nervous system, blood and immune systems of white rats that were exposed to magnetic fields - 50 Hz.*

*The aim of research was to study the nature of the magnetic field - 50 Hz on behavioral, hematological and immunological parameters of experimental animals for further use of the data for substantiation of appropriate hygienic standards for the population.*

*For the biological experiments has been used Rays system (MOS-50), which allow to approximate the laboratory to real experimental conditions observed in the locations of cable lines, which are the sources of the magnetic field - 50 Hz. The research found that the magnetic field - 50 Hz causes changes in behavioral reactions of animals. Two different states of the central nervous system to influence MP-50 Hz – activation (excitation) and inhibition (suppression) were identified. It is proved that the MP-50 Hz depending on its level and the duration of effect on peripheral blood composition. It is detected increase in the absolute number of leukocytes, lymphocytes in MP levels 30, 60, 90 mkTl. The level of hemoglobin in the blood and the average concentration in red blood cells under the influence of a magnetic field - 50 Hz suffered significant decline throughout the experiment (4 months). It is shown that the changes increase with increasing levels of MP. According to the results of immunological studies found that indicators of agglomeration of leukocytes by the action of the MP-50 Hz is not much different from the control. This indicates a lack of sensitization of animals to MP-50 Hz. In general, the magnetic field - 50 Hz at different levels of its load on the body response is characterized by the features of the various systems of the body, depending on the duration of the current level and MP. These experimental results suggested to use when justifying the magnetic field of hygienic standards for the population.*

**ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ,  
ЩО СТВОРЮЄТЬСЯ БАЗОВИМИ СТАНЦІЯМИ  
ТА МОБІЛЬНИМИ РАДІОТЕЛЕФОНАМИ СТАНДАРТУ DCS-1800**

*Галак С.С.*

*ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України», м. Київ*

Електромагнітне забруднення навколишнього середовища є найбільш масштабним видом забруднення. Вплив його на здоров'я населення з кожним роком зростає і в зв'язку з цим викликає об'єктивну стурбованість, як з боку населення, так і представників медицини, екології, біології, містобудівництва та інших галузей, причетних до цієї проблеми. Приймаючи це до уваги, Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) включила проблему електромагнітного забруднення навколишнього середовища в перелік пріоритетних проблем людства.

Найбільш поширеним джерелом електромагнітного випромінювання в сучасних умовах України є обладнання стільникового мобільного зв'язку і, насамперед, випромінювання, що створюються радіотелефонами мобільного зв'язку. На сьогодні в Україні налічується більше 40 тисяч базових станцій стільникового мобільного зв'язку, а населення використовує близько 50 мільйонів радіотелефонів і, безумовно, в тому чи іншому ступені воно потерпає від впливу електромагнітного випромінювання.

Дослідженнями ряду вітчизняних [1-7] та зарубіжних [8-10] вчених переконли-

во доведено, що електромагнітне випромінювання істотно впливає на стан здоров'я людини та функціональний стан піддослідних тварин.

Біологічна дія електромагнітного випромінювання залежить не тільки від його рівня, а й від його частоти.

На сьогодні в Україні найбільш впровадженим в систему мобільного зв'язку є стандарт DCS-1800, який використовується на частоті 1800 МГц. Цей вид електромагнітного випромінювання з точки зору гігієни та біології є ще малодослідженим.

В зв'язку з цим виникла об'єктивна необхідність:

- у гігієнічній оцінці електромагнітного випромінювання в місцях розміщення та експлуатації обладнання стільникового зв'язку стандарту DCS-1800;
- у вивченні впливу даного фактору на функціональний стан організму;
- в обґрунтуванні гігієнічних нормативів на електромагнітне випромінювання радіотелефонів стільникового зв'язку стандарту DCS-1800;
- в розробці нових та удосконаленні діючих санітарно-гігієнічних вимог, щодо розміщення та експлуатації обладнання стільникового мобільного зв'язку.

Все вище викладене обумовило актуальність даної роботи, визначило її мету і завдання.

Дана робота є продовженням наукового напрямку лабораторії гігієни електромагнітних випромінювань Державної установи «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України». Вона виконувалась з урахуванням науково-практичних напрямків та ідей, викладених: у Законі України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення»; у Положенні про державний санітарно-епідеміологічний нагляд в Україні»; у Постанові Кабінету Міністрів України від 26.06.1999 р. №1109; у Наказі Міністерства охорони здоров'я України від 12.12.2006 р. №404-Адм «Про посилення державного санітарно-епідеміологічного нагляду у сфері захисту працівників і населення від негативного впливу електромагнітних випромінювань»; Наказі Міністерства охорони здоров'я України від 06.02.2007 р., №23-Адм «Про

затвердження плану підготовки нормативно-правових актів і методичних документів у сфері захисту працівників і населення від негативного впливу електромагнітних випромінювань».

**Мета досліджень** полягає в науковому обґрунтуванні гігієнічного нормативу та удосконаленні комплексу гігієнічних заходів з охорони здоров'я населення від дії електромагнітного випромінювання, що створюється базовими станціями та радіотелефонами стільникового мобільного зв'язку стандарту DCS-1800.

**Методи досліджень.** При виконанні роботи використані радіофізичні (теоретичні розрахунки та інструментальні виміри ЕМП), математичні (розрахунок розподілу електромагнітного випромінювання), біологічні, аналітичні, статистичні та інші методи досліджень.

**Загальна методика досліджень.** Дана методика спрямована на виконання методичних, гігієнічних та біологічних досліджень. Згідно з цією методикою, методичні дослідження були спрямовані на розробку підходів до визначення та гігієнічної оцінки електромагнітного випромінювання, що створюється радіотелефонами та базовими станціями стільникового зв'язку стандарту DCS-1800 МГц. Гігієнічні дослідження спрямовані на встановлення закономірностей розподілу електромагнітного випромінювання в залежності від територіального розміщення базової станції та її технічних параметрів. Фізичні дослідження спрямовані на моделювання в лабораторних умовах електромагнітного випромінювання, призначеного для проведення біологічного експерименту. Біологічна дія електромагнітного випромінювання, що створюється радіотелефоном стільникового зв'язку оцінювалась за рядом біологічних показників. Для обґрунтування гігієнічного нормативу електромагнітного випромінювання були використані метод математичного планування біологічного експерименту, математичний обрахунок та аналіз результатів біологічних дослідження. Розрахунок розподілу рівнів ЕМВ від базових станцій стільникового зв'язку проводили відповідно до «Методических указаний по определению уровней электромагнитного поля средств управления воздушным движением

гражданской авиации ВЧ-, ОВЧ-, УВЧ- и СВЧ-диапазонов».

Обсяг проведених теоретичних, інструментальних, біологічних досліджень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Узагальнені дані про зміст та обсяг досліджень.

№ п/п	Зміст проведених досліджень	Кількість джерел	Обсяг досліджень	
			Розрахунок	Виміри
<i>I. Дослідження територіально-просторового розподілу ЕМВ від</i>				
1.	Базових станцій стільникового зв'язку, що розміщені на території м. Києва, АР Крим та 24 областей України	3765	12341	526
<i>II. Картографування електромагнітної обстановки в місцях розміщення базових станцій стандарту DCS-1800</i>				
<i>III. Дослідження просторового розподілу ЕМВ від</i>				
1.	Радіотелефонів стільникового зв'язку	43	–	798
<i>IV. Дослідження біолого-гігієнічних показників функціонального стану піддослідних тварин</i>				
1.	Поведінкових, цитологічних, гематологічних, ембріологічних, біохімічних	350 тварин	–	3975
<i>V. Розробка гігієнічного нормативу для користувачів радіотелефону мобільного зв'язку</i>				
1.	Моделювання картини розподілу ЕМВ	1	–	–
2.	Створення опромінюючої системи ОС-1800	3 системи опромінення	–	–
3.	Періодичний контроль рівнів ЕМП	3 системи опромінення	–	576
4.	Математичне планування експерименту	–	–	–
5.	Визначення гігієнічного нормативу	–	–	–
<i>VI. Розробка санітарно-епідеміологічних вимог до розміщення та експлуатації обладнання стільникового мобільного зв'язку стандарту DCS-1800</i>				

Обсяг виконаних досліджень дозволив отримати нові матеріали щодо встановлення закономірностей територіально-просторового розподілу рівнів електромагнітного випромінювання від базових станцій стільникового зв'язку стандарту DCS-1800, а також обґрунтувати для населення гігієнічний норматив, який забезпечить безпечне для здоров'я використання мобільних телефонів стандарту DCS-1800.

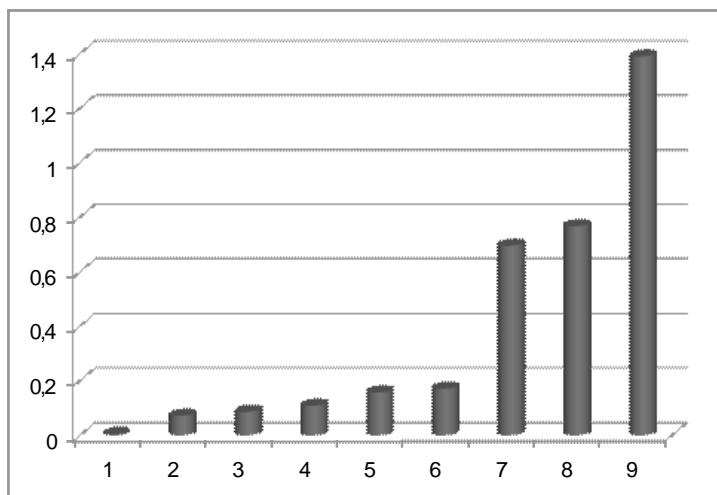
Перший етап даної роботи присвячено вивченню територіально-просторового розподілу рівнів ЕМВ від базових станцій стільникового зв'язку. При цьому хочемо ще раз звернути увагу, що в Україні, як і в усьому світі, спостерігається стрімкий розвиток стільникового зв'язку. В результаті цього виникла необхідність в збільшенні кількості базових станцій, в тому числі стандарту DCS-1800, який на сьогодні є найбільш поширеним в Україні. Нами було досліджено

біля чотирьох тисяч базових станцій. Принцип їх дії та основні технічні характеристики свідчать, що потужність передавачів базових станцій знаходиться в межах 20-60 Вт, кількість передавачів коливається від 1 до 16, діапазон частот в системі стандарту DCS-1800 в межах 1710-1880 МГц. Діаграма спрямованості антен в горизонтальній площині секторна, а в вертикальній – гостронаправлена. Вертикальна спрямованість антен розрахована таким чином, щоб основна енергія випромінювання (більше 90%) зосереджувалась у відносно вузькому «промені», який завжди нахилений до землі і спрямований у бік від оточуючих споруд.

Базові станції стільникового зв'язку залежно від місця їх розташування мають різний набір технічного обладнання. У зв'язку з цим нами була проведена гігієнічна оцінка електромагнітного випромінювання від наступних варіантів розміщення базових

станцій (БС): від окремо розташованих БС; від декількох БС, сумісно розташованих на одній ділянці; від БС, розташованих на різних ділянках; від БС, розташованих на домінуючій висоті в сільській місцевості; від БС розташованій на домінуючій висоті міської забудови; від БС, розташованої внутрішньо квартално; від БС, розташованої на даху багатоповерхової житлової будівлі (на вежі); від БС, розташованої на парапетах багатоповерхової житлової будівлі; від БС, розташо-

ваної в радіоекранованих приміщеннях. Результати цих досліджень наведені на рис. 1, які свідчать, що базові станції стандарту DCS-1800 на прилеглих до них територіях на висоті 2 м над поверхнею землі на відстанях 2-200 м від них створюють рівні електромагнітного випромінювання не більше  $0,768 \text{ мкВт/см}^2$ , крім рівнів електромагнітного випромінювання, що створюються БС в радіоекранованих приміщеннях, при гігієнічному нормативу для населення  $2,5 \text{ мкВт/см}^2$ .



- 1 – БС на домінуючій висоті в сільській місцевості;
- 2 – БС на домінуючій висоті міської забудови;
- 3 – БС на даху будівлі (на вежі);
- 4 – БС, що розташована окремо;
- 5 – декілька БС на різних ділянках;
- 6 – декілька БС на одній ділянці;
- 7 – БС на даху будівлі (на парапетах);
- 8 – БС, що розташована внутрішньо квартално;
- 9 – БС в радіоекранованих приміщеннях.

Рисунок 1. Результати теоретичних досліджень розподілу рівнів електромагнітного випромінювання на висоті 2 м від поверхні землі від базових станцій стільникового мобільного зв'язку стандарту DCS-1800 в залежності від варіантів їх розміщення.

В зв'язку з цим, навколо базових станцій на рівні поверхні землі, як правило, не потрібно встановлювати санітарно-захисні зони. На висотах 13 м та вище від поверхні землі рівні електромагнітного випромінювання від базових станцій в ряді випадків пе-

ревищують гранично допустимий рівень –  $2,5 \text{ мкВт/см}^2$  в десятки – сотні разів. (табл. 2). В зв'язку з цим в таких випадках необхідно встановлювати зони обмеження забудов по висоті, яка, як приклад, наведена на рис. 2.

Таблиця 2. Результати теоретичних досліджень розподілу рівнів ЕМЕ від базових станцій стільникового зв'язку стандарту DCS-1800 на різних висотах над поверхнею землі.

Варіант розміщення базової станції	Віддаль від антени, м	Рівень поверхневої густини ЕМЕ ( $\text{мкВт/см}^2$ ), на висоті:						
		2 м	5 м	9 м	15 м	21 м	24 м	25,2 м
Базова станція, що розміщена окремо	2	0,0012	0,0016	0,0031	0,0026	2,0752	2,4614	<b>715,34</b>
	10	0,0475	0,0905	0,0083	0,0715	0,5219	<b>10,748</b>	<b>178,83</b>
	30	0,1085	0,0689	0,0023	0,0214	0,2354	<b>30,502</b>	<b>19,870</b>
	50	0,0001	0,0362	0,0093	0,0051	<b>4,3977</b>	<b>10,408</b>	<b>7,1534</b>
Декілька базових станцій, що сумісно розташовані на одній ділянці		2 м	5 м	10 м	15 м	20 м	25 м	27 м
	2	0,0069	0,0091	0,0154	0,0251	0,0022	0,3813	<b>741,60</b>
	10	0,0105	0,0276	0,0415	0,0668	0,0486	2,4318	<b>66,744</b>
	30	0,0201	0,0032	0,1445	0,1751	0,2311	<b>5,0908</b>	<b>7,4160</b>
	50	0,0156	0,0119	0,0683	0,0691	0,0418	<b>2,6401</b>	<b>2,6697</b>

Варіант розміщення базової станції	Віддаль від антени, м	Рівень поверхневої густини ЕМЕ (мкВт/см <sup>2</sup> ), на висоті:						
		2 м	5 м	10 м	15 м	20 м	30 м	36 м
Декілька базових станцій, що розташовані на різних ділянках	2	0,0007	0,0007	0,0009	0,0018	0,0029	0,1360	<b>629,64</b>
	10	0,0019	0,0045	0,0256	0,0850	0,0035	0,0253	<b>100,74</b>
	30	0,0004	0,0097	0,0534	0,0683	0,0064	0,2288	<b>11,193</b>
	50	0,0178	0,0032	0,0021	0,0395	0,0713	1,7652	<b>4,0297</b>
Базова станція, яка розташована на домінуючій висоті в сільській місцевості	2 м	2 м	5 м	10 м	25 м	40 м	65 м	70 м
	2	2E-05	2E-05	2E-05	3E-05	2E-05	0,3174	<b>514,05</b>
	10	3E-05	4E-05	4E-05	9E-05	0,0039	0,0800	<b>20,562</b>
	30	0,0026	0,0033	0,0047	0,0014	0,0021	0,0794	2,2847
Базова станція, яка розташована на домінуючій висоті міської забудови	2 м	2 м	5 м	10 м	25 м	40 м	55 м	60 м
	2	4E-05	5E-05	7E-05	0,0002	0,0020	0,0882	<b>865,17</b>
	10	6E-05	3E-05	9E-06	0,0001	0,0279	0,5053	<b>77,865</b>
	30	0,0038	0,0048	0,0051	0,0041	0,2679	0,8819	<b>8,6517</b>
Базова станція, яка розташована внутрішньо квартильно	2 м	2 м	5 м	10 м	15 м	20 м	25 м	30 м
	2	0,0010	0,0017	0,0053	0,0276	0,2169	1,8370	<b>10,876</b>
	10	0,0853	0,0734	0,0059	0,0019	0,5695	0,3777	0,4350
	30	0,0158	0,0022	0,1226	0,0419	0,2702	<b>8,9980</b>	0,0483
Базова станція, яка розташована на даху багатоповерхової житлової будівлі (на вежі)	2 м	2 м	5 м	10 м	15 м	25 м	30 м	39,5 м
	2	0,0001	0,0001	0,0001	8E-05	0,0026	0,0085	<b>616,11</b>
	10	0,0022	0,0054	0,0209	0,0688	0,0327	0,3798	<b>98,578</b>
	30	0,0027	0,0032	0,0179	0,1947	0,0945	0,0651	<b>10,953</b>
Базова станція, яка розташована на даху багатоповерхової житлової будівлі (на парапетах)	2 м	2 м	5 м	10 м	15 м	20 м	25 м	27 м
	2	0,0019	0,0020	0,0011	0,0001	0,0258	<b>63,482</b>	<b>528,06</b>
	10	0,0177	0,0447	0,0420	0,1926	1,8533	<b>36,348</b>	<b>21,122</b>
	30	0,6545	0,3383	0,0838	0,1081	0,5269	<b>17,121</b>	2,3469
Базова станція, яка розташована в умовах радіоекранованих приміщень	2 м	2 м	2,1 м	2,5 м	3 м	3,5 м	4 м	5 м
	0,9	0,7275	0,7934	1,2142	2,2321	<b>4,8779</b>	<b>12,522</b>	<b>78,345</b>
	1,8	1,2195	1,3273	1,9043	<b>3,1305</b>	<b>5,2850</b>	<b>8,9632</b>	<b>19,586</b>
	2,7	1,3913	1,4759	1,9747	<b>2,7919</b>	<b>3,9836</b>	<b>5,6898</b>	<b>8,7049</b>
	3,6	1,3213	1,3898	1,7059	2,2408	<b>2,9279</b>	<b>3,8078</b>	<b>4,8965</b>

Результати проведених досліджень також показали, що при розміщенні декількох базових станцій в порівнянні з однією базовою станцією рівень електромагнітного випромінювання на висоті 2 м від поверхні землі збільшується на 45-58%, а зона обмеження забудови розширюється на 19-38%. Найбільші рівні електромагнітного випромінювання на висоті 2 м над поверхнею землі/підлоги спостерігались при розміщенні базових станцій в екранованих приміщеннях, внутрішньо квартильно та на парапетах дахів багатоповерхових будівель. Найменші рівні

спостерігалися при розташуванні базових станцій на домінуючих висотах сільської місцевості.

В цілому, отримані результати досліджень показали, що стільниковий зв'язок системи стандарту DCS-1800 широко використовується на території всіх областей України. В той же час виконані дослідження свідчать, що дана система зв'язку є потенційним джерелом електромагнітного випромінювання, під впливом якого знаходиться значна частка населення. Ці джерела при відсутності захисних заходів, спрямованих на мінімі-

зацію їх впливу, створюють загрозу для здоров'я населення. Відстань небезпечного їх впливу, в залежності від технічних характе-

ристик базових станцій, рельєфу місцевості, коливається від 50 до 200 м.

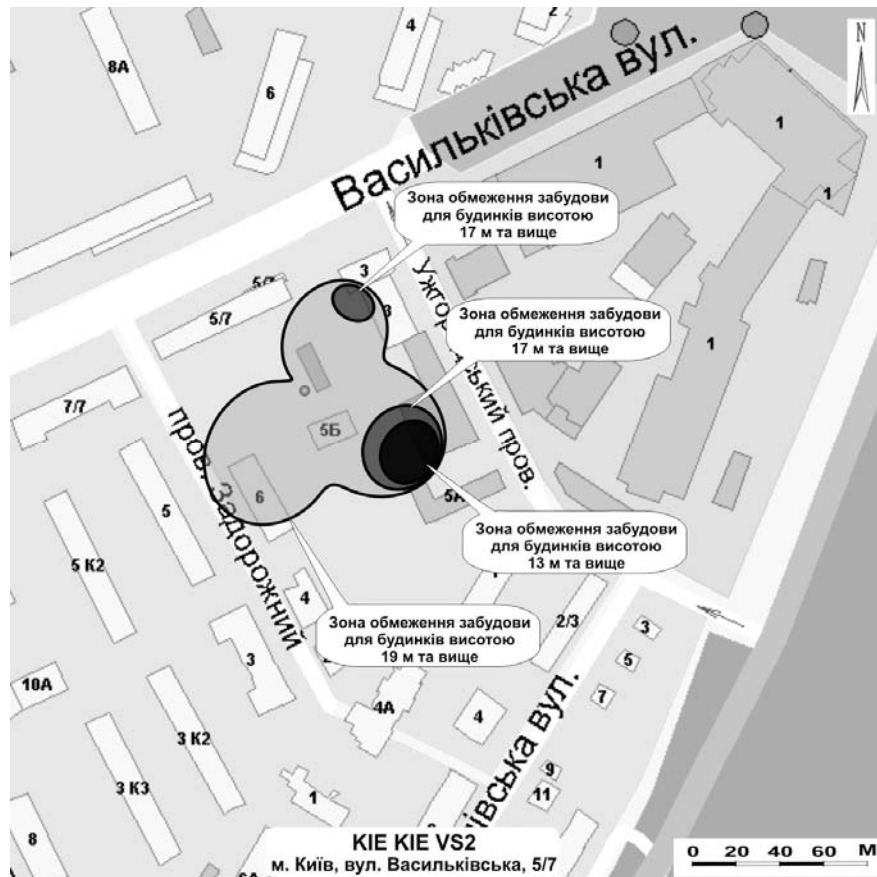


Рисунок 2. Ситуаційний план розміщення базової станції, яка розташована внутрішньо квартално, із зазначенням зон обмеження забудови.

Другий етап цієї роботи присвячено вивченню розподілу рівнів ЕМВ, що створюються стільниковими радіотелефонами,

які працюють в системі стандарту DCS-1800. Для дослідження було використано 43 типи радіотелефонів (табл. 3).

Таблиця 3. Результати вимірів густини потоку електромагнітної енергії ( $\text{ГПЕ}_{\text{max}}$ ,  $\text{мкВт}/\text{см}^2$ ), що створюється радіотелефонами стільникового зв'язку стандарту DCS-1800 на віддалі 5 см від них.

№ п/п	Модель терміналу	$\text{ГПЕ}_{\text{max}}$ , $\text{мкВт}/\text{см}^2$
1.	Nokia E65	29,05
2.	Nokia 6610i	47,81
3.	Nokia 6100	51,52
4.	Nokia 7373	33,13
5.	Nokia 7270	29,17
6.	Nokia N72	28,54
7.	Nokia N95	30,53
8.	Nokia 6300	32,24
9.	Nokia 6500 classic	34,09
10.	Nokia 6233	38,70

№ п/п	Модель терміналу	$\text{ГПЕ}_{\text{max}}$ , $\text{мкВт}/\text{см}^2$
11.	Nokia 5800	14,04
12.	Samsung SGH-E730	20,84
13.	Samsung D800	28,29
14.	Samsung C170	28,01
15.	Samsung SGH-C450	27,67
16.	Samsung GT-S5233T	18,90
17.	Sony Ericsson K750i	46,90
18.	Sony Ericsson K600i	39,35
19.	Sony Ericsson K800i	32,87
20.	Sony Ericsson K580i	36,59

21.	Sony Ericsson K850i	42,84
22.	Motorola V3i RAZR	44,00
23.	HTC	20,65
24.	Apple iPhone 3GS	16,20
25.	Apple iPhone 4	12,65
26.	KINTECH GROUP E71 pro	7,80
27.	KINTECH GROUP V955	9,40
28.	KINTECH GROUP S600	13,80
29.	KINTECH GROUP T728	10,70
30.	KINTECH GROUP A8000	12,10
31.	KINTECH GROUP 2201	11,30
32.	KINTECH GROUP t1000i	15,20

33.	KINTECH GROUP t800+	17,10
34.	KINTECH GROUP 5800 TV	9,80
35.	KINTECH GROUP C 5000	11,90
36.	KINTECH GROUP I68+	13,30
37.	KINTECH GROUP I9+	12,00
38.	KINTECH GROUP M88	10,30
39.	KINTECH GROUP E71	8,80
40.	KINTECH GROUP N97	9,10
41.	KINTECH GROUP E66	14,70
42.	KINTECH GROUP 5800	11,90
43.	KINTECH GROUP V 709	9,30

Виміри рівнів ЕМВ, що створюються стільниковими радіотелефонами, проводили за допомогою приладу ПЗ-30 (вимірювач щільності потоку енергії, Росія), а в окремих випадках, коли необхідно було встановити спектральний склад випромінювання, використовувався селективний радіотехнічний комплекс Rohde & Schwarz TS-EMF (Німеччина).

За результатами досліджень встановлено, що радіотелефони, які працюють в системі стандарту DCS-1800, на відстані 5 см від їх корпусу в залежності від моделі, створюють рівні електромагнітної енергії, які коливаються від 7,8 до 51,52 мкВт/см<sup>2</sup>. Встановлено, що радіотелефони, які підлягали випробуванням, випромінюють електромагнітну енергію як у горизонтальній, так і у вер-

тикальній площині нерівномірно. На характер її розподілу в просторі суттєво впливає присутність абонента (користувача радіотелефону). Результати досліджень В.І. Даценко та В.Ю. Думанського показують, що рівень випромінювання електромагнітної енергії в простір різко зменшується за рахунок її поглинання тілом людини, особливо головою.

Для вирішення питання наскільки воно впливає на функціональний стан людини та для розробки для населення гігієнічного нормативу на електромагнітне випромінювання радіотелефону, що працює в системі стандарту DCS-1800, було проведено біолого-гігієнічні дослідження на лабораторних тваринах. Умови проведення цих досліджень наведені в таблиці 4.

Таблиця 4. Умови проведення біолого-гігієнічного експерименту.

Об'єкт дослідження	Білі безпородні щурі в кількості 350 голів
Режим впливу:	Хронічний експеримент тривалістю 5 місяців (4 міс. – вплив фактору; 1 міс. – період післядія)
Режим опромінення	Стохастичний режим опромінення
Довжина хвилі:	$\lambda=0,17$ м
Частота:	$f=1800\pm 30$ МГц
Рівень фактору (ГПЕ, мкВт/см <sup>2</sup> ):	10 мкВт/см <sup>2</sup> , 250 мкВт/см <sup>2</sup> , 1000 мкВт/см <sup>2</sup>
№ груп тварин, години впливу, рівень фактору (ГПЕ, мкВт/см <sup>2</sup> ):	I гр. – 8 год 10 мкВт/см <sup>2</sup> ;
	II гр. – 8 год 250 мкВт/см <sup>2</sup> ;
	III гр. – 8 год 1000 мкВт/см <sup>2</sup> ;
	IV гр. – контрольна (без опромінення).

Для забезпечення цих досліджень розроблена фізична модель електромагнітного випромінювання та опромінююча система (рис. 3), застосовано метод математичного

планування біолого-гігієнічного експерименту та метод математичного аналізу результатів біологічних досліджень.

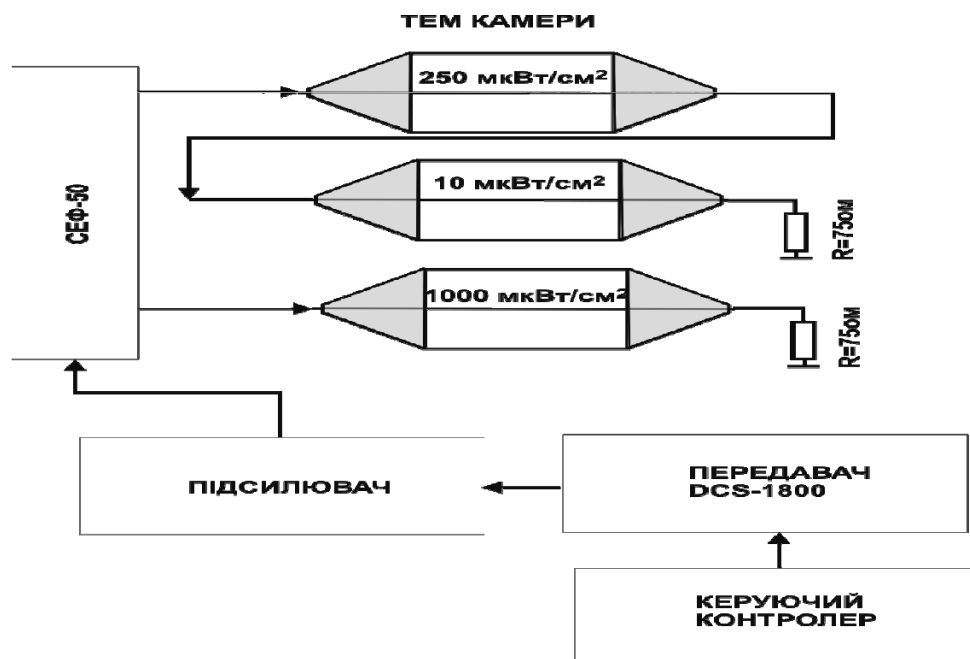


Рисунок 3. Блок-схема опромінюючої системи ОС-1800.

Узагальнені результати біологічних досліджень, що наведені в таблиці 5, показали, що електромагнітне випромінювання частотою 1800 МГц, яке створюється радіотелефонами, при рівнях 10 мкВт/см<sup>2</sup>; 250 мкВт/см<sup>2</sup>; 1000 мкВт/см<sup>2</sup> викликає функціональні зміни в організмі піддослідних тварин в залежності від часу дії та діючого рівня:

– зі збільшенням діючого рівня ЕМВ до 1000 мкВт/см<sup>2</sup> підвищується інтенсивність перекисного окислення ліпідів ( $p < 0,05$ ) та спостерігається різнонаправлений характер активності ферментів антиоксидантного захисту;

– в крові виявлено збільшення абсолютної кількості лейкоцитів ( $15,63 \pm 0,80$  проти контролю  $11,00 \pm 0,72$ ), збільшення кількості сегментоядерних нейтрофілів ( $30,7 \pm 2,57$  проти контролю  $18,14 \pm 0,91$ ), зменшення кількості лімфоцитів ( $63,43 \pm 3,02$  проти контролю  $77,0 \pm 1,06$ ) при  $p < 0,05$ .

– доведено, що у піддослідних тварин під дією електромагнітного випромінювання спостерігаються зміни у поведінкових реакціях, які вказують на виникнення процесів гальмування або збудження та їх фазності.

Таблиця 5. Результати вивчення біологічної дії ЕМВ частотою 1800 МГц.

Показники функціональної системи організму	Експозиційні дози ЕМВ та періоди досліджень											
	10 мкВт/см <sup>2</sup> × 8 год				250 мкВт/см <sup>2</sup> × 8 год				1000 мкВт/см <sup>2</sup> × 8 год			
	30 діб	60 діб	90 діб	120 діб	30 діб	60 діб	90 діб	120 діб	30 діб	60 діб	90 діб	120 діб
Поведінкові показники												
ЗГА	-	-	-	-	-	↑	↑	-	-	-	-	-
НГА	-	↑	↑	-	-	↑	↑	-	↓	↑	↑	-
ВА	-	↑	-	↓	-	-	-	↓	↑	↓	↓	↓
ША	-	-	-	↓	-	-	-	↓	-	-	-	↓
Ембріологічні показники												
Кількість живих плодів	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	↓
Кількість жовтих тіл	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	↓
Кільк. місць імплантації	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	↓
Заг. ембріон. мертн., %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	↑



Показники функціональної системи організму	Експозиційні дози ЕМВ та періоди досліджень											
	10 мкВт/см <sup>2</sup> ×8 год				250 мкВт/см <sup>2</sup> ×8 год				1000 мкВт/см <sup>2</sup> ×8 год			
	30 діб	60 діб	90 діб	120 діб	30 діб	60 діб	90 діб	120 діб	30 діб	60 діб	90 діб	120 діб
Доімп. загиб. зародка, од.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	↑
Маса тіла плоду, мг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	↑
Краніокаудал. індекс, мм	-	-	-	↑	-	-	-	-	-	-	-	↑
Біохімічні показники												
Вміст глюкози в крові	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Вміст глікогену в печінці	-	-	-	-	-	-	↓	-	↓	↓	↓	↓
Вміст глікогену в мозку	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Вміст білку в крові щурів	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ТБК в печінці	↑	-	↑	↑	↑	-	↑	↑	↑	-	↑	↑
ТБК в головному мозку	↑	-	↑	↑	↑	-	↑	↑	↑	-	↑	↑
Каталаза в печінці	-	-	↑	↑	↑	-	↑	↑	-	-	↑	↑
Каталаза в головн. мозку	↑	-	↑	↑	-	-	-	-	-	-	-	↓
ТБК в сироватці крові	-	-	-	-	-	-	↑	↑	-	-	↑	↑
Каталази в сиров. крові	-	-	-	-	↓	-	↓	↓	↓	-	↓	↓
Церулоплазмін в крові	-	-	-	-	-	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Цитологічні показники												
Гемоглобін периф. крові	-	-	-	-	↓	-	↓	-	↓	↓	↓	↓
Лейкоцити периф. крові	-	-	-	-	-	-	↑	-	-	-	↑	↑
Клітинний склад периферичної крові												
Паличкояд. нейтроф., %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сегментояд. нейтроф., %	-	-	-	-	↑	-	-	↑	↑	↑	-	↑
Еозинофіли, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Моноцити, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Лімфоцити, %	-	↓	-	-	-	-	-	↓	↓	↓	-	↓
Витяг з мієлограм												
Мегакаріоцити, %	-	-	↓	-	↓	-	-	-	↑	-	-	-
Базофіли, %	↑	-	-	↓	↑	-	-	↓	↑	-	-	-
Еозинофіли, %	-	-	↓	↓	-	-	-	↓	-	-	↓	↓
Плазмоцити, %	-	-	↑	↓	-	-	↑	↑	-	-	↑	↓
Нормоцити, %	-	-	↑	-	-	-	-	-	↑	-	↓	↓
Клітини строми, %	-	-	↑	↑	-	-	↑	↑	-	-	↑	↑
Лімфоцити, %	-	-	↑	↑	↑	-	↑	-	↑	-	↑	↑
Макрофаги, %	-	-	-	↑	↓	-	-	-	↑	-	-	↑
Нейтрофіли, %	-	-	↓	↓	↓	-	↓	↓	↓	-	↓	-

Примітки: ↑ збільшення показника; ↓ зменшення показника; – відсутність змін.

Для оцінки біологічної дії електромагнітного випромінювання радіотелефону було використано метод математичного планування експерименту, проведено математичну обробку отриманих результатів досліджень. В результаті були встановлені коефіцієнти регресії для відносних, стосовно контролю, значень функції відгуку досліджуваних систем організму і визначено максимально не-

діючі рівні при різних значеннях коефіцієнта імовірності Кр. Математичний аналіз отриманих експериментальних результатів виконано із застосуванням інтегральних спеціалізованих пакетів SPSS 10.0, Matchcad 2001 Pro і систем реляційних баз даних.

Результати обчислень по масиву досліджених показників за 1-4 місяці впливу ЕМВ наведено в таблиці 6.

Таблиця 6. Розрахункові значення очікуваної дози опромінення ЕМВ при ймовірності  $P=0,5$  ( $ГПЕ_{50}$ ) для 1-4 місяців впливу.

Місяць впливу	Дози опромінення ЕМП, мкВт/см <sup>2</sup> год	
	$ГПЕ_{50}$	Похибка визначення, S
1	882	70
2	751	52
3	607	49
4	548	47

Відповідно даних таблиці мінімальна діюча доза становить 548 мкВт/см<sup>2</sup>·год, максимальна стандартна похибка при цьому дорівнює 47 мкВт/см<sup>2</sup>·год.

За мінімальну діючу дозу було прийнято стандартний статистичний інтервал  $M-3\sigma$  ( $548-47\cdot3=407$  мкВт/см<sup>2</sup>·год). Керуючись тим, що в практиці гігієнічного нормування ЕМВ приймається коефіцієнт запасу 3-4 відносно недіючої дози, для населення гранично допустима доза, що створюється мобільними терміналами стільникового зв'язку стандарту DCS-1800, становить 100 мкВт/см<sup>2</sup>·год ( $407/4=101,75$  мкВт/см<sup>2</sup>·год).

Це значення є базовим для встановлення максимального часу використання населенням мобільного терміналу стандарту DCS-1800 за добу.

Максимальний час використання мобільного терміналу стандарту DCS-1800 встановлювався виходячи зі значення енергетичного навантаження на організм з урахуванням максимального рівня густини потоку енергії ЕМВ в діапазоні частот 1800 МГц, що створюється конкретним типом мобільного терміналу на відстані 5 см від нього, за формулою 1:

$$t_{(год)} = \frac{100}{ГПЕ_{max}} \quad (1)$$

де,  $t_{(год)}$  – максимальний час використання мобільного терміналу стандарту DCS-1800 за добу, год;

100 – базове значення експозиційної дози для населення, мкВт × год/см<sup>2</sup>;

$ГПЕ_{max}$  – максимальний рівень, що створюється конкретним типом мобільного терміналу стандарту DCS-1800 на відстані 5 см біля голови людини (але не більш ніж 100 мкВт/см<sup>2</sup> або 1,0 Вт/м<sup>2</sup>).

Максимальне значення  $ГПЕ$  ЕМВ у діапазоні частот 1710-1880 МГц не повинно перевищувати 100 мкВт/см<sup>2</sup>.

Розроблені нормативи тісно пов'язані з практичною діяльністю санітарно-епідеміологічної служби. На підставі цих гігієнічних регламентів виявляється можливим обґрунтовано вирішувати проблему захисту населення від несприятливого впливу ЕМВ, що створюється мобільними терміналами систем стільникового зв'язку стандарту DCS-1800. Отримані результати досліджень були покладені в основу при розробці профілактичних заходів по забезпеченню оптимальних для здоров'я населення умов викорис-

тання терміналів мобільного зв'язку стандарту DCS-1800.

З метою охорони здоров'я населення від негативного впливу електромагнітного випромінювання запропоновані заходи у вигляді встановлення санітарно-захисних зон, зон обмеження забудови по висоті будівель, а також гігієнічний норматив, який передбачає обмеження часу використання мобільного телефону системи стільникового мобільного зв'язку стандарту DCS-1800. Запропоновані заходи надійно захищають населення від негативного впливу електромагнітного випромінювання і дозволяють створити безпечні умови для життєдіяльності населення України.

## Висновки

1. Встановлено основні закономірності територіально-просторового розподілу рівнів електромагнітного випромінювання від радіотехнічних засобів стільникового зв'язку стандарту DCS-1800, які залежать від характеру забудови населених місць, рельєфу місцевості, висоти розміщення антен над рівнем землі, їх діаграм спрямованості у вертикальній та горизонтальній площинах та від інших технічних параметрів.

2. Встановлено, що базові станції стільникового мобільного зв'язку стандарту DCS-1800 на прилеглих до них територіях на висоті 2 м від поверхні землі на відстанях 2-200 м від них створюють рівні електромагнітного випромінювання не більше  $0,768 \text{ мкВт/см}^2$  при гігієнічному нормативі для населення –  $2,5 \text{ мкВт/см}^2$ . В зв'язку з цим для базових стацій на рівні поверхні землі, як правило, не потрібно встановлювати санітарно-захисні зони. На висотах 13 м та вище від поверхні землі рівні електромагнітного випромінювання від базових станцій в ряді випадків перевищують гранично допустимий рівень  $2,5 \text{ мкВт/см}^2$ . Доведено, що для таких випадків необхідно встановлювати зони обмеження забудови, які наносяться на топографічну карту міста, і повинні обов'язково враховуватися при його розбудові.

3. Встановлено, що при розміщені антен декількох базових станцій в порівнянні з розміщенням антен однієї базової станції, рівень електромагнітного випромінювання на висоті 2 м від поверхні землі збільшується на 45-58%, а зони обмеження забудови розширюються на 19-38%.

4. Доведено, що найбільші рівні електромагнітного випромінювання на висоті 2 м від поверхні землі спостерігаються від базових станцій, які розташовані в радіоекранованих приміщеннях (55,6% від нормативного рівня  $2,5 \text{ мкВт/см}^2$ ), внутрішньоквартально (30,7% від нормативного рівня  $2,5 \text{ мкВт/см}^2$ ) та на парапетах дахів багатоповерхових будівель (27,8% від нормативного рівня  $2,5 \text{ мкВт/см}^2$ ).

5. Встановлено, що найменші рівні електромагнітного випромінювання на висоті 2 м від поверхні землі спостерігаються від базових станцій, які розташовані на домінуючих висотах в сільській місцевості (0,22% від нормативного рівня  $2,5 \text{ мкВт/см}^2$ ), а також на домінуючих висотах міської забудови (2,9% від нормативного рівня  $2,5 \text{ мкВт/см}^2$ ).

6. Доведено, що радіотермінали стільникового мобільного зв'язку стандарту DCS 1800 є джерелом електромагнітного випромінювання ультрависокої частоти. Густина потоку електромагнітної енергії (ГПЕ) на відстані 5 см від корпусу радіотелефону в залежності від моделі коливається від 7,8 до  $51,52 \text{ мкВт/см}^2$ . Під впливом цих рівнів знаходиться абонент (користувач радіотелефону). При віддалені рівень ГПЕ суттєво зменшувався і на відстані 50 см від радіотелефону становив  $0,8-5,0 \text{ мкВт/см}^2$ .

7. Для забезпечення біолого-гігієнічних досліджень з вивчення впливу ЕМВ, що створюються радіотелефонами стільникового мобільного зв'язку стандарту DCS-1800, науково обґрунтовано фізичну модель ЕМВ частотою 1800 МГц та розроблено інженерно-технічний пристрій (опромінююча система ОС-1800), які дозволили отримати реальну картину розподілу електромагнітного випромінювання, що створюється радіотелефонами стільникового мобільного зв'язку стандарту DCS-1800, та забезпечити умови проведення досліджень, а саме: мінімальну тривалість роботи на випромінювання – 0,2 хв, максимальну тривалість роботи на випромінювання – 30,0 хв, мінімальну паузу – 5 хв, максимальну паузу – 60 хв, загальний час роботи на випромінювання на протязі доби – 120 хв, стохастичний режим випромінювання, частоту випромінювання –  $1800 \pm 30 \text{ МГц}$ , рівні впливу фактору –  $10 \text{ мкВт/см}^2$ ,  $250 \text{ мкВт/см}^2$ ,  $1000 \text{ мкВт/см}^2$ .

8. Встановлені закономірності формування реакцій відповіді на вплив ЕМВ частотою 1800 МГц при рівнях фактору  $10 \text{ мкВт/см}^2$ ,  $250 \text{ мкВт/см}^2$ ,  $1000 \text{ мкВт/см}^2$ , що проявляються структурно-функціональними змінами в організмі піддослідних тварин в залежності від часу дії та діючого рівня:

- зі збільшенням діючого рівня ЕМВ до 1000 мкВт/см<sup>2</sup> підвищується інтенсивність перекидного окислення ліпідів ( $p < 0,05$ ) та спостерігається різнонаправлений характер активності ферментів антиоксидантного захисту;
- в крові виявлено збільшення абсолютної кількості лейкоцитів ( $15,63 \pm 0,80$  проти контролю  $11,00 \pm 0,72$ ), збільшення кількості сегментоядерних нейтрофілів ( $30,7 \pm 2,57$  проти контролю  $18,14 \pm 0,91$ ), зменшення кількості лімфоцитів ( $63,43 \pm 3,02$  проти контролю  $77,0 \pm 1,06$ ) при  $p < 0,05$ .
- доведено, що у піддослідних тварин під дією електромагнітного випромінювання спостерігаються зміни у поведінкових реакціях, які вказують на виникнення процесів гальмування або збудження та їх фазності.

9. На основі виконаних радіофізичних, математично-планувальних, біологічних досліджень обґрунтовано та розроблено для населення гігієнічний норматив електромагнітного випромінювання мобільних терміналів стільникового зв'язку стандарту DCS-1800; обґрунтовано гігієнічні вимоги щодо захисту здоров'я населення від впливу електромагнітного випромінювання, що створюється базовими станціями стільникового зв'язку стандарту DCS-1800.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Думанский Ю.Д. Гигиеническая оценка биологического действия электромагнитных полей коротковолнового и ультракоротковолнового диапазона в населенных местах / Ю.Д. Думанський, А.М. Сердюк, И.П. Лось // Гигиена насел. мест: – Здоровье. – К., 1970. – Т. IX.
2. Сердюк А.М. Електромагнітна безпека – сучасна гігієнічна проблема, шляхи її вирішення // Гігієнічна наука і практика на рубежі століть: матеріали XVI з'їзду гігієністів України / А.М. Сердюк, Ю.Д. Думанський. – Дніпропетровськ, 2004. – С. 251-254.
3. Андрієнко Л.Г. Ембріональний розвиток білих щурів та деякі біохімічні аспекти його порушень при комбінованій дії електромагнітного навантаження і інкорпорованого цезію-137 / Л.Г. Андрієнко, Л.А. Томашевська // Гігієна населених місць. – Київ, 2005. – Вип.46. – С. 234-237.
4. Никитина Н.Г. Изменение активности сукцинатдегидрогеназы в клетках различных образований головного мозга при воздействии СВЧ-поля малых интенсивностей / Н.Г. Никитина [и др.] // Врач. дело, 1976. – №3. – С. 127-131.
5. Думанський В.Ю. Стільниковий мобільний зв'язок як джерело електромагнітного забруднення навколишнього середовища // Гігієна населених місць: Зб. наук. праць. – К., 2003. – Вип.42. – С.180-188.
6. Даценко В.І. Оцінка функціонального стану здоров'я користувачів стільниковими радіо-телефонами стандарту NMT-450i і GSM-900 (за даними географічних досліджень) / В.І. Даценко, С.Г. Сова // Довкілля та здоров'я, – К., 2001. – №4. – С. 23-25.
7. Галак С.С. Стільниковий мобільний радіотелефон стандарту DCS-1800 як джерело електромагнітного випромінювання, його біологічне значення та гігієнічне регламентування / С.С. Галак // Гігієна населених місць. – К., 2012. – Вип.59. – С. 175-185.
8. Morgan R.W. Radiofrequency exposure and mortality from cancer of the brain and Lymphatic/hematopoietic systems / R.W. Morgan, M.A. Kelsh, K. Zhao // Epidemiology. 2000. – Vol.11. – №2. – P, 118-127.
9. Weaver J, Chizmadzhev Y. Biological and Medical Aspects of Electromagnetic Fields. In: Handbook of Biological Effects of Electromagnetic Fields (Barnes F, Greenbaum B, eds). – New York: CRC Press, 2006. – P. 293-333.
10. Huss A. Source of funding and results of studies of health effects of mobile phone use: systematic review of experimental studies. Environ Health Perspect / A. Huss, M. Egger, K. Hug, K. Huwiler-Muntener, M. Roosli. – 115(1). 2007. – P. 1-4.

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ,  
ЧТО СОЗДАЕТСЯ БАЗОВЫМИ СТАНЦИЯМИ И МОБИЛЬНЫМИ  
РАДИОТЕЛЕФОНАМИ СТАНДАРТА DCS-1800**

Галак С.С.

*Статья посвящена гигиенической оценке и разработке профилактических мероприятий по охране здоровья населения от воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ), создаваемого радиотехническими средствами сотовой связи системы стандарта DCS-1800. Установлено, что в зависимости от характера застройки населенных мест, рельефа местности, высоты установки антенн базовых станций, их количества и вариантов размещения резко меняется территориально-пространственное распределение уровней ЭМИ. Наряду с этим доказано, что человек попадает под влияние ЭМИ при использовании радиотелефона. С целью изучения влияния на человека ЭМИ, создаваемого радиотелефоном, проведены биолого-гигиенические исследования на подопытных животных. По результатам исследований, установлено, что характер и степень выраженности биоэффектов находились в зависимости от времени действия и уровня ЭМИ, т.е. в форме зависимости «уровень-время-эффект» установлены закономерности реакций ответа организма на разных уровнях интеграции от организменного к клеточному. На основе радиофизических, гигиенических, математических, биологических исследований разработан для населения гигиенический норматив электромагнитного излучения радиотелефонов сотовой связи стандарта DCS-1800, усовершенствовано гигиенические требования по защите здоровья населения от воздействия электромагнитного излучения, создаваемого базовыми станциями сотовой связи с учетом технических особенностей средств стандарта DCS-1800.*

**HYGIENIC ASSESSMENT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION  
GENERATED BY BASE STATIONS AND MOBILE RADIOTELEPHONES  
STANDARD DCS-1800**

S. Galak

*The dissertation is devoted to hygiene assessment and development of preventive measures to protect public health from exposure to electromagnetic radiation (EMR) generated by means of radio cellular system standard DCS-1800. Found that, depending on the nature of the building of settlements, terrain, the technical data of base stations and accommodation choices, rapidly changing spatial distribution of levels of EMR. According to the bio-hygienic studies of human exposure to electromagnetic radiation generated by radiotelephone, found that the nature and severity of bioeffects were based on time range and EMR. Based on research developed for residential hygienic standards of electromagnetic radiation cellular radiotelephone communications standard DCS-1800, was improved hygiene requirements for the protection of human health from exposure to electromagnetic radiation generated by base stations standard DCS-1800.*

**ПРОБЛЕМИ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ЕКСПЕРТИЗИ ТА ДІАГНОСТИКИ ПРОФЕСІЙНОЇ  
СЕНСОНЕВРАЛЬНОЇ ПРИГЛУХУВАТОСТІ**

Гвоздецький В.А.

ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», м. Київ

**Вступ.** Проблема професійної приглухуватості є найстарішою в медицині праці, ще Пліній Старший (23/24-79 рр.) описав глухоту від шуму води у рибалок, які жили і