

# TO THE QUESTION OF CHARACTER OF DEPENDENCE "DOSE-EFFECT" AT CHRONIC EXPOSURE OF MAGNETIC FIELD 50 Hz ON WHITE RATS

Nazarenko V.I.

## ДО ПИТАННЯ ПРО ХАРАКТЕР ЗАЛЕЖНОСТІ "ДОЗА-ЕФЕКТ" ЗА ХРОНІЧНОЇ ДІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ 50 Гц НА БІЛИХ ЩУРІВ



**НАЗАРЕНКО В.І.**

Інститут медицини праці  
АМН України,  
м. Київ

УДК 613.647+612.1:001.5

**Ключові слова:**  
магнітне поле 50 Гц, шум,  
підвищена температура  
повітря, комбінована дія,  
залежність "доза-ефект".

станнім часом помітна увага приділяється дослідженню впливу магнітних полів (МП) 50/60 Гц, які розглядають як "ймовірний канцероген для людини" (possible human carcinogen) [1, 2], що можуть діяти у поєднанні з шумом і нагрівальним мікрокліматом [3]. Визнається, що фізичні механізми, за допомогою яких сильні (>500 мкТл) МП 50/60 Гц викликають біологічні ефекти, не виявляються при впливі слабких (<50 мкТл) полів тому, що індуковані ними струми є набагато меншими, ніж ендогенні [4, 5]. Як один з можливих механізмів взаємодії слабких МП 50/60 Гц з біологічними об'єктами розглядається їхній вплив на вільнорадикальні процеси (ВРП) [6, 7]. Наводяться свідчення, що погіршення стану системи антиоксидантного захисту (АОЗ) при дії МП 50 Гц викликається насамперед посиленням утворенням активних форм кисню [6]; підкреслюється важлива роль в інактивації супероксидних радикалів фермента су-

пероксиддисмутази (СОД) [7]. Висловлюються припущення, що викликані МП 50/60 Гц розриви ланцюжків ДНК спричиняються ВРП з залученням іонів  $Fe^{2+}$  через реакцію Фентона [8, 9], за якою перекис водню перетворюється у підкисленому середовищі на більш токсичний гідроксильний радикал [10-12]. У літературі точиться певна дискусія щодо порогів дії МП 50/60 Гц на організм у цілому і на вільнорадикальні процеси зокрема [2]. Наводяться поодинокі дані щодо несприятливого впливу МП 50/60 Гц на поведінкові реакції лабораторних тварин [13] та на імунний статус і клітинну систему крові щурів зі значною альтерацією реакцій організму на фоні інших фізичних факторів [14].

З точки зору на те, що в організмі людини відсутня специфічна система для сприйняття МП 50/60 Гц [2], значний інтерес викликає вивчення характеру залежності "доза-ефект" при його дії. На думку Pfitzer (1976), Є.Г. Гончарука та ін. (1989), для дії есенціальних факторів, що беруть участь у метаболічних процесах, характерна параболічна, U-подібна залежність "доза-ефект"; для неесенціальних факторів довікілля, що не беруть безпосередньої участі у цих процесах, залежність "доза-ефект" має S-подібний характер [15-17].

Для таких факторів, як шум і вібрація, що мають специфічні системи рецепції, у певному діапазоні співвідношення "доза-ефект" має приблизно лінійний характер, що є поодиноким випадком S-подібної загально-біологічної залежності [18-20].

**Метою дослідження** було виявлення особливостей впливу МП 50 Гц на показники АОЗ/ПОЛ, ЦНС, гематологічні показники та аналіз залежності

### К ВОПРОСУ ХАРАКТЕРА ЗАВИСИМОСТИ "ДОЗА-ЭФФЕКТ" ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ДЕЙСТВИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ 50 ГЦ НА БЕЛЫХ КРЫС

**Назаренко В.И.**

В хроническом эксперименте на белых крысах показано, что факторы разной физической природы активируют преимущественно разные ферменты антиоксидантной защиты организма: магнитное поле 50 Гц (7, 250 и 7000 мкТл) — каталазу (КТ), шум (80 дБА) и повышенную температуру воздуха (28°C) — супероксиддисмутазу и церулоплазмин. Комбинированное действие этих факторов приводит к разнообразному спектру реакций, среди которых заметно увеличение активности КТ. По данным гематологических показателей, заметной факторной специфики влияния не отмечается. В качестве одночисловой интегральной характеристики биологического действия МП 50 Гц предложено использование условного "коэффициента эссенциальности" как соотношения доли эссенциальных эффектов (U-подобные зависимости "доза-эффект") к неэссенциальным (S-подобные зависимости) при его экспозиции на живой организм.

© Назаренко В.И. СТАТТЯ, 2009.

"доза-ефект" на фоні модулюючого впливу нормативних рівнів шуму та підвищеної температури повітря.

**Об'єкт та методи дослідження.** Дослідження впливу МП 50 Гц на фоні шуму та підвищеної температури повітря було проведено у хронічному експерименті (8 міс. експозиції + 1 міс. постекспозиційного періоду) на білих щурах. Тривалість добової експозиції становила 2 год. У кожній серії тварин експонували певною комбінацією МП 50 Гц з рівнями магнітної індукції 7, 250 або 7000 мкТл та білим шумом (80 дБА) і підвищеною температурою повітря (28°C). Для оцінки ефектів впливу проведено дослідження стану системи перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) за вмістом (мкМ/мл) у сироватці крові малонового діальдегіду (МДА) [21]; стан системи АОЗ визначали за активністю ферментів СОД (ОА/мін · мг), каталази (КТ) і концентрацією церулоплазміну (ЦП, мг/л) [22-24]. Горизонтальну рухову активність тварин (ГРА) оцінювали у тесті "відкрите поле" [25]. Визначали гематологічні показники: вміст гемоглобіну у крові (Hb) і в одному еритроциті (Hb/ер.) та кількість лейкоцитів [26]. Достовірність результатів,



## ГІГІЕНА ФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ

їх групова різниця проаналізовані за  $t_p$ -критерієм Ст'юдента. За допомогою програми StatSoft Statistica 6.0 вивчали характер залежностей "доза-ефект" для ізольованої дії МП 50 Гц та за його дії на фоні шуму та підвищеної температури повітря.

**Результати досліджень та їх обговорення.** У таблиці 1 наведено зміни (%) показників АОЗ/ПОЛ білих щурів в експерименті після 1 та 8 місяців експозиції і через 1 міс. відновлення. Для контрольної групи (з рівнем МП 50 Гц - 0 мкТл) вказано абсолютні значення показників у відповідних за методиками одиницях. З наведених даних видно, що для ізольованої дії МП 50 Гц характерна активізація КТ, що підтверджує дані літератури про утворення активних форм кис-

ню за дії цього фактора [6]. За дії рівнів МП 50 Гц 250 і 7000 мкТл спостерігали помітне збільшення (на 36-43%) МДА на фоні зростання (на 31-43%) активності КТ. У випадку збільшення тривалості експозиції до 8 місяців дія рівня МП 7 мкТл призводить до зменшення (на 36%) концентрації ЦП; дія рівнів МП 250 і 7000 мкТл спостерігається нормалізація рівня МДА на фоні підвищеної (на 22-36%) активності КТ. У період відновлення 1 міс. для рівнів 250 та 7000 мкТл спостерігається зростання концентрації МДА у крові щурів на 11% на фоні відсутності активізації ферментів АОЗ, що свідчить про певний "слід" попередньої експозиції у вигляді дисбалансу між процесами ПОЛ та АОЗ.

Таблиця 1

**Зміни показників АОЗ/ПОЛ білих щурів у хронічному експерименті, %**

Показники	МП мкТл	Магнітне поле 50 Гц (МП)			МП+ШУМ (80 дБА)			МП+Т-ра (28°C)			МП+Ш+Т-ра		
		1 міс.	8 міс.	1 міс. віднов.	1 міс.	8 міс.	1 міс. віднов.	1 міс.	8 міс.	1 міс. віднов.	1 міс.	8 міс.	1 міс. віднов.
МДА	0	4,65±0,28*	7,66±0,22*	8,53±0,15*	+30	+14	-	-	-	-	---		
СОД		4,27±0,32*	4,19±0,47*	3,52±0,21*	-39**	-	-	-29**	-	-			
КАТ		43,3±2,3*	37,0±2,0*	42,2±2,2*	-	-	-	-	-	-			
ЦП		193±14*	196±15*	241±18*	+70**	+38**	-	+41**	-28**	-			
МДА	7	-	-	-	+27	-	+18**	+20	+17**	-	+28**	-	-11
СОД		-	-	-	-	+43**	+26**	-	-29**	-	-	-	-
КАТ		+29**	-	-	-	+30**	-	-	-	-	+24**	-	-
ЦП		-	-36**	-	-	+57**	-20	-	-	-	-	-34**	-
МДА	250	+43**	-	+10,9	+28	-	-17**	-	+17**	-13	+26**	-	-18**
СОД		-	-	-	-	+25	-	-	-	-	-	-	-
КАТ		+31**	+36**	-	+51**	+28**	-	+19**	-	-	+30**	-	-
ЦП		-	-	-	+38**	+27**	-24**	+26	-	-	-	-	-
МДА	7000	+36	-	+11	+42**	-	-	+32**	+10	-	+36**	+23**	-
СОД		-	-	-	+36**	-	+29**	-	-22	-	-	-	-
КАТ		+43**	+22**	-	+60*	-	-	+20**	-28	+14	-	-	-
ЦП		-	-	-	-	+52**	-	-	-28**	-	+28**	-	-

Примітка : \* – значення показників контрольної групи; \*\* – достовірне збільшення (+) або зменшення (-) значення показника в експонованій групі, % ( $P < 0,05$ ); " - " – відсутність значимих змін показника порівняно з контрольною групою ( $P > 0,1$ ).

Ізольована дія шуму та підвищеної температури повітря призводить до змін активності СОД та ЦП, що зникають у пост-експозиційний період. Дія різних рівнів МП 50 Гц на фоні шуму та підвищеної температури призводить до активізації окремих ланок ПОЛ/АОЗ, серед яких досить помітним є збільшення активності КТ, особливо через 1 місяць експозиції.

Дослідження гематологічних показників свідчать, що найбільш характерно вплив МП виявляється за його ізольованій дії після 1-місячної експозиції (табл. 2).

При цьому "малий" рівень МП (7 мкТл), як і "великий" (7000 мкТл), призводить до збільшення кількості лейкоцитів на 42-59% і зниження вмісту гемоглобіну у крові на 12-17%. На рис. 1 представлено U-подібну залежність "доза-ефект" для зміни кількості лейкоцитів (%) у крові щурів від рівня МП 50 Гц за умов ізольованої дії.

За комбінованої дії 1 міс. ЕМП 50 Гц на фоні шуму подібність

малих і великих рівнів втрачається і певною мірою виявляється залежність "доза-ефект", що має експоненціальний характер (рис. 2).

При цьому додаткова дія шуму спричиняє лейкоцитоз (на 18-62%) і зниження вмісту гемоглобіну у крові (на 11-19%), а додаткова дія підвищеної температури — збільшення вмісту гемоглобіну на 17%, але тільки для дії рівня МП 250 мкТл. Характерним також є збільшення на 19-45% розрахованого вмісту гемоглобіну в одному еритроциті, особливо за дії МП у комбінаціях з температурою 28°C. Наявність лейкоцитозу на першій стадії експерименту (1 міс.) кореспондує з даними літератури [27].

На підставі одержаних даних і з урахуванням поглядів Pfitzer (1976), Є.Г. Гончарука та ін. (1989) було обчислено (для певних комбінацій МП 50 Гц з іншими чинниками) співвідношення частки есенціальних ефектів (U-подібні залежності "доза-ефект") та неесенціальних (S-подібних залежностей).

Безумовно, цей коефіцієнт, який можна розглядати як "коефіцієнт есенціальності" фактора, є величиною відносною і залежить від методики розрахунку і характеру показників, що аналізують, від здатності піддаватися зовнішньому впливу тощо. Тим не менше, на наш погляд, цей умовний показник певною мірою може характеризувати есенціальність або ксенобіотичність зовнішнього чинника, а його зміни у бік збільшення за умов хронічної експозиції можуть свідчити про прояви активного пристосування організму до несприятливих умов довкілля та відповідну "раціоналізацію" біологічних реакцій з окресленням певного оптимуму впливу.

Особливий інтерес викликало встановлення специфічності впливу факторів у різних їх комбінаціях при тривалій хронічній експозиції 8 місяців та пошук біологічних маркерів такого впливу. У таблиці 3 представлено наявність U- та S-подібних залежностей "доза-ефект" за

Таблиця 2

### Зміни гематологічних показників, показників горизонтальної рухової активності (ГРА) і м'язової витривалості (МВ) білих щурів у хронічному експерименті, %

Показники	МП мкТл	Магнітне поле 50 Гц (МП)			МП+ШУМ (80 дБА)			МП+Т-ра (28°C)			МП+Ш+Т-ра		
		1 міс.	8 міс.	1 міс. віднов.	1 міс.	8 міс.	1 міс. віднов.	1 міс.	8 міс.	1 міс. віднов.	1 міс.	8 міс.	1 міс. віднов.
Нв, г/л	0	113±7,6*	126±2,6*	129,7±3,8*	+20**	-	-	+29**	-18**	-	---		
Нв/ер.		25,8±1,7*	24,9±1,2*	26,4±1,4*	+45**	-	-	+54**	-	-			
Лейк.,		6,6±0,2*	10,9±0,9*	11,6±1,2*	+21**	-	-	-	-	-			
ГРА, у.о.		31,7±3,9*	9,0±1,6*	13,3±3,5*	-	-	-	-	-	-			
МВ, с		105±17,5*	38,8±6,5*	26,7±6,2*	-	-	-	-	-	-			
Нв, г/л	7	-17	-	-	-	-19**	-	-	-	+7	-	-	+9
Нв/ер.		-	-	-	-	-	+20**	-	+19**	+24**	+38**	+27**	+18**
Лейк.,		+42**	-	-	+18**	-	-	+18	-	-	+45**	-	-
ГРА, у.о.		+38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-42	-59**
МВ, с							-51**			-54**		-60**	-45**
Нв, г/л	250	-	-17**	-	-	-14**	+11	+17	-	-	+16**	-18**	-
Нв/ер.		-	-9	-	-	-	+32**	+45**	-	+27**	+43**	-	-
Лейк.,		-	-	-	+36**	-	-	+38**	-	-	-	-	-
ГРА, у.о.		-	-	-	-	-	-55	-	-	-	-	-	-
МВ, с		-50**	-47	-	-	-	-	-	-44	-	-56**	-	-
Нв, г/л	7000	-12	-9**	-	-23**	-11**	-	-	-	-	+15	-	-
Нв/ер.		-	-	-	-	-	+27**	+29**	+44**	-	+35**	+19**	
Лейк.,		+59**	-	-	+62**	-	-	-	-	-	-	-	-
ГРА, у.о.		-56**	-	-	-	-	-62**	-	-	-	-76**	-	-
МВ, с		-79**	-46	-61**	-54**	-49	-	-	-40	-	-	-44	-77**

Примітка: \* — значення показників контрольної групи; \*\* — достовірне збільшення (+) або зменшення (-) значення показника в експонованій групі, % ( $P < 0,05$ ); "-" — відсутність значимих змін показника порівняно з контрольною групою ( $P > 0,1$ ).

TO THE QUESTION OF CHARACTER OF DEPENDENCE "DOSE-EFFECT" AT CHRONIC EXPOSURE OF MAGNETIC FIELD 50 Hz ON WHITE RATS

**Nazarenko V.I.**

In a chronic experiment on white rats is shown, that the factors of a different physical nature activate, mostly, different ferments of antioxidant protection of organism: magnetic field (MF) 50 Гц (7,250,7000 мкТ) — katalase (KT), noise (80 дБА) and increased temperature of air (28°C) — superoxidismutase and ceruloplasmin.

Combined action of these factors results in the diverse spectrum of reactions, among which, noticeable, an increase of KT activity. On a data of haematological parameters of specific character of influence of the factors is not marked. As one-numerical general evaluation of MF 50 Hz biological influence is conventionally offered to use "factor of essentiality" as a ratio of a share of essential effects (U-like dependence "dose-effect") to unessential (S-like dependence) ones under his exposure on an alive organism.

окремими показниками у випадку ізольованої дії МП з рівнями 7, 250, 7000 мкТл та дії на фоні інших факторів через 1 та 8 міс. експозиції, а також через 1 міс. відновлення. Як видно з цієї таблиці, для однакової комбінації факторів відзначаються U- та S-подібні залежності для окремих показників. Найчастіше S-подібні залежності "доза-ефект" реєструються після 1 місяця експозиції (40,0±10,6%), насамперед за дії МП на фоні шуму (60% показників), який не має фізіологічного оптимуму дії і у певному сенсі є фізичним "ксенобіотиком" ( $K_E=0,33$ ). Підвищена температура повітря, навпаки, збільшує ризи есенціальності впливу МП 50 Гц ( $K_E=3,0$ ).

За умов більш тривалої експозиції 8 місяців для всіх комбінацій факторів частка (%) показників, для змін яких характерні S-подібні залежності "доза-ефект", зменшується у 3,5 рази — до 11,5±4,5% ( $t_p=2,47$ ). При цьому частка показників, для яких характерні U-подібні залежності "доза-ефект", майже не змінюється для експози-

цій 1 і 8 місяців (35,0±11,1% і 44,3±2,2% відповідно). Такі зміни, на нашу думку, можуть свідчити про певне "звикання" організму до дії комплексу чинників, його пристосування до постійно діючих подразників. Найчастіше U- та S-подібні залежності "доза-ефект" реєструються у системі АОЗ/ПОЛ (65% всіх показників, для яких відзначено помітні ефекти). Серед гематологічних показників достовірні зміни реєструються у 50% випадків.

У відновлювальний період S-подібна залежність "доза-ефект" змін показників від рівня попередньої експозиції МП 50 Гц зберігається для їх невеликої кількості (15,0±3,6%). Серед них найпомітнішими є показники ПОЛ/АОЗ. Це підтверджує певну сталість змін функціонального стану фізіологічних систем під тривалим впливом зазначених чинників.

На нашу думку, як маркери комбінованого впливу магнітного поля промислової частоти, шуму, підвищеної температури повітря необхідно використовувати насамперед показники АОЗ/ПОЛ та гематологіч-

ні. Маркерами другого ешелону можуть бути показники м'язової витривалості та рухової активності щурів.

**Висновки**

1. МП 50 Гц, шум, підвищена температура повітря активують різні ланки систем АОЗ: МП 50 Гц — каталазу, у той час як шум та підвищена температура повітря — супероксиддисмутазу та церулоплазмін. Дія різних рівнів МП 50 Гц на фоні шуму та підвищеної температури призводить до активізації окремих ланок ПОЛ/АОЗ, серед яких досить помітне збільшення активності каталази.

2. До спільних рис субхронічної (1 міс.) та хронічної (8 міс.) комбінованої дії факторів можна віднести модулюючий вплив шуму та підвищеної температури повітря на біологічну дію МП 50 Гц та залежність реакцій організму від комбінації факторів, їх інтенсивності та тривалості експозиції.

3. Для субхронічної дії МП 50 Гц на фоні шуму (80 дБА) та підвищеної температури повітря (28°C) характерним є переважання частки S-подібних залежностей "доза-ефект" (40,0%)

Рисунок 1

**U-подібна залежність зміни кількості лейкоцитів (Var2, %) у крові щурів від рівня МП 50 Гц (Var1, мкТл), ізольована дія 1 міс.**

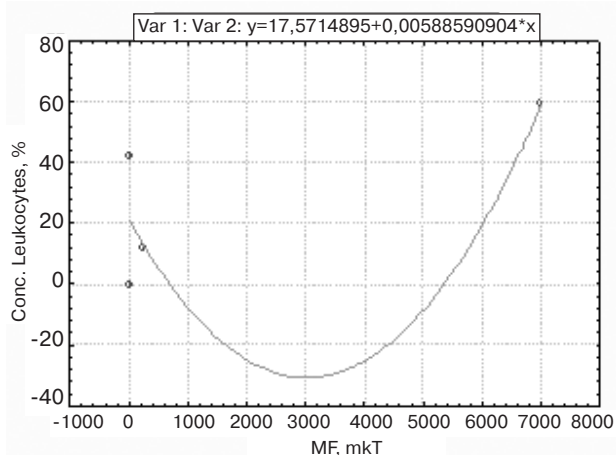
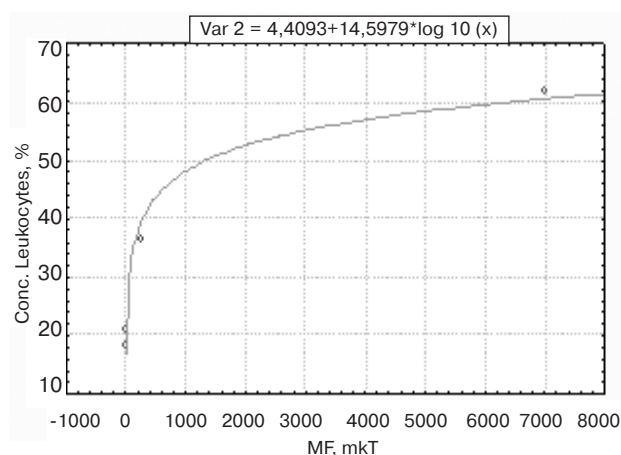


Рисунок 2

**S-подібна залежність збільшення кількості лейкоцитів (Var2, %) у крові щурів від рівня МП 50 Гц (Var1, мкТл) на фоні шуму 80 дБА**





Таблиця 3

**Наявність U- та S-подібних залежностей "доза-ефект" за окремими показниками у різних серіях досліджень через 1 міс. і 8 міс. експозиції та у відновлювальний період**

Система організму	Показник	1 місяць експозиції				8 місяців експозиції				1 місяць відновлення			
		МП	МП+Ш	МП+Т	МП+Шум+Т	МП	МП+Ш	МП+Т	МП+Шум+Т	МП	МП+Ш	МП+Т	МП+Шум+Т
ЦНС	ЗРА	S	-	-	-	-	-	-	U	-	-	-	U
Кістк.-м'яз.	МВ, с	S	S	-	U	S	U	U	U	S	-	-	-
АОЗ/ПОЛ	МДА	U	S	U	S	-	-	U	S	S	U	-	U
	СОД	-	U	S	-	-	U	U	-	-	U	-	-
	КАТ	S	S	S	U	S	S	-	-	-	-	-	-
	ЦП	-	U	U	S	U	U	U	-	-	U	-	-
	ФАОС	U	S	U	S	U	U	S	U	U	S	S	S
Кров	Нв,г/л	U	S	U	S	U	U	-	U	-	U	-	-
	Нв/ер.	-	-	U	S	U	-	U	U	-	S	U	-
	Лейк.,	U	S	U	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Частка U-дозозалежних, %	40	20	60	20	40	50	50	50	10	40	10	20	
X±m	35,0±11,1%				44,3±2,2%				20,0±8,2%				
Частка S-дозозалежних,%	30	60	20	50	20	10	10	10	20	20	10	10	
X±m	40,0±10,6%				11,5±4,5%*				15,0±3,6				
Коефіцієнт есенціальності фактора K <sub>E</sub>	1,35	0,33	3,00	0,40	2,00	5,00	5,00	5,00	0,5	2,00	1,00	2,00	
X±m	1,27±0,72				4,98±1,27*				1,38±0,43				

Примітка: "S" — наявність S-подібної залежності "доза-ефект";  
 "U" — наявність U-подібної залежності "доза-ефект"; "-" — відсутність значимих змін показників;  
 \* — порівняно з експозицією 1 місяць — зміни достовірні (P<0,05).

над U-подібними (35,0%), у той час як хронічна дія характеризується домінуванням U-подібних залежностей (44,3%) над S-подібними (11,5%).

4. Співвідношення частки есенціальних ефектів (U-подібні залежності "доза-ефект") і неесенціальних (S-подібні залежності) за дії МП 50 Гц можна використовувати для одночислової характеристики його інтегрального впливу на живий організм.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. IARC. Non-Ionizing Radiation. Part 1.: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. — 2002, Lyon, France: Int. Agency for Cancer Reserch.

2. Proposals for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (0-300GHz): Consultation Document /National Radiolocal Protection Board. — Chilton, Didcot. — 01.05.2003. — 187 p.

3. Суворов Г.А., Пальцев Л.В., Прокопенко Л.В., Походзей Л.В., Рубцова Н.Б., Тихонова Г.И. Физические факторы и стресс // Мед. труда и пром. экология. — 2002. — № 8. — С.1-4.

4. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to

300 GHz) // Health. Phys. — 1998. — V. 74. — P. 494-522.

5. Moulder J. Power Lines and Cancer FAQs (last update of "What's New": 13-Aug-2006) / On line: <http://www.mcw.edu/gcrc/cop/powerlines-cancer-faq/toc.html>.

6. Fiorani M., Biagiarelli B., Vetrano F., et al. In vitro effects of 50 Hz magnetic fields on oxidatively damaged rabbit red blood cells // Bioelectromag. — 1997. — V. 18. — P. 125-131.

7. Lee B.-Ch., Johng H.-M. et al. Effect of extremely low frequency magnetic field on the antioxidant defense system in mouse brain: a chemiluminescence study // Journ. Photochem. Photobiol. B: Biology. — 2004. Vol. 73. — Iss.1-2. — P. 43-48.

8. Fenton H.J.H. Oxidation of tartaric acid in the presence of iron // Journ. Chem. Soc. — 1984. — vol. 65. — P. 899-910.

9. Imla J.A., Chin S.M., Linn S. Toxic DNA damage by hydrogen peroxide through the Fenton reaction in vivo and in vitro // Science. — 1988. — Vol. 307. — P. 640-642.

10. Wink D.A., Wink C.B., Nims R., Ford P.C. Oxidizing intermediates generated in the Fenton Reagent: Kinetic Arguments against the intermediacy of the hydroxyl radical // Env. Health Perspect.

— 1994. — V. 102 (3) P.11-17.

11. Ivancsits S, Diem E., Jahn O., Rudiger H.W. Intermittent extremely low frequency electromagnetic fields cause DNA damage in a dose dependant way // Int. Arch. Occup. Environ. Health. — 2003. — V. 76. — № 6. — P. 431-436.

12. Lai H., Singh N.P. Magnetic Field Induced DNA Strand Breaks in Brain Cells of the Rat // Environ. Health Persp. — 2004. — V. 112 (4). — P. 687-694.

13. Potschka H., Thun-Batterby S., Loscher W. Effect of low-intensity 50 Hz, 100 mT magnetic field: effect on reaction time and fully kindled seizures in rats // Brain REs. — 1998. — Vol. 802 (2). — P. 269-276.

14. Белкин А.Д., Мичурина С.В., Шульгина А.В., Архипов С.А. и др. Влияние магнитного поля промышленной частоты и постоянного освещения на периферическую кровь крыс // Гигиена и санитария. — 2005. — № 5. — С. 37-40.

15. Fitzer E. A. General concepts and definitions for dose-response and dose-effect relationships of toxic metals / In: Nordberg, G., ed. Effects and dose-response relationships of toxic metals. — Amsterdam, Oxford, New York, Elsevier Scientific Publishing Company. 1976. — 365 p.

16. Гончарук Е.И., Вороненко Ю.В., Марценюк Н.И. Изучение влияния факторов окружающей среды на здоровье населения / Под ред. Е.И. Гончарука. — К.: КМИ. — 1989. — 204 с.

17. Guideline for Industry Dose-Response Information to Support Drug Registration Federal Register.-1994. — Vol. 59, № 216. — Wednesday, November 9, 1994. — pages 55972-55976.

18. Чернюк В.И. Шум и вибрация в труде механизаторов сельского хозяйства как гигиеническая проблема: Дисс. докт. мед. наук. — К., КНИИ ГТиПЗ. — 1987. — 394 с.

19. Денисов Э.И. Методология дозной оценки шумов и вибраций в медицине труда: Автореф. дисс. докт. биол. наук. — М., ИМТ АМН РФ. — 1995.

20. Медицина труда в угольной промышленности (Под ред. В.В. Мухина). — Донецк, 2000. — 204 с.

21. Андреева Л.И., Кожемякин Л.А., Кишкун А.А. Модификация метода определения перекисей липидов в тесте с тиобарбитуровой кислотой // Лабораторное дело. — 1988. — № 11. — С. 41-43.

22. McCord J.M., Fridovich I. Superoxide dismutase: an enzyme function for erythrocyte hemocuprein (hemocuprein) // J. Biol. Chem. — 1989. — V. 244, № 22. — P. 6049-6055.

23. Aebi H.E. Enzymes 1: oxidoreductases, transferases // In: Bergmeyer H., Ed. Methods of enzymatic analysis. — 1980. — V. III. — P. 273 — 282.

24. Чевари С., Андял Т., Яштренгер Я. Определение антиоксидантных параметров крови и их диагностическое значение (модификация метода Fraidt R) // Лаб. дело. — 1991. — № 10. — С. 9-13.

25. Зотов С.В. Поведінкові реакції тварин при дії ЕМП, які створюються засобами стільникового мобільного зв'язку стандарту GSM-900 // Матер. XIV з'їзду гігієністів України. — Дніпр.: АРТ-ПРЕС. — 2004. — Т.1. — С. 260-264.

26. Справочник: Лабораторные методы исследования в клинике / Под ред. Меньшикова В.В. — М.: Мед., 1987. — 368 с.

27. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. Антистрессовые реакции и активационная терапия. — М., 1999. — 362 с.

Надійшла до редакції 19.06.2009.

## BIOLOGICAL ACTION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION

Baran B.A., Boobenshchikova G.T., Kchryashchevsky V.N.

## БІОЛОГІЧНА ДІЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ



**БАРАН Б.А.,  
БУБЕНЩИКОВА Г.Т.,  
ХРЯЦЕВСЬКИЙ В.М.**

Хмельницький національний  
університет

УДК 504.75(477)

Еволюція живої природи, як відомо, відбувалася у взаємодії з багатьма фізичними факторами, у тому числі і з геомагнітним полем. Однак науково-технічний прогрес суттєво змінює довкілля, зокрема це стосується електромагнітного фону. З кожним роком в усіх країнах світу зростають енергопотужності, внаслідок чого електромагнітне поле (ЕМП) антропогенного походження стало значущим екологічним фактором з високою біологічною активністю. 1995 року Всесвітньою організацією охорони здоров'я навіть було введено термін "глобальне електромагнітне забруднення довкілля". ЕМП антропогенного походження мають інші характеристики, ніж геомагнітне поле і призводять до десинхронізації міжклітинних та міжорганних взаємодій у біологічній системі, яка налаштована в унісон з природним електромагнітним фоном. На діяльність клітин, окремих органів та перебіг біохімічних реакцій справляють значний вплив ЕМП надвисокочастотного та інфранизько-частотного діапазонів [1, 2].

У роботі [3] наводяться можливі механізми дії магнітного

### БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

**Баран Б.А., Бубенщикова Г.Т., Хрящевский В.Н.**

Электромагнитное излучение различных частот даже небольшой интенсивности может отрицательно влиять на биологические объекты растительного и животного происхождения. Экспериментально показано, что действие любых физических полей на биообъекты влияет как на молекулы воды, так и на клетки живых организмов.

### BIOLOGICAL ACTION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION

**Baran B.A., Boobenshchikova G.T., Kchryashchevsky V.N.**

Electromagnetic radiation of various frequencies though of small intensity, can affect the biological objects of vegetable origin as well as animal origin in negative way. It has been shown experimentally that action of any physical fields on bioobjects affects water molecules as well as cells of live organisms.

© Баран Б.А., Бубенщикова Г.Т., Хрящевський В.Н.  
СТАТТЯ, 2009.