

УДК 613.6+613.647:621.311.22

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТІВ БІОЛОГІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ 50 ГЦ, ШУМУ І ПІДВИЩЕНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ

Назаренко В.І.**ДУ «Інститут медицини праці АМН України», м. Київ**

В роботі проведено аналіз попередньо одержаних оригінальних експериментальних даних з метою визначення ефектів біологічної взаємодії магнітного поля (МП) 50 Гц, шуму, підвищеної температури повітря за змінами окремих показників основних фізіологічних систем організму білих шурів. Встановлено, що збільшення терміну експозиції «малим» рівнем МП 7 мкТл з 1 до 8 місяців в комбінації з іншими факторами, призводить до зростання в 2,7 разів частки показників, за якими спостерігається синергізм факторів, та зменшення в 1,5 разів частки показників, за якими відмічається їх антагонізм. При комбінованій дії МП з рівнями 250 і 7000 мкТл та зазначених вище факторів характерним є зменшення частки показників з антагонізмом факторів (з 51–61 % до 38–40 %), при незмінності відсотка показників, за якими відмічається синергізм та незалежна дія. Гігієнічна регламентація комбінованого впливу «малих» рівнів МП 50 Гц, шуму і підвищеної температури повітря потребує розробки особливої стратегії визначення ризиків їх несприятливої дії.

Ключові слова: біологічна взаємодія, магнітне поле 50 Гц, шум, підвищена температура повітря

Вступ

В сучасній медицині праці помітне місце посідає проблема гігієнічної оцінки комбінованої дії виробничих факторів різної природи [1–3]. На думку деяких дослідників, ця проблема, зважаючи на велику кількість можливих комбінацій чинників, є, в першу чергу, проблемою пошуку адекватної методики оцінки професійних ризиків з урахуванням міжфакторної взаємодії на рівні цілісного організму та окремих його систем [3–5]. При цьому, основною метою вивчення комбінованої, сполученої, комплексної дії є вирішення питання — яким чином в умовах конкретної комбінації модифікується вплив кожного з факторів. Підкреслюється, що при «певних комбінаціях факторів гігієнічні нормативи, що встановлені для ізольованої дії цих чинників, можуть бути нездатні, щоби гарантувати безпеку» [6]. Л.А.Булдаков і В.А.Книжников (1986), запропонували, з метою використання в гігієнічних дослідженнях, умовну систематизацію ефектів біологічної взаємодії факторів: антагонізм і синергізм з повною або неповною адитивною дією та потенціюванням [7]. За іншими підходами вважається, що результат сумісної дії декількох факторів може бути зведений до таких механізмів: сенсibiliзації або потенціювання (феномен взаємного посилення); простої повної або неповної сумачії; незалежної дії, коли спільний результат визначається величиною найбільш впливового фактора, та компенсації, коли сумарний ефект менше лімітуючого показника [8]. За даними експериментальних та клініко — фізіологіч-

них досліджень, взаємодія факторів на рівні окремих систем залежить як від їх інтенсивності, так і від тривалості їх дії [9]. На думку Н.Ф. Измерова і А.И. Корбаковой (1977), для гострої дії великих рівнів характерні різноманітні ефекти — потенціювання, адитивна дія, антагонізм, незалежна дія; при тривалому хронічному впливі малою дозою переважає адитивний ефект і незалежна дія, а потенціювання трапляється дуже рідко [10]. Вважається, що сумачія негативного впливу чинників більш характерна для факторів малої інтенсивності [11]. Запропоновано біофізичний механізм проявів синергізму при дії певних фізичних і хімічних чинників, який виникає за рахунок утворення додаткових пошкоджень при комбінованому впливі факторів за рахунок сумачії субпошкоджень, що викликані кожним фактором і не проявляються за умов їхньої ізольованої дії [12].

Одними з найбільш поширених виробничих факторів є шум, мікроклімат і ЕМП промислової частоти 50/60 Гц, які часто можуть діяти на людину в різних сполученнях [4,5,13]. Тому, дослідження ефектів взаємодії цих факторів на рівні окремих систем організму в хронічному лабораторному експерименті є однією з важливих ланок вирішення проблеми профілактики їхньої комбінованої дії.

Матеріали та методи дослідження

Для встановлення особливостей комбінованої дії ЕМП промислової частоти, шуму, підвищеної температури повітря проведено дослідження в хроніч-

ному експерименті (8 міс. експозиції + 1 міс. відновлювального періоду) на білих щурах. Тривалість добової експозиції складала 2 години. Інтенсивність ЕМП контролювали по магнітній і електричній складовим. В кожній серії групу тварин (8–9 щурів) експонували певною комбінацією магнітного поля (МП) 50 Гц з рівнями магнітної індукції 7, 250 або 7000 мкТл, білого шуму (80 дБА), підвищеної температури (28 °С) повітря; одна серія складалася з неекспонованої (контрольної) групи. Для оцінки ефектів взаємодії факторів на рівні окремих систем організму у щурів проведено дослідження температури тіла (ректальної – Т_{яд.}, хвоста – Т_{хв.}, температурного градієнта – $\Delta T_{яд.} - T_{хв.}$), електро-кардіографічних показників (амплітуда зубців R, T, інтервали PQ, QRS, QRST, R-R) по II відведенню [14, 15]; стан системи вільно-радикального окислення (ВРО) оцінювали за вмістом в сироватці крові малонового діальдегіду (МДА) [16], стан системи антиоксидантного захисту (АОЗ) організму визначали за активністю супероксиддисмутази (СОД), каталази (КТ) і церулоплазмину (ЦП) у крові щурів [17–18]. Рухову активність тварин (горизонтальна – ГРА, вертикальна – ВРА, загальна – ЗРА) визначали у тесті «відкрите поле» [19]. Визначали гематологічні показники: вміст гемоглобіну у крові (Hb) та одному еритроциті (Hb/ер.), а також формулу білої крові [20, 21]. Всього проаналізовано 23 показники, які характеризували функціональний стан систем кровообігу, ЦНС, терморегуляції, АОЗ/ПОЛ, кістково – м'язової, а також гематологічні і вагові показники.

Для визначення ефектів взаємодії факторів застосували запропоновану в літературі систематизацію з визначенням синергізму, антагонізму [6,7] та незалежної дії факторів [8].

Достовірність результатів і їх групову різницю проаналізовано за tP-критерієм Ст'юдента. Взаємодію факторів розраховували тільки для показників, що змінювалися достовірно ($p < 0,05$), або мали тенденцію до змін ($p < 0,1$).

Результати дослідження та їх обговорення

На підставі даних попередньо проведених досліджень [8], за змінами кожного показника було розраховано типи взаємодії факторів в хронічному експерименті після експозиції 1 і 8 місяців. В таблиці 1 вказано дані щодо характеру взаємодії факторів в хронічному експерименті 8 місяців за кожним показником, який змінювався у порівнянні зі значеннями у контрольній групі ($p < 0,1$).

В таблиці 2 приведено питому вагу (%) показників, за якими відмічається певна взаємодія факторів після експозиції 1 місяць для кожної комбінації факторів (9 серій досліджень) та трьох груп серій – за рівнями МП – 7, 250 або 7000 мкТл.

З даних таблиці 2 видно, що після 1 місяця експозиції найчастіше трапляється ефект антагонізму факторів (42–61 % показників).

На другому місці – ефект незалежної дії факторів, коли величина реакції дорівнює ефекту найбільш впливового фактора (15–17 % показників).

Синергізм дії факторів (сумація, потенціювання) трапляється за змінами 8–9 % показників. Потрібно відмітити, що для даного терміну експозиції частки різних типів взаємодії не залежать від рівня МП. При цьому, спектр типів взаємодії магнітного поля з шумом і підвищеною температурою повітря, що є характерним як для рівня 7 мкТл (синергізм – 9 %, незалежна дія – 15 %, антагонізм – 51 %), майже точно повторюється для рівнів 250 мкТл (синергізм – 8 %, незалежна дія – 17 %, антагонізм – 42 %) і 7000 мкТл (синергізм – 9 %, незалежна дія – 17 %, антагонізм – 61 %).

При збільшенні тривалості експозиції до 8 місяців спостерігали певні зміни в ефектах взаємодії факторів.

В таблиці 3 приведено питому вагу (%) показників, за якими відмічали певні ефекти біологічної взаємодії факторів в хронічному експерименті після експозиції 8 місяців для кожної серії та окремих груп серій (за величиною МП 50 Гц).

З наведених даних видно, що після експозиції 8 місяців найчастіше трапляється ефект антагонізму (31–37 % показників), але у порівнянні зі спектром типів взаємодії факторів після 1 місяця експозиції, взаємне послаблення дії факторів трапляється в 1,5 разів рідше.

Для рівнів 250 і 7000 мкТл частка незалежної взаємодії (14–22 %) і синергізму (10–13 %) факторів лишилася майже незмінною у порівнянні з експозицією 1 місяць.

Дуже суттєво спектр типів взаємодії змінився після 8 місяців експозиції для «малого» рівня 7 мкТл (синергізм – 24 %, незалежна дія – 14 %, антагонізм – 31 %). При цьому, питома вага синергічної взаємодії зросла в 2,7 разів (з 9 до 24 %), а антагонізму зменшилася в 1,7 разів (з 51 до 31 %).

Таким чином, при збільшенні тривалості комбінованої дії «малого» рівня 7 мкТл з 1 до 8 місяців на фоні інших факторів, спостерігається збільшення питомих ваг синергічної взаємодії, в основному (40 %), за рахунок показників систем ПОЛ/АОЗ (див.

Таблиця 1

Ефекти взаємодії впливу факторів при експозиції 8 місяців

Система організму	Показник/одиниця вимірювання	МП 7 мкТл			МП 250 мкТл			МП 7000 мкТл		
		+ Ш (80 дБА)	+Т° (28 °С)	+ Шум +Т°	+Ш, (80 дБА)	+Т° (28 °С)	+ Шум +Т°	+Ш (80 дБА)	+Т° (28 °С)	+ Шум +Т°
Кровообігу	R-R, мс	Потенц.	Антагон.	Н/Д (МП)	-	Антагон.	Антагон.	Антагон.	Н/Д (МП)	Антагон.
	QRS, мс	Потенц.	-	Потенц.	-	-	-	Антагон.	Антагон.	Н/Д (МП)
	QRST, мс	Антагон.	Потенц.	Н/Д (Т°)	Н/Д (МП)	Антагон.	Н/Д (Т°)	Антагон.	Н/Д (Т°)	Н/Д (Т°)
	R, мкВ	-	-	-	-	-	-	Антагон.	Антагон.	Антагон.
	T, мкВ	Антагон.	Антагон.	Антагон.	-	Н/Д (Т°)	Антагон.	-	Антагон.	Антагон.
ЦНС	ГРА	-	-	Потенц.	-	-	-	-	-	-
	ВРА	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ЗРА	Н/Д (МП)	Адит.	Антагон.	Аудит.	Н/Д (Т°)	Н/Д (Т°)	Антагон.	Антагон.	Н/Д (Т°)
Кістково-м'язова	МВ, с	Потенц.	Потенц.	Потенц.	Антагон.	Н/Д (МП)	Антагон.	Н/Д (МП)	Н/Д (МП)	Н/Д (МП)
Вага тіла	Г	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Термо-регуляція	Тяд., °С	-	Н/Д (Т°)	Н/Д (Т°)	-	Антагон.	Антагон.	-	Антагон.	-
	Т хв., °С	Антагон.	Антагон.	Антагон.	Н/Д (МП)	Антагон.	Слаб. Пот.	Антагон.	Антагон.	Н/Д (Ш)
	ΔТяд-Тхв	Антагон.	Антагон.	Антагон.	Антагон.	Антагон.	Н/Д (МП)	Н/Д (Ш)	Антагон.	Н/Д (МП)
АОЗ/ПОЛ	МДА	Антагон.	Потенц.	Антагон.	Антагон.	Потенц.	Антагон.	Антагон.	Потенц.	Потенц.
	СОД	Потенц.	Антагон.	-	Потенц.	-	-	-	Антагон.	-
	КАТ	Потенц.	-	Потенц.	Н/Д (МП)	Антагон.	Антагон.	Антагон.	Антагон.	Антагон.
	ЦП	Адит.	Антагон.	Н/Д (МП)	Н/Д (Ш)	Антагон.	Антагон.	Слаб.Пот.	Н/Д (Т°)	Адит.
	ФАОС	Потенц.	Антагон.	Антагон.	Адит.	Антагон.	Антагон.	Н/Д (Ш)	Антагон.	Антагон.
Кров (гематологічні)	Нв, г/л	Потенц.	Антагон.	Антагон.	Н/Д (Ш)	Антагон.	Н/Д (Т°/Ш)	Потенц.	Антагон.	Антагон.
	Нв/ер.	-	Антагон.	Антагон.	Антагон.	Антагон.	Антагон.	-	Потенц.	Потенц.
	Лейк.,	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Еозіноф.	Антагон.	-	Потенц.	Антагон.	-	-	Антагон.	Потенц.	Антагон.
	Лімфоц.	Н/Д (Ш)	Потенц.	Н/Д (Ш)	Н/Д (Ш)	Потенц.	Н/Д (Ш)	Адит.	Н/Д (МП)	Н/Д (Ш)

Примітка: * – в дужках вказано найбільш впливовий фактор (за умов їх незалежної дії).

табл. 1). Одержані результати підтверджують дані літератури щодо можливості змін типу взаємодії факторів при збільшенні тривалості їх експозиції [23].

Збільшення рівня МП 50 Гц від 7 до 7000 мкТл супроводжується зменшенням частки синергічної взаємодії в показниках від 25 % до 12 %. Характер-

но, що цей тип взаємодії відмічено також тільки в неспецифічних системах АОЗ/ПОЛ та для гематологічних показників. Таким чином систему АОЗ, в комплексі з системою ПОЛ, можливо розглядати як таку, в якій відбувається опосередкована сумація біологічних ефектів даних факторів.

Таблиця 2

Ефекти взаємодії факторів при експозиції 1 місяць для окремих комбінації факторів

Тип взаємодії	МП 7 мкТл			МП 250 мкТл			МП 7000 мкТл		
	+ Ш (80 дБА)	+Т° (28 °С)	+ Шум +Т°	+Ш (80 дБА)	+Т° (28 °С)	+ Шум +Т°	+Ш (80 дБА)	+Т° (28 °С)	+ Шум +Т°
Синергізм	0 %	13 %	13 %	19 %	6 %	0 %	13 %	0 %	13 %
<i>Середнє</i>	9 %			8 %			9 %		
Незалежна дія	19 %	0 %	25 %	8 %	19 %	19 %	25 %	13 %	13 %
<i>Середнє</i>	15 %			15 %			17 %		
Антагонізм	56 %	63 %	38 %	44 %	44 %	38 %	44 %	75 %	63 %
<i>Середнє</i>	51 %			42 %			61 %		

Таблиця 3

Ефекти взаємодії впливу факторів при експозиції 8 місяців

Тип взаємодії	МП 7 мкТл			МП 250 мкТл			МП 7000 мкТл		
	+ Ш (80 дБА)	+Т° (28 °С)	+ Шум +Т°	+ Ш (80дБА)	+Т° (28 °С)	+Шм +Т°	+ Ш (80 дБА)	+Т° (28 °С)	+Шм +Т°
Синергізм	29 %	21 %	21 %	8 %	12 %	8 %	13 %	13 %	13 %
<i>Середнє</i>	24 %			10 %			13 %		
Незалежна дія	13 %	5 %	25 %	25 %	13 %	17 %	13 %	20 %	33 %
<i>Середнє</i>	14 %			18 %			22 %		
Антагонізм	21 %	38 %	33 %	25 %	42 %	38 %	42 %	42 %	29 %
<i>Середнє</i>	31 %			35 %			37 %		

Значний інтерес викликало питання аналізу реакцій окремих систем на комбіновану дію факторів в різних поєднаннях. В таблиці 4 приведено достовірні зміни показників в системах організму, що досліджували, після 8-місячної експозиції. Ця таблиця дає якісну характеристику впливу факторів в різних поєднаннях та за умов ізольованої дії.

Згідно з даними таблиці 4 прораховано прогноз можливих змін в організмі лабораторних тварин, виходячи з гіпотези незалежної дії цих факторів, що

покладено в основу сучасного гігієнічного нормування їх комбінованої дії. В таблиці 5 представлено реальну кількість «активованих» систем організму (фізіологічні показники достовірно відрізняються від значень в контрольній групі) – за даними експерименту і очікувану кількість систем, що можуть бути «активовані», виходячи з погляду простої сумарної ефектів незалежної дії цих факторів.

Як свідчать дані таблиці 5, для рівнів магнітного поля 250 і 7000 мкТл в будь-яких комбінаціях з шу-

Таблиця 4

Достовірні зміни показників після 8 місяців дії фізичних факторів в окремих системах

МП 50 Гц, мкТл	Системи організму, (біологічні показники)	Додаткові фізичні фактори			
		—	+Шум (80дБА)	+Температура повітря (28°С)	+ Шум +Температура повітря
0	Кровообігу (ЕКГ)	-----	-	+	-----
	АОЗ/ ПОЛ		+	+	
	Терморегуляції		+	-	
	ЦНС		-	-	
	М'язова витривалість		-	-	
	Гематологічні показники		-	+	
7	Кровообігу (ЕКГ)	+	+	+	+
	АОЗ, ПОЛ (МДА, ЦП)	-	+	+	+
	Терморегуляції	-	+	+	+
	ЦНС	-	-	-	-
	М'язова витривалість	-	+	+	+
	Гематологічні показники	-	+	-	-
250	Кровообігу (ЕКГ)	-	-	+	+
	АОЗ, ПОЛ (МДА, ЦП)	+	+	+	-
	Терморегуляції	+	+	-	+
	ЦНС	-	-	-	-
	М'язова витривалість	-	-	-	-
	Гематологічні показники	+	+	-	+
7000	Кровообігу (ЕКГ)	+	+	+	+
	АОЗ, ПОЛ (МДА, КАТ, ЦП)	+	+	+	+
	Терморегуляції	+	+	-	+
	ЦНС	-	-	-	-
	М'язова витривалість	-	-	-	-
	Гематологічні показники	+	+	-	-

мом та підвищеною температурою реальна кількість «активованих» (достовірні зміни показників) систем організму, після 8 місяців експозиції не перевищує прогнозовану, виходячи з гіпотези незалежної дії цих факторів.

Але для рівня МП 7 мкТл реальна кількість «активованих» систем, що беруть участь в формуванні захисної реакції організму на несприятливий вплив, перевищує прогнозовану їх кількість: для комбінації МП 50 Гц з шумом (в 1,7 разів) та температурою (в 1,3 разів), що потрібно враховувати при визначенні ризиків впливу «малих» рівнів МП 50 Гц та даних факторів.

У випадку одночасної дії всіх трьох чинників реальна кількість активованих систем організму дорівнює прогнозованій. На нашу думку, цей факт може свідчити про певну раціональність сучасного гігієнічного нормування комплексу фізичних факторів на підставі оцінок ефектів ізольованої їх дії, в межах рівнів близьких до нормативних.

В таблиці 6 приведено фізіологічні показники за частотою (%) достовірних змін в серіях лабораторного експерименту, що може свідчити про їх інформативність при дослідженні комбінованого впливу даних чинників. Найбільш часто зміни виникали за по-

казниками ЕКГ і систем АОЗ/ПОЛ – в 79 % серій, тенденції до змін ЕКГ спостерігали в усіх 14 серіях досліджень (за виключенням контрольної групи).

Система терморегуляції є також досить чутливою до несприятливого впливу МП, шуму та підвищеної температури повітря в різних поєднаннях – зміни зареєстровані в 71 % серій. Гематологічні показники та м'язова витривалість змінюються в меншій мірі – в 43 % та 29 % серій, відповідно.

На нашу думку, в якості біологічних маркерів комбінованого впливу МП 50 Гц, шуму, підвищеної температури повітря, в першу чергу, потрібно використовувати показники ЕКГ та АОЗ/ПОЛ. Маркерами другого ешелону можуть бути показники терморегуляції та гематологічні. Додаткову інформацію також можуть нести показники м'язової витривалості та рухової активності.

Після завершення експозиційного періоду, протягом 1 місяця в кожній серії досліджень, за виключенням ізольованої дії шуму та підвищеної температури повітря, зберігаються значимі зміни показників. Найчастіше, це показники АОЗ/ПОЛ (67 % серій), терморегуляції (58 % серій), біоелектричної активності міокарда (33 % серій).

Таблиця 5

Кількість активованих систем організму після 8 місяців експозиції за даними експерименту і математичного розрахунку

МП 50 Гц, мкТл	Додаткові фізичні фактори			
	—	+Шум (80 дБА)	+Температура повітря (28 °С)	+ Шум + Температура повітря
0	Контроль	2	3	-----
7	1	5* (3)**	4 (3)	4 (4)
250	3	3 (3)	2 (4)	3 (5)
7000	3	4 (4)	2 (4)	3 (4)

Примітки: * – реальна кількість «активованих» систем організму в експерименті;

** – очікувана кількість «активованих» систем організму.

Таблиця 6

Розподіл фізіологічних показників за частотою (%) достовірних змін в серіях лабораторного експерименту

Рейтинг №	Біологічні показники	% серій з достовірними змінами (p < 0,05)		% серій з тенденціями до змін (p < 0,1)	
		Загалом	По окремих показниках	Загалом	По окремих показниках
1	ЕКГ	79	↑QT (50 %), ↑R-R (36 %), ↑QRS (29 %)	100	↑QT (71 %), ↑R-R (50 %), ↑QRS (42 %), ↑T (14 %)
2	Ферменти АОЗ / ПОЛ	79	ЦП (50 %), МДА (21 %), КТ (21 %), СОД (7 %)	93	ЦП (57 %), МДА (50 %), КТ (29 %), СОД (21 %)
3	Терморегуляція	71	↑ΔT? (71 %)	79	↑ΔT? (79 %)
4	Гематологічні показники	43	↓НЬ (43 %)	50	↓НЬ (50 %)
5	М'язова витривалість	29	↓МВ (29 %)	64	↓МВ (64 %)
6	Рухова активність	0	-	14	РА (14 %)

Примітка: ↑ – збільшення та ↓ – зменшення величини показника.

Висновки

1. Ефекти біологічної взаємодії електромагнітного поля 50 Гц, шуму, мікроклімату залежать від рівнів цих чинників та тривалості експозиції:
 - При субхронічній експозиції (1 місяць) МП 50 Гц з рівнями 7, 250, 7000 мкТл на фоні шуму (80 дБА) і температури повітря (28 °С) в організмі білих щурів співвідношення синергічних ефектів, незалежної дії та антагонізму факторів не залежить від рівня МП 50 Гц.
 - При дії протягом 8 місяців «малого» рівня 7 мкТл МП 50 Гц на фоні шуму і підвищеної температури повітря, на рівні основних фізіологічних систем спостерігається зростання питомої ваги синергічних ефектів від 9 % до

24 % і зменшення частки антагонізму факторів з 51 % до 35 %.

2. В якості біологічних маркерів комбінованого впливу магнітного поля промислової частоти, шуму, підвищеної температури повітря, в першу чергу, потрібно використовувати показники ЕКГ та АОЗ/ПОЛ.
3. В межах дії рівнів факторів, близьких до нормативних, можна говорити про певну адекватність сучасної гігієнічної регламентації їх комбінованої дії на підставі оцінок кожного фактора окремо.
4. Гігієнічна регламентація комбінованої дії «малих» рівнів МП 50 Гц з шумом та підвищеною температурою повітря потребує розробки особливої стратегії визначення ризиків несприятливої дії цих факторів.

Література

1. Измеров Н.Ф., Денисов Э.И., Молодкина Н.Н., Родионов Г.К. Методология оценки профессионального риска в медицине труда // Мед. труда и пром. экология.– 2001.– № 12.– С. 1–7.

2. Измеров Н.Ф., Липенецкая Т. Д., Матюхин В.В. Концепция церебральных механизмов долговременной адаптации к неблагоприятным факторам окружающей среды в свете научного наследия И.М. Сеченова // Мед. труда и пром. экология.– 2005.– № 2.– С. 1–7.

3. Smith A., McNamara R., Wellens B. Combined Effects of Occupational Health Hazards // Research Report № 287, Cardif. Univer.– 2004.– 182 p.

4. Суворов Г.А., Прокопченко Л.В., Афанасьева Р.Ф., Пальцев Ю.П. Проблемы гигиенического нормирования физических факторов для обеспечения социально-гигиенического мониторинга // Вестн. СПб Госмедакадем. им. Мечникова.– 2001.– № 2.– С. 68–71.

5. Суворов Г.А., Пальцев Л.В., Прокопченко 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.

6. Книжников В.А., Душутин К.К. Проблемы гигиенической регламентации эффектов комбинированного и сочетанного воздействия // В сб.: Методологические аспекты гигиенического исследования сочетанных и комбинированных воздействий.– М.: МЗ.– 1986.– С. 12–19.

7. Методологические аспекты гигиенического исследования сочетанных и комбинированных воздействий (под ред. чл.- корр. АМН СССР Л.А.Булдакова, В.А. Книжникова) – М.:МЗ СССР.– 1986.– 254 с.

8. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации.– Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003.– 463 с.

9. Либерман А.Н., Рамзаев П.В. Методологические аспекты гигиенической оценки сочетанных воздействий факторов радиационной и нерадиационной природы // В кн.: Метод. аспект. гигиенич. исслед. сочетан. и комб. возд.– М.: МЗ СССР.– 1986.– С. 25–32.

10. Измеров Н.Ф., Корбакова А.И. Состояние проблемы гигиенического нормирования неблагоприятных факторов производственной среды в СССР // Гигиена и санитария.– 1977.– № 11.

11. Гигиеническое нормирование факторов производственной среды и трудового процесса (Под ред. Н.Ф. Измерова, А.А. Каспарова).– М.: «Мед.», 1986.– 240 с.

12. Пантюхина А.Г., Дергачева И.П., Петин В.Г. Синергизм и условия его проявления при комбинированном воздействии физических и химических факторов на биологические объекты // 2 съезд биофизиков России: тез. докл., 27 – 27 августа.– Москва, 1999.– Т. 3.– С. 829.

13. Афанасьева Р.Ф., Бессонова Н.А., Бурмистрова О.В., Губернский Ю.Д., Репин Г.Н. Микроклимат // Физические факторы: эколого-гигиеническая оценка (Руководство). Пл.10.– М.: Мед., 1999.– С. 356–424.

14. Трахтенберг И.М., Сова Р.Е., Шефтель В.О., Онищенко Ф.А. Показатели нормы у лабораторных животных в токсикологическом эксперименте (современные представления и методические подходы, основные параметры и константы).– М.:Мед., 1978.– 176 с.

15. Западнюк И.П., Западнюк В.И., Захария Е.А., Западнюк Б.В. Лабораторные животные.– К.: Вища школа, 1983.– 262 с.

16. 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.

17. McCord J.M., Fridovich I. Superoxide dismutase: an enzymic function for erythrocyte hemocuprein // J. Biol. Chem.– 1989.– V.244, № .22.– P. 6049–6055.

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

19. 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-ІПРЕС, 2004.– Т.1.– С. 260–264.

20. Справочник: Лабораторные методы Исследования в клинике (под ред. Меньшикова В.В.).– М.: Мед., 1987.– 368 с.

21. Лебедев К.А., Понякина И.Д. Иммунограмма в клинической практике.– М.: «Наука».– 1990.– 224 с.

22. Назаренко В.І. Біологічні ефекти комбінованої дії магнітного поля 50 Гц, шуму та мікроклімату при хронічній експозиції (експериментальні дослідження) // Укр. журн. з пробл. медицини праці.– 2008.– № 4.– С. 70–79.

23. Пчеловська С.А. Вивчення комбінованої дії радіаційного та токсичного факторів за показниками радіємності 2006 року. Автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.01 / Київ. Нац. ун-т ім. Т.Г.Шевченка.– К., 2006.– 19 с.

Назаренко В.І.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ 50 ГЦ, ШУМА И ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

ГУ «Институт медицины труда АМН Украины», г. Киев

В работе проведено анализ предварительно полученных оригинальных экспериментальных данных с целью определения эффектов биологического взаимодействия магнитного поля 50 Гц, шума, повышенной температуры воздуха, в зависимости от сроков их экспозиции на уровне отдельных показателей (23 параметра) основных физиологических систем организма белых крыс. Установлено, что увеличение срока экспозиции с 1 до 8 месяцев «малым» уровнем 7 мкТл в комбинации с другими факторами ведет к увеличению в 2,7 раза доли показателей, по которым наблюдается синергизм факторов, и к уменьшению в 1,5 раза доли показателей, по которым определяется антагонизм факторов. Для комбинированного действия МП 50 Гц с уровнями 250 и 7000 мкТл, и указанных выше факторов характерно уменьшение доли показателей с антагонизмом факторов с 51–61 % до 38–40 %, при неизменности процента показателей с синергическими эффектами и независимым действием факторов. Гигиеническая регламентация комбинированного влияния «малых» уровней МП 50 Гц с шумом и повышенной температурой воздуха требует разработки особой методики оценки риска этих факторов.

Ключевые слова: эффекты взаимодействия физических факторов, синергизм, антагонизм, независимое действие, магнитное поле 50 Гц, шум, повышенная температура воздуха

Nazarenko V.I.

TO THE PROBLEM OF DETERMINATION OF EFFECTS OF BIOLOGICAL INTERACTION OF THE MAGNETIC FIELD 50 HZ, NOISE AND HIGH TEMPERATURE

SI «Institute for Occupational Health of AMS of Ukraine», Kyiv

An analysis of previously received original experimental data has been made with a purpose to determine the biological interaction of the magnetic field (MF) 50 Hz, noise and high air temperature, depending on changes of selected indices of main physiological body systems of white rats. It was established that the increase of the period of exposure within 1 to 8 months with a «low» level of MF 50 Hz (7 mкT) in combination with other factors resulted in 2,7 times increase of the part of indices, under exposure of which the synergism was observed, and the reduction by 1,5 times of the part of indices by which the antagonism was developed. The combined action of 50 Hz MF with levels 250 and 7000 mкT and the above-mentioned factors was characterized by the decrease of indices with antagonism of factors from 51–61 % to 38–40 % under the unchangeable per cent of indices, when synergetic effects and independent action of factors were marked. The hygienic regulation of the combined action of «low» levels of the MF 50 Hz, noise and high air temperature requires development of specific approaches for evaluation of risks of their unfavourable effects.

Key words: biological interaction, magnetic field 50 Hz, noise, high air temperature

Надійшла: 24.02.2009

Контактна особа: Назаренко Василь Іванович, старший науковий співробітник лабораторії фізичних факторів, Інститут медицини праці АМН України, 75, вул. Саксаганського, м. Київ, 01033. Тел.: 8 (044) 289-15-12.