УДК 613.644/646:001.5

БІОЛОГІЧНІ ЕФЕКТИ КОМБІНОВАНОЇ ДІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ 50 Гц, ШУМУ ТА ПІДВИЩЕНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ПРИ ХРОНІЧНІЙ ЕКСПОЗИЦІЇ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ)

Назаренко В.І.

Інститут медицини праці АМН України, м. Київ

Проведені експериментальні дослідження хронічного (8 місяців) впливу фізичних факторів різної енергетичної природи на організм білих щурів: магнітного поля (МП) промислової частоти 50 Гц з рівнями 7, 250 і 7000 мкТл, білого шуму (80 дБА) та підвищеної температури (28 °С) повітря в різних комбінаціях. Встановлено, що особливістю біологічної дії фізичних чинників є їх політропність у сполученні з вибірковістю, котра за силою впливу на окремі фізіологічні системи організму та його органи може бути визначена у такій послідовності: для МП 50 Гц з рівнями 7 і 7000 мкТл – міокард, системи перекисного окислення ліпідів та антиоксидантного захисту (ПОЛ/АОЗ) організму, ЦНС; для МП 50 Гц з рівнем 250 мкТл -системи ПОЛ/АОЗ, клітинна система крові, ЦНС, міокард; для шуму – ЦНС, системи ПОЛ/АОЗ, міокард; для підвищеної температури повітря – клітинна система крові, ПОЛ/АОЗ, міокард. На підставі проведених досліджень зроблено припущення, що біологічна інтеграція комбінованого впливу факторів може здійснюватися на різних ієрархічних рівнях структурно-функціональної організації організму, проте універсальною ланкою взаємодії цих впливів слугують системи ПОЛ/АОЗ та ЦНС. За направленістю функціональних змін (уповільнення серцевого ритму, збільшення кількості лейкоцитів, зниження вмісту гемоглобіну в крові, порушення функції терморегуляції) встановлена подібність біологічної дії МП 50 Гц з рівнями 7 і 7000 мкТл, що визначає актуальність проблеми «малих рівнів» стосовно впливу електромагнітних полів промислової частоти на біологічні об'єкти. Несприятлива дія на організм малих рівнів МП 50 Гц потребує розробки відповідних методичних підходів до гігієнічного регламентування впливу цього чинника, особливо, при його тривалій експозиції у сполученні з шумом та підвищеною температурою повітря.

Ключові слова: комбінована дія, магнітне поле 50 Гц, шум, підвищена температура повітря, малі рівні, хронічна експозиція

Вступ

Проблема комбінованої дії факторів виробничого середовища, з погляду на велику кількість їх можливих комбінацій є, в першу чергу, проблемою визначення професійних ризиків здоров'ю людини, пошуку адекватної методики його оцінки з урахуванням міжфакторної взаємодії на рівні цілого організму та окремих його систем [1–3]. Для організації сучасного виробництва, в більшості випадків, характерні невеликі інтенсивності технологічних впливів – такі, що можуть призводити до функціональних змін, що виходять за межі нормальних фізіологічних коливань та приводять до збільшення професійно зумовленої захворюваності [4]. Як відмічає І.М. Трахтенберг (1997), при умовах довкілля, що не виходять за межі нормативних показників, в організмі «виникає широкий спектр адаптаційних процесів і може складатися несприятлива ситуація» [5]. При цьому, «є достатні приводи вважати, що тривала дія на організм факторів малої інтенсивності відноситься до впливів такого роду, коли адаптація до довкілля часто одержується за рахунок значних функціональних та морфологічних змін, що можуть переходити ту межу, за якою починається патологічний процесс» [6, 7].

Г.А.Суворова і др. (2002) висловлюють думку про те, що при певних умовах, такі поширені фактори довкілля, як шум, ЕМП, мікроклімат, а також їх різні поєднання можуть приводити до суттєвого напруження адаптаційних можливостей організму, а в подальшому і до зриву адаптації [2]. При цьому, несприятливий вплив даних факторів визначається як їх фізичними характеристиками, так і функціональним станом ведучих систем організму, індивідуальною чутливістю. В літературі є поодинокі дані, які свідчать про можливе підсилення біологічної дії шуму [8] або мікроклімату [9] в комплексі з магнітним полем (МП) промислової частоти на рівні окремих фізіологічних функцій.

Метою даного дослідження стало вивчення функціональних змін в деяких провідних фізіоло-

гічних системах організму при комбінованій дії МП 50 Гц, шуму та підвищеної температури повітря в умовах хронічного експерименту на лабораторних тваринах. Особливий інтерес ставило порівняльне вивчення впливу МП 50 Гц в діапазоні рівнів – від малого (≈ 0,001 ГДР) до такого, що не перевищував гранично допустимий рівень (в 1,1 раза) за ДСН 3.3.6.096-2002.

Матеріали та методи дослідження

Для встановлення особливостей комбінованої дії ЕМП промислової частоти, шуму, підвищеної температури повітря проведенно 15 серій досліджень протягом 9-ти місячного хронічного експерименту на білих щурах (135 тварин) – всього по 157 експозицій в кожній серії. Тривалість однократної добової експозиції складала 2 години. За даними літератури, цього часу достатньо для прояву специфічних біологічних ефектів при дії ЕМП низької частоти в експерименті [10–12]. Стенд для генерації ЕМП 50 Гц був побудований таким чином, що в зоні експозиції напруженість дії магнітного поля була майже постійною (з відхиленнями до ± 12%) при незначній напруженості електричного поля (до 12 В/м). 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. За даними літератури, при відсутності інфрачервоного випромінювання температурний показник мікроклімату є ведучим з урахуванням швидкості руху і вологості повітря [1].

Для вивчення особливостей реакцій МП при комбінованій дії з іншими факторами були застосовані порогові рівні за даними епідеміологічних та лабораторних досліджень, а також рівень, що перевищує нормативний (табл. 1). Рівні шуму та температури повітря відповідали нормативним (за умов ізольованої дії кожного фактора); при цьому, параметр температури повітря на 4 °С перевищував оптимальний (24 °С) за ДСН 3.3.6.042-99.

До і після експозиції, всіх тварин, в тому числі і контрольну групу, утримували в умовах віварію, де рівні шуму складали – 49–52 дБА$_{екв.}$, температура повітря 19,2–21,2 °С, параметри вологості і швидкості руху повітря знаходилися в межах оптимальних значень; максимальні рівні теплового випромінювання від поверхонь експериментального обладнання та систем опалення і освітлення в приміщенні не перевищували 10 – 26 Вт/м^2.

Для оцінки біологічних ефектів впливу факторів у щурів проведено дослідження температури ядра тіла (ректальна) і його окремих частин (вухо, хвіст), електро-кардіографічніх показників (оцінювали амплітуду зубців R,T і інтервали PQ, QRST, R-R) [13–16]. Для біохімічних досліджень у експонованих щурів з хвоста брали 0,5–0,8 мл крові через добу після експозиції. Вплив на показники вільнорадикального окислення (ВРО) оцінювали за вмістом в сироватці крові одного з кінцевих його продуктів – малонового диальдегіду (МДА), стан системи антиоксидантного захисту (АОЗ) організму визначали за активністю супероксиддісмутази (СОД), каталази (КТ) і церулоплазміна (ЦП) в крові щурів [17–19]. Рухову активність тварин визначали в тесті «відкрите поле» [20].

Достовірність результатів і їх групову різницю проаналізовано за t_P-критерієм Ст'юдента. Як свідчать дані літератури, застосування цієї математичної величини – $t_P = (X_{ср.1} - X_{ср.2})/(m_1^2 - m_2^2)$, дозволяє порівнювати глибину змін показників з різною розмірністю [21].

Таблиця 1

Рівні фізичних факторів в лабораторному дослідженні

Фізична характеристика фактора	Рівні МП 50 Гц, мкТл			Шум, дБА	Температура повітря, °С
	Синусоїдальні коливання	Синусоїдальні коливання	Синусоїдальні коливання	Білий шум	Конвекційне тепло
Рівень експозиції/ біологічні ефекти	7 (біологічна дія за даними літературних епідем. досліджень)	250 (дія за даними лабораторних досліджень)	7000 (несприятлива дія на організм в цілому)	80	28 °С
Гігієнічний норматив	6,3 мТл (4,9 кА/м)			80	28 °С
Документ МОЗ	ДСанПіН 3.3.6-096-2002			ДСН 3.3.6.037-99	ДСН 3.3.6.042-99

Результати дослідження та їх обговорення

В таблиці 2 представлено найбільш статистично значимі – за розрахунком значень довірчого коефіцієнта t_P – зміни ($P < 0,05$) та тенденції ($P < 0,1$) до змін біологічних показників після 8-місячної експозиції щурів фізичними факторами. Приведені дані свідчать, що як ізольована дія окремих факторів, так і їх різні сполучення, в більшості випадків, викликають певні зміни функціонального стану фізіологічних систем організму.

При цьому, ізольована дія шуму 80 дБА призводила до збільшення активності церулоплазміну і напруженню в системі терморегуляції – по збільшенню температурної різниці (ΔT°) між ядром тіла та хвостом ($P < 0,05$). Зменшення рухової активності тварин та збільшення інтервалу QT за даними ЕКГ мали характер тенденції ($P < 0,1$).

Ізольована дія підвищеної температури 28 °С призводила до зменшення активності церулоплазміну в сироватці крові та вмісту гемоглобіну, підсиленню відновлювальних процесів в міокарді за даними ЕКГ.

При ізольованій дії МП 50 Гц проявляється специфіка впливу його різних рівнів. При цьому, дія малого рівня МП 50 (7 мкТл) призводила до уповільнення серцевого ритму ($P < 0,05$), спостерігалася тенденція до збільшення часу електричної систоли (QRS) і змін показників терморегуляції ($P < 0,1$). Подібні ефекти, але в більшій мірі за глибиною та спектром змін, викликала дія рівня 7000 мкТл ($P < 0,05$). Риси впливу, що були характерні для ізольованого впливу МП 50 Гц, певною мірою, проявлялися і при дії МП в комплексі з шумом і підвищеною температурою повітря.

Найбільш несприятливим рівнем, за спектром та глибиною змін, відповідно до значень довірчих коефіцієнтів, можливо вважати рівень магнітної індукції 7000 мкТл. Про патологічний характер наведених вище змін свідчать дані щодо стану показників через місяць відновлення після завершення експозицій (табл. 3.). При цьому, в кожній серії досліджень, за виключенням ізольованої дії шуму та підвищеної температури повітря, зберігаються значимі зміни показників. Найчастіше, це показники АОЗ/ПОЛ (67% серій), системи терморегуляції (58% серій), біоелектричної активності міокарда (33% серій).

Певну подібність впливів рівнів 7 мкТл і 7000 мкТл можливо пояснити на підставі поглядів П.В. Симонова (1962) щодо трьох фаз в реакціях цілісного організму на зростаючий стимул [22]. На його думку, при наростанні стимулу спочатку спостерігається фаза превентивного гальмування, потім збудження і потім позамежного гальмування. При цьому, дуже слабкі впливи не сприймаються за причини їх можливого фонового, «шумового» характеру і організм відповідає на них гальмуванням; надмірні впливи також не сприймаються адекватно тому, що порушують нормальну саморегуляцію організму і організм захищається від них охоронним гальмуванням. І тільки друга фаза – збудження, охоплює діапазон зовнішніх впливів, в якому здійснюється оптимальна і повноцінна взаємодія організму з зовнішнім середовищем. Можливість певної подібності ефектів малих та великих доз відмічається і в деяких настановах щодо проведення токсикологічних досліджень [23]. Carelli et al. (2002) висловлюють думку, що останнім часом виникає потреба «переглянути стратегію оцінки ризику для малих доз в галузі промислової гігієни» [24].

На підставі аналізу значень фізіологічних показників після 8-місячної експозиції фізичних факторів в різних сполученнях були визначені умовні схеми черговості достовірних змін цих показників в системах організму – за величиною довірчого коефіцієнта – t_P для ізольованої та комбінованої дії факторів: МП з рівнями 7,250, 7000 мкТл та цих рівнів на фоні шуму 80 дБА і підвищеної температури повітря 28 °С (табл. 4).

Як видно з таблиці 4, при ізольованій дії МП 7 мкТл найбільш достовірні зміни по відношенню до значень в контрольній групі тварин відзначаються в міокарді – збільшення R-R інтервалу ($t_P = 2,19$), на другому місці – зміни в системі АОЗ (зменшення активності ЦП – $t_P = 2,14$); на третьому місці – зміни в регуляції температурного балансу ($t_P = 2,11$), який контролюється нервовими центрами проміжного мозку та мозкового стовбура, що належать до структур ЦНС [25].

При дії МП 50 Гц з рівнем 250 мкТл найбільш достовірні зміни виникають в системі АОЗ – підвищення активності КТ ($t_P = 4,48$), на другому місці – зниження кількості гемоглобіну в крові ($t_P = 4,38$), на третьому – порушення терморегуляторних процесів ($t_P = 3,14$), на четвертому – збільшення часу проведення електричного збудження в передсердях ($t_P = 2,13$).

Спектр змін в фізіологічних системах організму при дії МП з рівнем 7000 мкТл нагадує дію рівня 7 мкТл, але з більшою глибиною і виразністю відхилень. Найбільші зміни реєструються в біоелектричній активності міокарда: зменшення амплітуди R-зубця ($t_P = 3,88$), збільшення часу електричної

Таблиця 2

Зміни біологічних показників після 8-ми місяців експозиції з розрахунком величин довірчого коефіцієнта – t_P

МП 50 Гц, мкТл	Системи організму (біологічні показники)	Додаткові фізичні фактори			
		МП 50 Гц	**+ Шум (80 дБА)**	**+ Температура (28 °С)**	**+ Шум +Температура**
0	Серцево-судинна (ЕКГ,ІІ від.)	-	↑ QT (2,13*)	↑ **QT(2,36)** ↑**T (2,24)**	--
	АОЗ, ПОЛ (МДА, ЦП)	-	↑ МДА(1,94)↑ **ЦП (2,57)**	↑МДА(1,94)↓ **ЦП(2,41)**	
	Терморегуляції	-	↑ **ΔTº (3,25)**	-	
	Рухова активність	-	↓ВРА(2,12)	-	
	М'язова витривалість	-	-	-	
	Гематологічні показники	-		↓**Hb(4,49)**	
7	Серцево-судинна (ЕКГ,ІІ від.)	↑ **R-R (2,19)** ↑QRS(1,95)	↑**R-R (3,13)** ↑**QRS(3,03)**	↑**R-R (2,62)**↑**QT(2,16)**	↑ R-R (2,07) ↑**QT(3,40)**
	АОЗ, ПОЛ (МДА, ЦП)	↓ЦП (2,14)	↑**СОД(3,21)**↑**КТ(4,48)** ↑**ЦП (5,93)**	↑**МДА(3,32)** ↓СОД(1,88)	↑МДА(1,96) ↓ **ЦП (3,30)**
	Терморегуляції	↑ΔTº (2,11)	↑**ΔTº (3,66)**	↑**ΔTº (2,67)**	↑ **ΔTº (2,36)**
	Рухова активність	-	-	-	↓ГРА(2,06)
	М'язова витривалість	-	↓**МВ(2,34)**	↓**МВ(2,41)**	↓**МВ(2,30)**
	Гематологічні показники	-	↓**Hb(3,17)**	-	-
250	Серцево-судинна (ЕКГ,ІІ від.)	↑ QT(2,13*)	↑QT(1,81)	↑**T (2,81)** ↑**QT(2,36)**	↑**QRS(3,43)** ↑ **QT(3,01)** ↑ R-R (1,86)
	АОЗ, ПОЛ (МДА, ЦП)	↑**КТ(4,48)**	↑СОД(2,01) ↑КТ(2,01) ↑ **ЦП (2,31)**	↑ **МДА(2,99)**	-
	Терморегуляції	↑**ΔTº (3,14)**	↑ **ΔTº (3,24)**	-	↑ **ΔTº (2,56)**
	Рухова активність	-	-	-	-
	М'язова витривалість	↓МВ(1,88)	-	↓МВ(1,94)	-
	Гематологічні показники	↓**Hb(4,38)**	↓**Hb(4,29)**	-	↓**Hb(3,92)**
7000	Серцево-судинна (ЕКГ,ІІ від.)	↑ **R-R (2,27)** ↓**R(3,88)** ↑**QRS(2,97)**	↑**QRS(3,67)**	↑ **R-R(2,54)** ↑**QT(2,53)**	↑ R-R (2,05) ↑**QRS(3,91)** ↑ **QT(3,29)**
	АОЗ, ПОЛ (МДА, КАТ, ЦП)	↑**КТ(3,31)**	↑ **ЦП (2,95)**	↑МДА(2,08)↓**ЦП (2,90)**	↑**МДА(2,92)**

Примітки.Тут і в табл. 3: – Значення довірчого коефіцієнта – t_P : ↑↓ – зміни мають характер тенденції (t > 1,76/1,86), ↑↓– зміни достовірні (t > 2,15/2,26)*

Таблиця 3

Показники функціонального стану організму щурів через 1 місяць відновлення з розрахунком величин довірчого коефіцієнта – t_P

МП 50 Гц, мкТл	Системи організму, (біологічні показники)	Додаткові фізичні фактори			
		МП 50 Гц	+ Шум (80дБА)	+ Температура(28°С)	+ Шум +Температура
0	Серцево-судинна (ЕКГ,II від.)	-	-	-	--
	АОЗ, ПОЛ (МДА, ЦП)	-	-	-	
	Терморегуляції	-	-	-	
	Рухова активність	-	-	-	
	М'язова витривалість	-	-	-	
	Гематологічні показники	-	-	-	
7	Серцево-судинна (ЕКГ, II від.)	**-**	**↑ R-R (2,48 *)**	-	**↑ R-R (2,51)**
	АОЗ, ПОЛ (МДА, ЦП)	-	**↑МДА (3,77) ↑СОД (2,98)** ↓ ЦП (1,92)	**-**	↓МДА (1,86)
	Терморегуляції	**↑ΔТ° (4,05)**	**-**	**-**	**↑ ΔТ° (5,01`)**
	Рухова активність	-	**-**	-	↓ГРА (2,19)
	М'язова витривалість	-	**-**	**-**	-
	Гематологічні показники	-	-	↑ Hb(2,23)	↑ Hb (2,00)
250	Серцево-судинна (ЕКГ,II від.)	-	-	-	**↑QRS (2,78)**
	АОЗ, ПОЛ (МДА, ЦП)	↑МДА(1,95)	**↓ МДА (3,05) ↓ЦП (2,34)**	**↓ МДА(2,76)**	**↓МДА (3,84)**
	Терморегуляції	**↑ΔТ° (2,27)**	**↑ ΔТ° (4,54)**	**↑ΔТ° (2,86)**	**↑ ΔТ° (4,47)**
	Рухова активність	-	↓ГРА (1,91)	-	-
	М'язова витривалість	-	-	-	-
	Гематологічні показники	**-**	↑Hb (2,18)	-	-
7000	Серцево-судинна (ЕКГ,II від.)	**-**	-	**-**	**↑QRS(2,27)**
	АОЗ, ПОЛ (МДА, КАТ, ЦП)	↑МДА(1,82)	**↑ СОД (2,35)**	↑КТ (2,14)	-
	Терморегуляції	**↑ ΔТ° (4,84)**	**-**	-	**-**
	Рухова активність	-	**↓ГРА(2,23)**	-	-
	М'язова витривалість	↓МВ(2,19)	-	-	**↓МВ(2,81)**
	Гематологічні показники	**-**	**-**	-	-

Таблиця 4

Достовірність змін біологічних показників в окремих фізіологічних системах і органах (за величиною довірчого коефіцієнта – t_P)

Комбінація факторів, що діяли	Рангове місце за величиною довірчого коефіцієнту (t_P)			
	1.	2.	3.	4.
МП 7 мкТл	Міокард (t_P = **2,19**)	АОЗ (t_P = 2,14)	ЦНС (t_P = 2,11)	-
МП 250 мкТл	АОЗ (t_P = **4,48**)	Гематологічні показники (t_P = **4,38**)	ЦНС (t_P = **3,14**)	Міокард (t_P = 2,13)
МП 7000 мкТл	Міокард (t_P = **3,38**)	АОЗ (t_P **3,31**)	ЦНС (t_P **2,96**)	Гематологічні показники (t_P = **2,38**)
Шум 80 ДБА	ЦНС (t_P = **3,25**)	АОЗ (t_P = **2,57**)	Міокард (t_P = 2,13)	-
Т-ра +28 °С	Гематологічні показники (t_P = **3,92**)	АОЗ (t_P = **2,41**)	Міокард (t_P = **2,36**)	-
7 мкТл+80 дБА+28 °С	Міокард (t_P = **3,40**)	АОЗ (t_P = **3,30**)	ЦНС (t_P = **2,36**)	Нервово-м'язовий апарат (t_P = **2,30**)
250 мкТл+80 дБА+28 °С	Гематологічні показники (t_P = **3,92**)	Міокард (t_P = **3,43**)	ЦНС (t_P = **2,56**)	-
7000 мкТл+80 дБА+28 °С	Міокард (t_P = **3,91**)	АОЗ (t_P = **2,92**)	ЦНС (t_P = **2,50**)	Нервово-м'язовий апарат (t_P = 1,93)

систоли QRS (t_P = 2,97), уповільнення частоти серцевих скорочень (t_P = 2,27). На другому місці – зміни показника системи АОЗ – збільшення активності КТ (t_P = 3,31). На третьому місці – зміни в системі терморегуляції, що пов'язана з функціонуванням відповідних нервових центрів в ЦНС (t_P = 2,94). Зменшення м'язової витривалості та вмісту гемоглобіну в крові носить характер слабкої тенденції (t_P = 1,89–1,88) і тому не долучені до схеми впливу факторів.

При ізольованій дії шуму 80 дБА послідовність достовірних змін в фізіологічних системах організму за величиною довірчого коефіцієнта є такою: ЦНС > системи ПОЛ/АОЗ > міокард, що підтверджує дані літератури про переважний вплив шуму на структури ЦНС і процеси, що регулюються нею [26–28].

При ізольованій дії підвищеної температури 28 °С найбільші зміни спостерігали серед гематологічних показників – зменшення вмісту гемоглобіну (t_P = 4,49), зменшення активності ферменту ЦП (t_P = 2,41), збільшення інтервалу QT (t_P = 2,36) та підсилення обмінних процесів в міокарді, що проявлялося в збільшенні амплітуди зубця Т (t_P = 2,24). Спектр функціональних змін в організмі, характерний для нагрівального мікроклімату, в основному, відповідає даним літератури [29–31].

Результати аналізу ефектів комбінованого впливу одразу всіх трьох факторів свідчать про те, що подібність впливу рівнів МП 7 і 7000 мкТл зберігається навіть за умов їх дії на фоні шуму 80 дБА і температури повітря 28 °С. Ця черговість, в основному, відображає спектр змін, характерний для ізольованої дії МП 50 Гц, що дає підстави вважати цей чинник визначальним в даній експозиції факторів.

В спектрі реакцій на комбіновану дію МП 50 Гц з рівнем 250 мкТл, шуму 80 дБА та температури повітря 28 °С, проглядаються, в першу чергу, ознаки теплового впливу, при якому найбільш значимими виявляються зміни гематологічних показників (t_P = 3,92).

Таким чином, при комбінованій дії фізичних факторів в даному діапазоні інтенсивності і тривалості експозиції, за спектром глибини і послідовності змін можливо окреслити домінуючий фактор. Особливу увагу, на нашу думку, потрібно приділити реакціям міокарда і АОЗ/ПОЛ, коли в комплексі факторів на організм діють малі (7 мкТл) і великі (7000 мкТл) рівні МП промислової частоти.

Одержані дані, підтверджують погляди А.С. Пресмана (1968) щодо здійснення захисту організму від впливу ЕМП за допомогою двох систем – «пасивної» та «активної» [32]. Перша – швидко реагуюча периферична система, яка має певні частотні та амплітудні фільтри і реагує, в першу чергу, на інтенсивність подразнення. У випадку, коли ця система не надає належного захисту, в дію вступає «активний» захист – регулювання фізіологічних

процесів центральною нервовою системою з метою компенсації небажаного впливу на організм. На нашу думку, до структур системи першого ешелону рецепції і захисту від впливу МП можуть бути віднесені система АОЗ/ПОЛ і система кровообігу, складовою частиною якої є міокард. В системі «активного» захисту, в якій головне місце посідає центральна нервова система, зміни фізіологічних показників виражені в меншій мірі ніж в периферичних структурах. Фактори іншої фізичної природи, наприклад, шум, що можуть активно впливати на функціональний стан ЦНС через відповідні рецепторні структури, певним чином модифікують інтегральну відповідь організму на дію МП.

В наших дослідження комбінована дія нормативних рівнів шуму 80 дБА і температури 28 °С не призводила до значної модифікації загальної відповіді організму на одночасний вплив МП 50 Гц, особливо, з рівнями 250 і 7000 мкТл.. Але при комбінованій дії двох чинників, особливо, шуму і малого рівня МП 7 мкТл, в міокарді помітні ефекти синергізму – за показниками R-R інтервалу та QRS (див. табл. 2).

Як ілюстрація висловленого вище може бути узагальнена умовна схема комбінованого впливу факторів на системи організму (рисунок). На цьому рисунку показано ланки рецепції дії факторів і, за принципом оцінки глибини змін показників (за довірчим коефіцієнтом), представлено взаємовідношення систем в організмі, в яких зареєстровані достовірні зміни. Як видно з рисунка, рецепція впливу МП 50 Гц проявляється, переважно, на рівні структур міокарда (для 7 і 7000 мкТл) та ферментів АОЗ (для МП 250 мкТл). Центральна нервова система, на функціональний стан якої можуть помітно впливати – через відповідні рецепторні структури – шум та температура повітря, активно включається в загальне кільце відповідних реакцій організму.

Висновки

1. При комбінованій дії електромагнітного поля промислової частоти, шуму та підвищеної температури повітря має місце широка варіабельність біологічних ефектів як за виражальністю, так і за направленістю реакцій організму в залежності від інтенсивності та характеру впливу цих факторів.
2. Особливостями біологічної дії фізичних чинників є їх політропність у сполученні з вибірковістю, котра за силою впливу на окремі фізіологічні системи організму і окремі органи може бути визначена у такій послідовності:
   - для магнітного поля 50 Гц рівнями 7 і 7000 мкТл – міокард, системи ПОЛ/АОЗ, ЦНС;
   - для МП 50 Гц з рівнем 250 мкТл – системи ПОЛ/АОЗ, клітинна система крові, ЦНС, міокард;
   - для шуму – ЦНС, системи ПОЛ/АОЗ, міокард;
   - для мікроклімату (підвищена температура повітря) – гематологічні показники, системи ПОЛ/АОЗ, міокард.

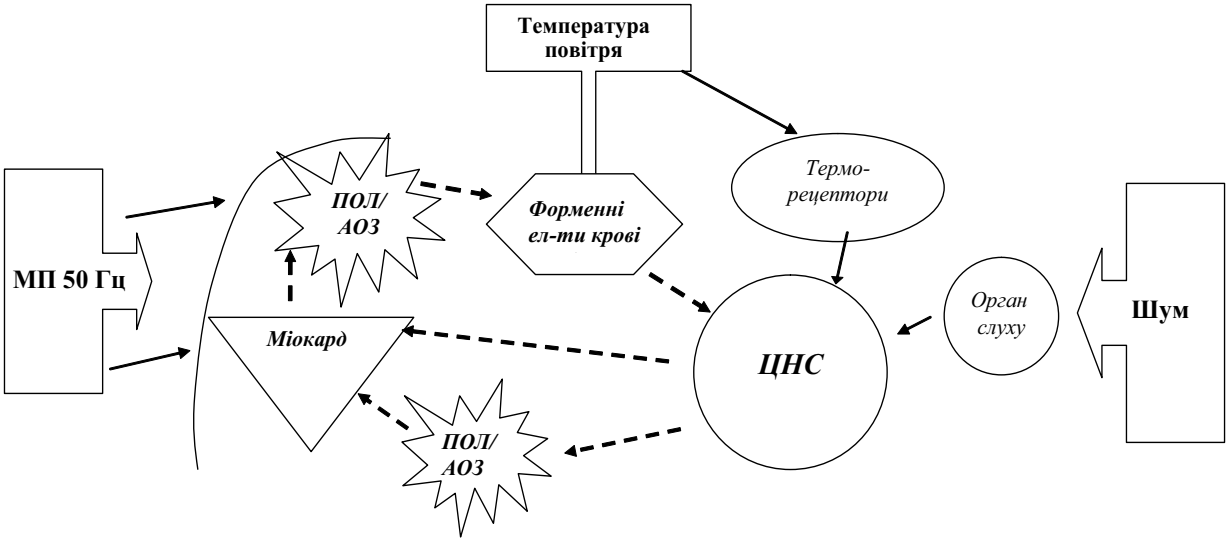

Рисунок. *Узагальнена схема комбінованого впливу магнітного поля 50 Гц, підвищеної температури повітря та шуму на організм білих щурів.*

3. Біологічна інтеграція комбінованого впливу фізичних чинників різної енергетичної природи може здійснюватися на різних ієрархічних рівнях структурно-функціональної організації організму, проте універсальною ланкою взаємодії цих впливів слугують системи антиоксидантного захисту і перекисного окислення ліпідів, ЦНС.
4. За направленістю біологічних реакцій (уповільнення серцевого ритму, збільшення кількості лейкоцитів, зниження вмісту гемоглобіну в крові, порушення функції терморегуляції) встановлена подібність біологічної дії МП 50 Гц малих (7 мкТл) і великих (7000 мкТл) рівнів, що визначає актуальність проблеми «малих впливів» стосовно дії електромагнітних полів на біологічні об'єкти.
5. Несприятлива дія на організм порівняно невеликих (≈ 0,001 ГДР) рівнів ЕМП 50 Гц потребує розробки відповідних методичних підходів до гігієнічного регламентування впливу цього чинника на певних виробництвах при його тривалій експозиції, особливо, у сполученні з шумом та мікрокліматом (комп'ютерні технології, швейне виробництво, цифровий зв'язок, інше).

Література

1. 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.

2. 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.

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

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

5. Трахтенберг И.М. Проблема токсических воздействий малой интенсивности – дань творческому романтизму прошлого или необходимость, диктуема реалиями настоящего // Токсикологический вестник.– 1997.– № 1.– С. 6–11.

6. Трахтенберг И.М., Тычинин В.А. К общебиологическим представлениям об адаптации, компенсации и привыкании в современной профилактической токсикологии // Гигиена и санитария.– 1977.– № 1.– С.66–69.

7. Трахтенберг И.М. Проблемы нормы и критериев оценки воздействия на организм факторов производственной среды // Гигиена труда и профессиональные заболевания.– 1980.– № 6.– С. 38–42.

8. Trimmel M., Schwaiger E. Effects af an ELF (50 Hz, 1mt) electromagnetic field (EMF) on concentration in visial attantion, perception and memory including effects of EMF sensitivity // Toxicol. Lett.– 1998.– Aug 96–97.– P. 377–382.

9. Weaver J.C., Vaughan T.E. Biological effects due to weak electric, and magnetic fields: The temperature variation threshold // Biophys. J.– 1999.– V. 76.– P. 3026–3030.

10. Сердюк А.М. Взаимодействие организма с электромагнитными полями как с фактором окружающей среды.– К.:Наук.дум,1977.– 226 с.

11. Koyama S., Nakahara T. ELF electromagnetic fields increase hydrogen peroxide (H_2O_2)-induced mutations in pTN89 plasmids // Mut. Res.– 2004.– V.560.– P. 27–32.

12. Frazier * M. E., Reese J. A. , Morris J. E., Jostes R. F., Miller D. L.: Exposure of mammalian cells to 60-Hz magnetic or electric fields: analysis of DNA repair of induced, single-strand breaks // Bioelectromag.– 1990.– V. 11.– P. 229–234.

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

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

15. Видимски И., Вишек В., Андел М. и др.. Превентивная кардиология (Пер.с чешск.)-К.: Здоров'я, 1986.– 392 с.

16. Иванов К.П. Основы энергетики организма. Теоретические и практические аспекты. Общая энергетика, теплообмен и терморегуляция (Т.1)-Л.:Наука,1990.– 304 с.

17. McCord J.M., Fridovich I. Superoxide dismutase: an enzymic function for erythrocuprein (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. 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.

20. Таткеев Т.А., Аманжол И.А., Жарылкасын Ж.Ж., Отаров Е.Ж., Мусин Е.М. Биохимические и физиологические показатели у экспериментальных животных под воздействием комплекса производственных факторов // Мед.труда и пром.экология.– 2006.– № 4.– С. 41.– 43.

21. Шандала М.Г., Антомонов М.Ю. Использование статистических оценок при построении дозоэффективных зависимостей и определения порогов действия факторов // Гигиена и санитария.– 1986.– № 7.– С. 26–28.

22. Симонов П.В. Три фазы в реакциях организма на возрастающий стимул.– М.: Изд-во АМН СССР.– 1962.– 264 с.

23. Guideline for Industry Dose-Response Information to Support Drug Registration // Federal Register.– 1994.– V. 59.– № 216.– P. 55972–55976.

24. Carelli G., Iavicoli I., Nicol, Castellino N. Hormesis and industrial hygiene: a new hypothesis for low-dose response in occupational risk assessment // Proc.Sci.Conf. on NON-LINEAR DOSE-RESPONSE RELATIONSHIPS IN BIOLOGY, TOXICOLOGY AND MEDICINE, June 11–13, 2002.– Univers. of Massachusetts Amherst, MA 01003.– 2002.– P.14–16 // www.belleonline.com

25. Шахбазян Г.Х., Шлейфман Ф.М. Гигиена производственного микроклимата.– К.:Здоров'я, 1977.– 134 с.

26. Измеров Н.Ф., Суворов Г.А. и др. Шум / Физические факторы: эколого-гигиеническая оценка(Руководство).Гл.16.– М.: Мед,1999.– С. 6–138.

27. Профессиональный риск. Справочник. Под ред. Академика РАМН Измерова Н.Ф. и Денисова.Э.И.– М.: Социздат, 2001.– 267 с.

28. Суворов Г.А., Шкаринов Л.Н., Денисов Е.И. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций.– М.: Мед, 1984.– 187 с.

29. Шлейфман Ф.М., Карнаух Н.Г. Влияние нагревающего микроклимата на здоровье работающих // Врачебное дело.– 1986.– № 4.– С. 91–95.

30. Шлейфман Ф.М., Ташкер. Лащук А.А. Биологический и кардиопульмональный возраст работающих в условиях нагревающего микроклимата // Гигиенические основы профилактики неблагоприятного воздействия производственного микроклимата на организм человека.– М., 1992.– Вып. 43.– С. 38–44.

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

32. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа.– М.:Наука,1968.– 288 с.

Назаренко В.И.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ 50 ГЦ, ШУМА И ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ ЭКСПОЗИЦИИ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ)

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

Проведены экспериментальные исследования хронического (8 месяцев) воздействия физических факторов разной энергетической природы на организм белых крыс: магнитного поля (МП) 50 Гц с уровнями 7, 250 и 7000 мкТл, белого шума (80 дБА) и повышенной температуры воздуха (28 °С) в разных сочетаниях. Установлено, что особенностью биологического действия физических факторов является их политропность в сочетании с избирательностью, которая по силе воздействия на отдельные физиологические системы организма и его органы может быть определена в такой последовательности: для МП 50 Гц с уровнями 7 и 7000 мкТл – миокард, система перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты (ПОЛ/АОЗ), ЦНС; для МП 50 Гц с уровнем 250 мкТл – системы ПОЛ/АОЗ, клеточная система крови, ЦНС, миокард,; для шума – ЦНС, системы ПОЛ/АОЗ, миокард; для повышенной температуры воздуха – клеточная система крови, система ПОЛ/АОЗ, миокард. На основании проведенных исследований выдвинуто предположение о том, что биологическая интеграция комбинированного действия факторов может осуществляться на разных иерархических уровнях структурно-функциональной организации организма, однако, универсальным звеном взаимодействия этих влияний служат системы ПОЛ/АОЗ и ЦНС. По направленности функциональных изменений (замедление сердечного ритма, увеличение количества лейкоцитов, снижение содержания гемоглобина в крови, нарушения функции терморегуляции) установлено подобие биологического действия МП 50 Гц с уровнями 7 и 7000 мкТл, что определяет актуальность проблемы «малых уровней» в отношении влияния МП промышленной частоты на биологические объекты. Неблагоприятное воздействие на организм малых уровней МП 50 Гц требует разработки соответствующих методических подходов к гигиеническому регламентированию воздействия этого фактора, особенно, при условии его длительной экспозиции в сочетании с шумом и микроклиматом.

Ключевые слова: комбинированное действие, хроническая экспозиция. магнитное поле 50 Гц, шум, микроклимат, малые уровни

Nazarenko V.I.

BIOLOGICAL EFFECTS OF THE COMBINED ACTION OF THE MAGNETIC FIELD 50 Hz, NOISE AND MICROCLIMATE UNDER CHRONIC EXPOSURE (EXPERIMENTAL STUDIES)

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

The studies of the chronic (8 months) exposure of physical factors of different energetic nature: the magnetic field (MF) 50 Hz of 7, 250 and 7000 mkT levels of white noise (80 dBA) and high air temperature (28? C) in different combinations were conducted on white rats in experimental conditions. It was established that the peculiarity of the biological action of physical factors is their polytropicity in combination with their selectivity, which by the strength of their effect on selected physiological body systems, can be defined in such sequence: for MF 50 Hz – blood circulation systemt, the system of lipid peroxidation and antioxidant protection (POL/AOP), central nerves system (CNS); for noise – CNS, the system of POL/AOP, blood circulation system; for high air temperature – haematological indices, blood circulation system, POL/AOP. Basing on the conducted studies it was supposed that biological integration of the combined action of factors can be developed at different hierarchical levels of the structural functional organization of the body; however, a universal link of such interaction of these effects are CNS and POL/AOP systems. By the trends of the functional changes (slowing of the heart rhythm, increase in the leucocytes number, decrease of haemoglobin contents in blood, disorders of the thermoregulation function) it was established the similarity of the biological action of MF 50 Hz with 7 mkT and 7000 mkT levels, pointing to the actuality of the problem of «low levels» concerning the effect of electromagnetic fields of industrial frequency on biological subjects. The unfavourable effect of low levels of MF 50 Hz on the body requires the development of the appropriate methodical approaches to hygienic regulation of this factor, especially, in respect of its long-term exposure in combination with noise and high air temperature.

Key words: combined action,, magnetic field 50 Hz, noise, high temperature, air, low levels, chronic exposure

Надійшла: 28.07.08

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