

Н.А.Темур'янц, О.М.Чуян, Н.П.Верко, О.Б.Московчук,
О.М.Туманянц, О.Ю.Шишко, В.А.Мінько, Е.Е.Куртсеїтова

Зміни реакції організму щурів на гіпокінезію при дії електромагнітного випромінювання надто високих частот

Изучено влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высоких частот (ЭМИ КВЧ) на развитие гипокинетического стресса. Показано, что как при превентивном, так и комбинированном с гипокинезией воздействии на крыс ЭМИ КВЧ типичной для ограничения подвижности стресс-реакции не развивается. Адаптация, развивающаяся в этих случаях, характеризуется более низким уровнем тревожности, возбудимости центральной нервной системы, более высоким уровнем неспецифической резистентности, чем при стресс-реакции. Установлено, что ЭМИ КВЧ модифицирует адаптационные процессы, результатом чего является развитие адаптационной реакции активации, а не стресса.

ВСТУП

Нині відомо багато чинників різної природи, здатних несприятливо впливати на організм людини і тварин. Для зниження ризику розвитку негативних наслідків їх дії необхідно розробити способи підвищення імунного статусу, неспецифічної резистентності організму, що є інтегральним показником ефективності адаптації [1]. Неспецифічну резистентність можна підвищити ініціюванням нехарактерних адаптаційних реакцій організму різного типу. Численні фармакологічні препарати часто мають побічну дію, вибір оптимального дозування також ускладнений. Цих недоліків не має електромагнітне випромінювання (ЕМВ) надто високих частот (НВЧ).

Доведено, що вплив на організм низькоінтенсивного ЕМВ (зі щільністю потоку потужності менше ніж 10 мВт/см²) є інформаційним, а не тепловим. Інформаційні взаємодії характеризуються перетворенням інформації, її передачею, кодуванням і збе-

ріганням. Біологічні ефекти, зумовлені цими взаємодіями, залежать уже не від величини енергії, а від інформації, що потрапляє до тієї чи іншої системи, причому така інформація може нагромаджуватися в системі при багаторазовому повторенні слабких сигналів [2]. На сучасному етапі вивчення біологічної ефективності ЕМВ НВЧ нетеплової інтенсивності характеризується великим обсягом теоретичних, експериментальних і клінічних досліджень, широким застосуванням різноманітних генераторів ЕМВ НВЧ [3,4]. Однак ще не вдалося сформулювати несуперечливу загальну концепцію механізму впливу ЕМВ НВЧ на організм. Відомо, що неспецифічною основою соматичних і психічних хвороб, для лікування яких використовується НВЧ-терапія, є розвиток стрес-реакції.

Метою нашого дослідження стало вивчення здатності ЕМВ НВЧ лімітувати розвиток стрес-реакції.

МЕТОДИКА

Для виявлення здатності ЕМВ НВЧ обмежувати розвиток стрес-реакції було проведено серію експериментів на самцях білих безпорідних щурів. Стрес-реакцію моделювали обмеженням рухливості (гіпокінезія) [5]. Здатність ЕМВ НВЧ обмежувати розвиток стресу вивчали у двох варіантах: 1 – превентивний вплив ЕМВ НВЧ перед дією стрес-чинника; 2 – одночасний вплив ЕМВ НВЧ і стрес-чинника (рис. 1).

Для експериментів відбирали тварин однакового віку і маси, із середнім рівнем рухомої активності і низькою емоційністю, що визначаються в тесті “відкритого поля” [6]. Таким чином, були відібрані тварини з однаковими конституціональними особливостями, які однаково реагували на дію різних чинників [7]. Усіх тварин поділили на 4 групи по 10 – 12 тварин у кожній. Тварини I групи знаходилися за звичайних умов віварію (контроль). Тварин II групи щодобово піддавали впливу ЕМВ НВЧ за допомогою терапевтичного генератора “Промінь. РА-МЕД-ЕКСПЕРТ 01” із довжиною хвилі 7,1 мм і щільністю потоку потужності 0,1 мВт/см². Вплив здійснювався щодня в один і той самий (ранковий) час по 30 хв на потиличну ділянку протягом 9 діб. Після 9-добового впливу ЕМВ НВЧ цих тварин висаджували в спеціально сконструйовані пенали з оргскла, які забезпечували істотне обмеження рухливості у всіх напрямках. Слід зазначити, що ця експериментальна модель дозволила створити однакову міру “жорсткості” гіпокінезії для всіх тварин. Це є необхідною умовою для отримання порівняльних результатів. У описаних пеналах дослідні тварини знаходилися протягом подальших 9 діб по 20 год. Третю групу склали щури, яких висаджували в пенали одночасно з тваринами II групи, але вони заздалегідь не “опромінювалися” ЕМВ НВЧ, а знаходилися у віварії. Четверту групу складали тварини, яких також висаджували

в описані пенали разом з щурами II і III груп, але вони зазнавали впливу ЕМВ НВЧ.

Згідно з сучасними уявленнями, інтегральним показником ефективності адаптаційних процесів є неспецифічна резистентність, яку адекватно характеризує функціональний стан нейтрофілів і лімфоцитів крові, що визначається цитохімічними методами.

Досліджували бактеріцидні системи: пероксидаза, катіонні білки, гідролітичні ферменти (кисла фосфатаза – КФ і протеаза – ПР), а також вміст ліпідів у нейтрофілах. Кількісну оцінку показників проводили відповідно до принципу Карлов [16]. Середню активність окисно-відновних ферментів (сукцинат- і α -гліцерофосфатдегідрогеназа – СДГ і α -ГФДГ) визначали в лімфоцитах і нейтрофілах крові за методом Нарцисова [9]. Крім того, в мазках крові, забарвлених за Романовським-Гимзою вивчали лейкоцитарну формулу.

Кров для дослідження брали з хвостової вени до експериментального впливу (фон) і на 3, 5, 9, 10, 12, 15, 18-ту добу експерименту.

Поведінкову адаптацію тварин досліджували щодня за умов “відкритого поля”. Протягом 2 хв реєстрували наступні показники: горизонтальну рухову активність (ГРА), вертикальну рухову активність (ВРА; число підйомів на задні лапи), частоту дефекацій і уринацій (число фекальних болюсів і виділень сечі). Прийнято вважати, що реакція дефекації за умов “відкритого поля” відображає в основному емоційність тварини, а локомоторні реакції – його рухову і дослідницьку активність [6].

Обробку й аналіз результатів проводили за допомогою параметричних методів. Як критерій оцінки достовірності змін, що спостерігалися, був використаний критерій t Стьюдента. Обробку результатів проводили за стандартними статистичними програмами.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати досліджень свідчать про те, що 9-добова гіпокінезія призводить до зниження цитохімічних показників вмісту пероксидази, катіонних білків, ліпідів і до підвищення КФ, ПР у нейтрофілах, зменшення середньої активності СДГ і α -ГФДГ у нейтрофілах і лімфоцитах крові щурів відносно початкового рівня та значень відповідних показників у контрольній групі тварин. Різностямована перебудова бактерицидних систем і гідролітичного ферменту ("сукупний показник") є несприятливою ознакою, котра розцінюється як пригнічення природних захисних сил клітини й організму загалом [10] (таблиця, рис. 1).

З боку морфологічного складу крові виявлено еозінопенію, нейтрофіліоз і лімфопенію, що вказує на розвиток стрес-реакції.

Зміни поведінки на перших етапах адаптації до дії різних чинників є інтегральним показником характеру відповіді на вплив. У тварин з обмеженою рухливістю виявлено збільшення ГРА, ВРА відносно показників

контрольної групи тварин протягом усіх термінів спостереження.

Важливим чинником, що сприяє повному пристосуванню тварин до зовнішніх умов, є емоції [12]. Встановлено, що під впливом обмеження рухливості змінюється емоційний стан тварин. Виявлено (рис.2) достовірне в 2 – 3 рази збільшення дефекацій і уринацій порівняно з контрольними тваринами, що в поєднанні з підвищенням рівня локомоції можна розцінити як вияв емоційної реакції тривожності [12].

Такі зміни показників системи крові та поведінкових реакцій свідчать про зниження неспецифічної резистентності та збільшення збудливості центральної нервової системи (ЦНС), характерні для першої стадії гіпокінетичного стресу [12].

Результати дослідження впливу НВЧ-випромінювання на тваринах II групи виявили збільшення цитохімічних показників вмісту бактерицидних і гідролітичних систем у нейтрофілах відносно початкового і відповідних значень у контрольній групі тварин, що свідчить про посилення функ-

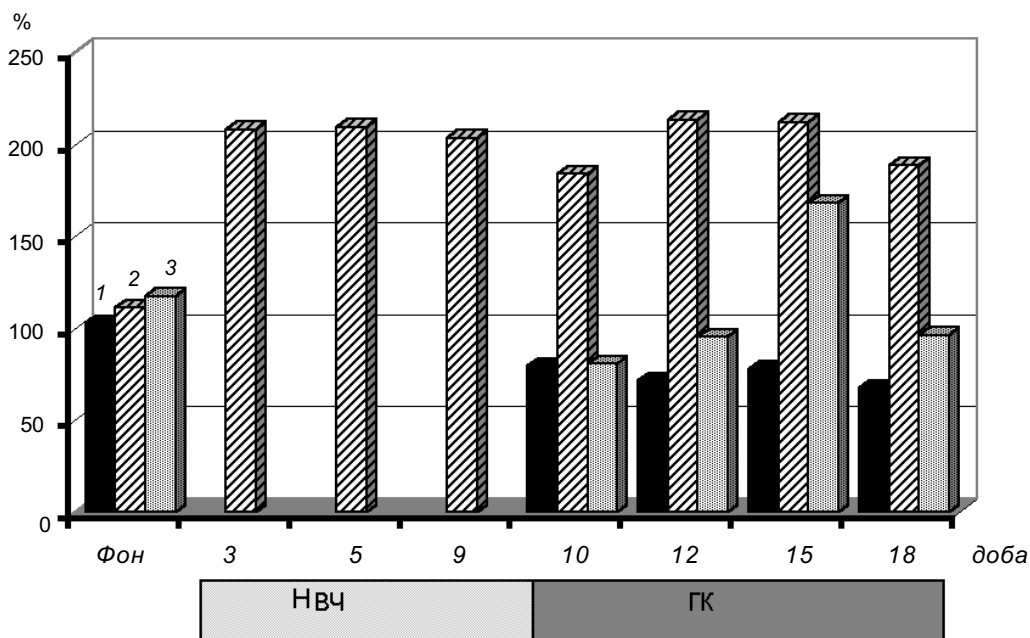


Рис. 1. Зміна середньої активності α -гліцерофосфатдегідрогенази у нейтрофілах крові щурів при різних впливах (у відсотках відносно значень контрольної групи): 1 – гіпокінезія, 2 – послідовний вплив випромінювання та гіпокінезії, 3 – комбінований вплив випромінювання та гіпокінезії.

Зміна цитохімічного показника вмісту кислій фосфатази у нейтрофілах крові щурів при різних впливах

Схема досліджу	Вихідний стан	3-тя доба	5-та доба	9-та доба	10-та доба	12-та доба	15-та доба	18-та доба
Контроль (I група)	177,13±1,41	180,38±1,25	177,09±1,31	178,46±1,40	174,46±1,47	178,62±1,62	180,54±1,71	175,28±1,47
Гіпокінезія (II група)	177,68±1,65				196,91±1,00 P _I <0,001	168,45±1,07 P _I <0,001	178,53±1,26	203,35±1,44 P _I <0,001
Послідовний вплив випромінювання та гіпокінезія (III група)	174,78±0,30	185,83±1,15 P _I <0,01	180,61±0,48 P _I <0,02	199,95±1,08 P _I <0,001	194,20±2,60 P _I <0,001	195,28±1,16 P _I <0,001 P _{II} <0,001	189,58±1,14 P _I <0,01 P _{II} <0,001	200,50±1,51 P _I <0,001
Комбінований вплив випромінювання та гіпокінезії (IV група)	176,25±0,97				186,11±0,80 P _I <0,001 P _{II} <0,001 P _{III} <0,01	188,02±2,14 P _I <0,001 P _{II} <0,001 P _{III} <0,01	184,55±1,91 P _{II} <0,05 P _{III} <0,05	186,83±1,82 P _I <0,001 P _{II} <0,001 P _{III} <0,001

ціональної активності нейтрофілів, сприяє підвищенню рівня фізіологічного захисту та резистентності організму загалом (рис.3).

Цей висновок підтверджує і зміна дегідрогеназної активності лейкоцитів. Так, спостерігалось значне збільшення середньої активності СДГ і α -ГФДГ у лімфоцитах і нейтрофілах крові, що свідчить про активацію як аеробного, так і анаеробного метаболізму.

Оцінка ефективності адаптації за морфологічним складом крові, яка визначалася за відносним збільшенням числа еозинофілів, зниженням нейтрофілів і збільшенням відношення лімфоцити/сегментоядерні нейтрофіли [2], показала, що за умов систематичного впливу ЕМВ НВЧ, уже після третього сеансу розвивається реакція активації.

Проведені дослідження дали змогу встановити, що в механізмах адаптації до дії слабого ЕМВ важливу роль відіграють зміни інтегративної діяльності мозку. Відомо, що важливе значення у формуванні та контролі реакцій організму на електромагнітний вплив має ЦНС [15].

При впливі ЕМВ НВЧ на інтактних тварин було виявлено симптоми, які дають змо-

гу говорити про тенденцію до підвищення збудливості ЦНС, про що свідчить деяке збільшення ГРА і ВРА в тесті "відкритого поля". Ці результати повністю узгоджуються з літературними даними, оскільки відомо, що активна резистентність реалізується завдяки високій функціональній активності захисних систем і переважання в мозку процесів збудження в межах норми [2].

Таким чином, під впливом ЕМВ НВЧ поведінкові реакції, захисні функції крові і, отже, неспецифічна резистентність організму стабілізувалися на новому, більш високому рівні. Отримані результати дозволяють засумніватися в правильності поширеної думки про те, що ЕМВ НВЧ може нормалізувати діяльність різних органів і систем, в тому числі і клітинних елементів крові, тільки при їх змінній активності, а здорові люди й інтактні тварини не сприйнятливі до цього виду випромінювання [1, 14].

Результати дослідження превентивної дії ЕМВ НВЧ переконливо свідчать про здатність ЕМВ цього діапазону перешкоджати розвитку гіпокінетичного стресу.

Наступне за НВЧ-впливом обмеження рухливості викликає у тварин II групи зміни

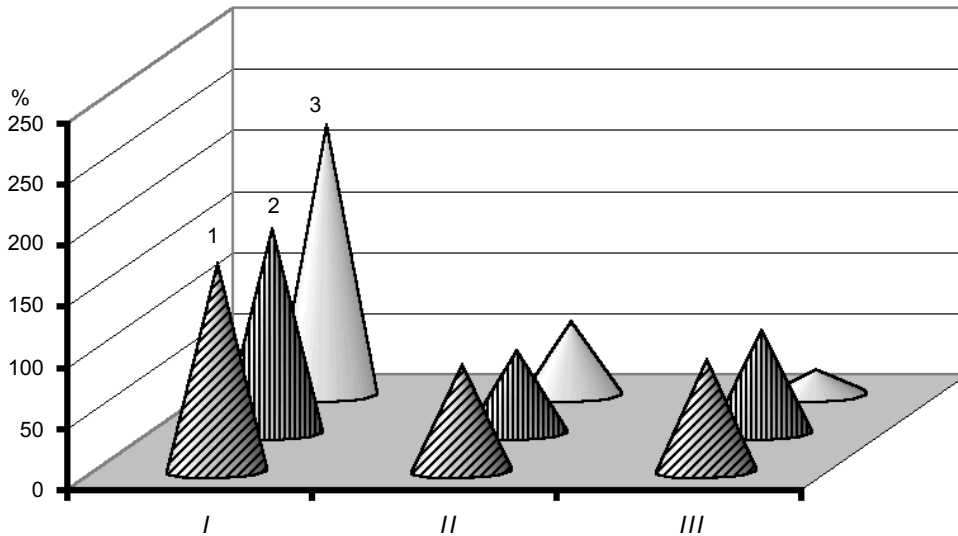


Рис.2. Зміна рухомої активності та дефекації у щурів на 9-ту добу обмеження рухливості (у відсотках відносно значень контрольної групи): 1 – горизонтальна, 2 – вертикальна, 3 – дефекація: I – гіпонінезія, II – послідовний вплив випромінювання та гіпокінезії, III – комбінований вплив випромінювання та гіпокінезії.

вивчених показників, які не є характерними для гіпокінетичного стресу. Так, цитохімічний показник вмісту пероксидази, катіонних білків, ліпідів, середня активність СДГ і

α -ГФДГ при обмеженні рухливості щурів цієї групи мають тенденцію до зниження відносно рівня, досягнутого після курсу НВЧ-терапії. Однак вони залишаються достовірно

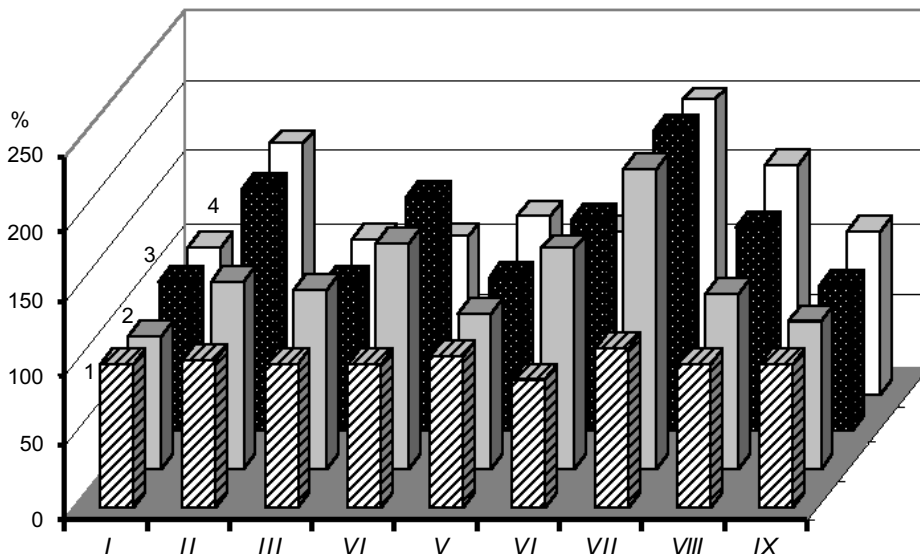


Рис.3. Динаміка цитохімічних показників у лімфоцитах і нейтрофілах крові щурів при впливі електромагнітного випромінювання надто низьких частот (у відсотках відносно значень контрольної групи): I – пероксидаза, II – ліпіди, III – катіонні білки, IV і V в нейтрофілах і лімфоцитах відповідно, VI, VII – гліцерофосфатдегідрогеназа в лімфоцитах і нейтрофілах відповідно, VII – протеаза, VIII – кисла фосфатаза; 1 – вихідний стан, 2 – 3-тя доба, 3 – 5-та доба, 4 – 9-та доба.

вищими від контрольних значень і набагато перевищують рівень відповідних показників у щурів, що знаходяться за умов гіпокінезії, і які заздалегідь не зазнавали впливу міліметрових хвиль (див.таблицю, рис.2). У всі терміни спостереження у тварин цієї групи показники лейкоцитарної формули достовірно ($P < 0,01$) відрізнялися від описаних раніше змін у тварин з обмеженою рухливістю та відповідали верхній половині “зони норми”, що свідчить про розвиток іншого типу НАРО – реакції активації.

Таким чином, у щурів цієї групи стрес-реакція на обмеження рухливості не розвивається. Цей висновок підтверджується результатами дослідження поведінкових реакцій. Порівняно зі щурами з обмеженою рухливістю у тварин, що зазнавали послідовної дії НВЧ і гіпокінезії, виявлено значно менш виражене підвищення ГРА і ВРА за умов “відкритого поля”. Це свідчить про здатність НВЧ посилювати процеси гальмування та знижувати збудливість ЦНС, що є однією з умов підвищення стійкості до стресу.

Як показали результати проведеного дослідження, ЕМВ НВЧ коригує і порушення емоційної сфери, що супроводжують обмеження рухливості: рівень тривожності, що розвивається при гіпокінезії під впливом ЕМВ НВЧ, значно знижувався.

Нині висока тривожність розглядається як одна з головних причин низької стійкості до стресу [12]. Тому зниження тривожності у тварин з обмеженою рухливістю за допомогою превентивної дії ЕМВ НВЧ слід визнати важливим чинником його антистресорної дії.

При комбінованому з гіпокінезією впливі ЕМВ НВЧ у щурів IV групи також виявлено лімітування розвитку гіпокінетичного стресу, що виявляється в зниженні збудливості ЦНС, зменшенні тривожності та підвищенні неспецифічної резистентності порівняно зі значеннями у тварин, що знаходилися за умов гіпокінезії і не зазнавали дії ЕМВ НВЧ (див.таблицю). Причому

ефективність антистресорної дії ЕМВ НВЧ при превентивному застосуванні виявилася трохи вищою, ніж при комбінованому з гіпокінезією, а антистресорні реакції розвивалися в більш ранні терміни.

Таким чином, ЕМВ НВЧ лімітує розвиток гіпокінетичного стресу як при попередньому, так і одночасному впливі зі стресчинником завдяки зміні функціонального стану ЦНС, підвищенню функціональної активності клітин крові, розвитку НАРО активації. Ініціювання реакції активації використовуються з метою оздоровлення й активної профілактики. Заходи з використанням для цієї мети антистресорних реакцій отримали назву “активаційної терапії”. Тому ЕМВ НВЧ можна вважати засобом активаційної профілактики й активаційного оздоровлення.

Ці результати дозволяють розширити застосування і підвищити ефективність НВЧ-терапії не тільки для лікування, але і для профілактики багатьох захворювань, оскільки розвиток будь-якого захворювання супроводжується комплексом неспецифічних симптомів, зумовлених розвитком загального адаптаційного синдрому або стрес-реакції.

**N.A. Temuryants, E.N. Chuyan, N.P. Verko,
O.B. Moskovchuk, E.N. Tumanyants, E.N. Shishko,
V.A. Minko, E.E. Kurtseitova**

LIMITATION OF HYPOKINETIC STRESS BY ELECTROMAGNETIC FIELDS OF LOW INTENSITY

The effects of low intensity electromagnetic fields (EMF) on the hypokinetic stress were studied on rats. It has been shown that exposure to EMF, combined with hypokinesia or without it, prevented the typical stress reaction on the limited motility. EMF was determined to modify the adaptive processes which resulted in the adaptive activation and limiting stress reaction. Adaptation was characterized with lower anxiety and excitability of the central nervous system, and a higher level of non-specific resistance, as compared to the stress reaction.

Tavritcheskiy University by V.I. Vernadsky, Sympheropol

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бецкий О. В., Голант М.Б., Девятков Н.Д. Миллиметровые волны в биологии. – М.: Знание, 1988. – 14 с.

2. Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Кузьменко Т.С. Антистрессорные реакции и активационная терапия. – М.: Имедис, 1998. – 656 с.
3. Коваленко Е.А., Гуровский Н.Н. Гипокинезия. – М.: Медицина, 1980. – 320 с.
4. Кулагин Д.А., Болондинский В.К. Нейрохимические аспекты эмоциональной реактивности и двигательной активности крыс в новой обстановке // Усп. физиол. наук. – 1986. – № 1. – С. 92–110.
5. Лебедева Н.Н., Котровская Т.И. Экспериментально-клинические исследования в области биологических эффектов миллиметровых волн // Миллиметр. волны в биологии и медицине. – 1999. – №4(16). – С.3–9.
6. Маркель А.Л. // Журн. высш. нерв. деятельности, 1981. – 31, №2. – С.301.
7. Нарциссов Р.П. Диагностическая и прогностическая ценность цитохимического определения дегидрогеназ лимфоцитов // Вестн. АМН СССР. – 1978. – №7. – С.71–74.
8. Новиков В.С., Деряпа Н.Р. Биоритмы, космос, труд. – СПб.: Наука, 1992. – 256 с.
9. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. – М.: Наука, 1968. – 288с.
10. Ронкин М.А., Бецкий О.В., Максименко И.М. и др. О некоторых возможностях КВЧ-терапии для лечения неврологических больных. – В кн.: Докл. междунар. симпоз. “Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине”. – М.: ИРЭ АН СССР, 1991. – Ч.2. С. 263–266.
11. Семагин В.Н., Зухарь А.В., Куликов М.А. Тип нервной системы, стрессоустойчивость и репродуктивная функция. – М.: Наука, 1988. – 134 с.
12. Симонов П.В. Эмоциональный мозг. Физиология, нейроанатомия, психология эмоций. – М.: Наука, 1981. – 216 с.
13. Тявокин В.В., Сизов В.П., Магницкая Г.В., Олейникова В.А. Изменение показателей иммунореактивности кроликов при различных сроках гипокинезии // Космич. биология и авиакосмич. медицина. – 1981. – 15, № 4. – С.90–91.
14. Хаит О.В., Запорожан В.Н., Реброва Т.Б. и др. Иммунологические и биохимические механизмы взаимодействия мм волн с иммуннокомпетентными клетками // Междунар. симпоз. “Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине” – М.: ИРЭ АН СССР, 1991. – С. 362–366.
15. Холодов Ю.А. Реакции нервной системы на электромагнитные поля. – М.: Наука, 1975. – 207 с.
16. Kaplow L.S. A histochemical procedure fo localizing and evaluation leukocyte alkaline phosphatase activity in smears of blood and marrow // Blood. – 1995. – № 10. – P. 1023–1029.

Тавр. ун-т ім. В.І. Вернадського, Симферополь

*Матеріал надійшов
до редакції 24.09.2002*