

УДК 591.18: 615.849.11

## ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

*Джелдубаева Э.Р., Чуян Е.Н.*

В данной работе показано, что низкоинтенсивное электромагнитного излучения крайне высокой частоты (7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) модифицирует инфрадианную ритмику болевой чувствительности при действии болевого фактора, оказывая нормализующее и корригирующее действие, что проявляется в изменении структуры ритмических процессов и является признаком адаптационных реакций организма к длительному болевому стрессу.

**Ключевые слова:** низкоинтенсивное электромагнитного излучения крайне высокой частоты, инфрадианная ритмика, тест электростимуляции, болевой порог.

### ВВЕДЕНИЕ

Многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что физиологическим показателям жизнедеятельности организма человека и животных присущ широкий спектр инфрадианной ритмичности, играющей важную адаптивную роль. Так, ритмические колебания инфрадианного диапазона обнаружены в колебаниях артериального давления, частоты сердечных сокращений, деятельности кардио-респираторной системы и мышечной силы [1 – 3], интенсивности энергетического и пластического обменов [1, 3, 4], динамике массы и температуры тела [1, 3, 5], в изменении функционального состояния ЦНС и нервно-мышечной системы [1, 3], физической работоспособности и настроения [6], в показателях цикличности нейроэндокринной системы [7], в содержании в крови эритроцитов и лейкоцитов [8], а также фагоцитарной активности нейтрофилов и уровне неспецифического иммунитета [9, 10]. В работе Н.А. Темурьянц и соавт. [11] описана инфрадианная ритмика температуры и массы тела, суточного объема мочи, ферментативной активности лимфоцитов, моторной активности в тесте «открытое поле» у интактных и эпифизэктомированных крыс. Вместе с тем показано, что факторы разной природы и интенсивности (гипокинетический стресс, слабое переменное магнитное поле сверхнизкой частоты (8 Гц)) способны модифицировать инфрадианную ритмику различных физиологических процессов [12 – 14]. В наших предыдущих исследованиях [15] способность низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) корригировать ритмику физиологических процессов при десинхронозах, вызванных развитием стресс-реакции. Однако неизученным остается влияние ЭМИ КВЧ (длина волны 7,1 мм, плотность потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) на изменение инфрадианной ритмичности болевой чувствительности у крыс, что и явилось целью данного исследования.

## **ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

### **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Экспериментальные исследования выполнены на взрослых белых крысах-самцах линии Вистар массой 180-220 грамм, полученных из питомника научно-исследовательского института биологии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Для экспериментов отбирали животных со средним уровнем двигательной активности и низкой эмоциональностью, определяемых в тесте «открытого поля», которые, согласно нашим [16] и литературным данным [17], преобладают в популяции. Поэтому можно утверждать, что именно у этих животных развивается наиболее типичная реакция на любое воздействие.

Экспериментальных животных разделили на две равноценные группы по десять особей в каждой. Животных первой (ТЭС) и второй (КВЧ+ТЭС) групп подвергали воздействию болевого фактора в тесте электростимуляции (отдергивание лапы, hind paw withdrawal test) для определения болевого порога (БП) ежедневно с 8<sup>00</sup> до 11<sup>00</sup> в течение 40-ка суток эксперимента. При этом крысу помещали в камеру из оргстекла 20x30x20 см, пол у которой был изготовлен из медной проволочной площадки, через которую пропускали электрический ток с помощью генератора импульсов Г5-82 (свидетельство о поверке № 024537 от 14.07.2007), генерирующего прямоугольные одинарные импульсы длительностью 10 мс с частотой 40 Гц. БП регистрировали по реакции отдергивания конечности или подскока по силе (в амперах) и напряжению (в вольтах) тока. БП измеряли три раза подряд с интервалом в три минуты, затем вычисляли среднее арифметическое из трех значений.

Крысы второй группы (КВЧ+ТЭС) непосредственно перед тестированием подвергались превентивному воздействию низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (длина волны 7,1 мм, плотность потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup>), изготовленного Центром радиофизических методов диагностики и терапии «РАМЕД» Института технической механики НАНУ, г. Днепропетровск (регистрационное свидетельство № 783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине). Воздействие осуществляли на затылочно-воротниковую область в течение 30-ти минут.

Продолжительность периодов (сутки) и амплитудно-фазовые характеристики показателя болевой чувствительности рассчитаны с помощью косинор-анализа, который является методом исследования спектральных характеристик временных рядов небольшой длины, но при этом дает полное представление о структуре физиологических ритмов и обеспечивает сопоставимость с другими методами [18].

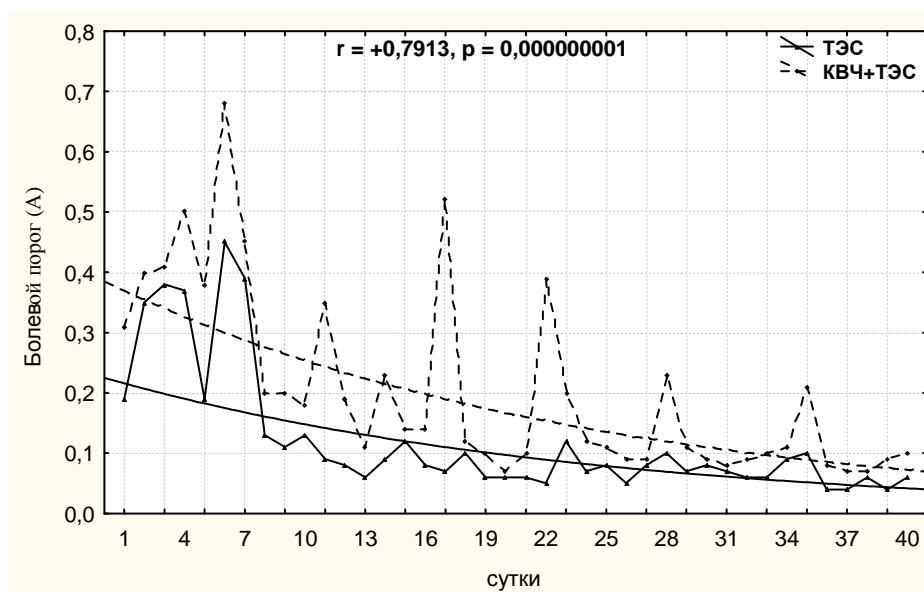
После проверки данных на закон нормального распределения, обработку и анализ экспериментальных данных проводили с помощью параметрических методов. В качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента. Обработка результатов производилась на ПК с использованием стандартных статистических программ.

При проведении экспериментов придерживались «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных», принципов «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для исследовательских и научных целей» (Страсбург, 18 марта 1986 года), Постановления первого национального конгресса по

биоэтике (Киев, 2001) [19] и Законом Украины №3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження», принятого 21 февраля 2006 года.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты проведенного исследования, динамика БП у животных всех экспериментальных групп имела ярко выраженный ритмический характер (рис. 1).



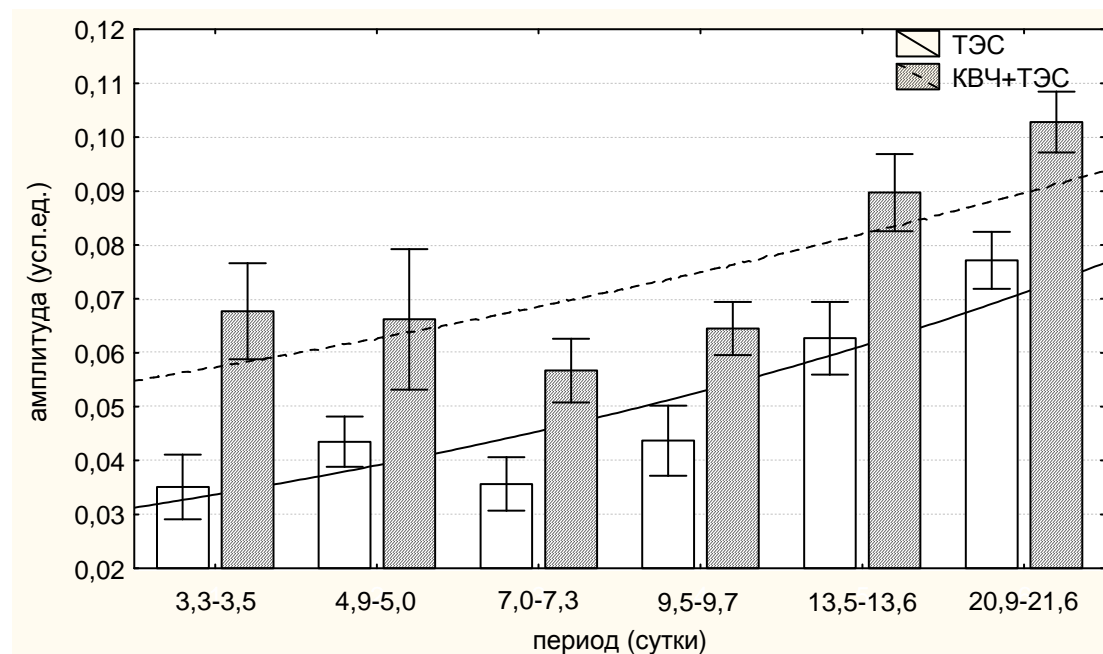
**Рис. 1.** Временная динамика болевого порога (в амперах (А)) у крыс, подвергнутых изолированному (ТЭС) и комбинированному с воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (КВЧ+ТЭС) действию болевого фактора в тесте электростимуляции в течение 40 суток наблюдения.

Косинор-анализ показал, что инфрадианная ритмика БП у животных выделенных групп (ТЭС и КВЧ+ТЭС) включала периоды величиной  $\approx 3,5$ ;  $\approx 5,0$ ;  $\approx 7,0$ ;  $\approx 9,5$ ;  $\approx 14,0$  и  $\approx 21,5$  суток. Эти данные согласуются с литературными [11, 12] и нашими предыдущими данными [15], в которых описана инфрадианная ритмика поведенческих реакций в ОП, показателей неспецифической резистентности и метаболических процессов, характеризующаяся спектром периодов сходной продолжительности ( $\approx 3,5$ ;  $\approx 5,0$   $\approx 7,0$ ,  $\approx 9,5$ ;  $\approx 13,5$  и  $\approx 21,5$  суток).

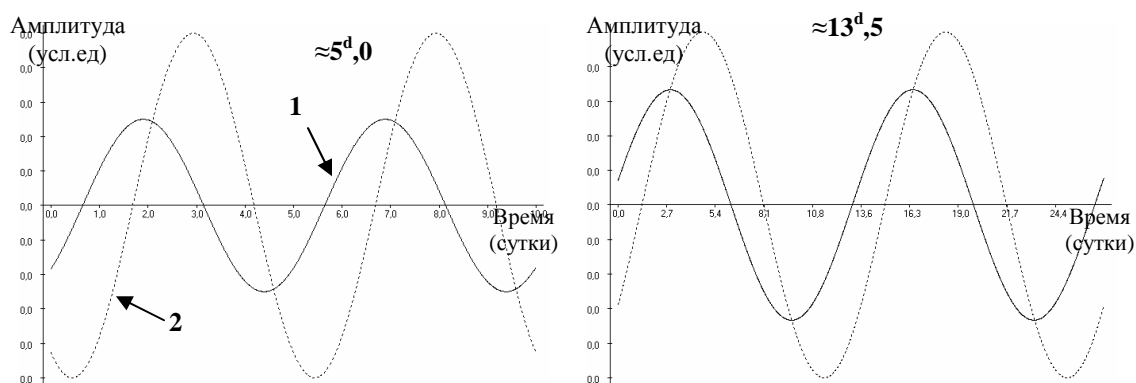
Однако у животных второй группы, подвергнутых комбинированному КВЧ-воздействию и действию болевого фактора, во всех выделенных периодах наблюдалось существенное возрастание амплитуд и смещение фаз ритмов по сравнению с соответствующими значениями у крыс первой группы (рис. 2, 3). Так, максимальное возрастание амплитуд отмечено в  $\approx 5$ - и  $\approx 7$ -мидневном периодах (на 71,37%;  $p < 0,05$  и 73,89%;  $p < 0,05$  соответственно), минимальное – в периоде  $\approx 21,5$  суток (на 33,29%;  $p < 0,05$ ) относительно значений у животных, подвергнутых изолированному действию электростимуляции (ТЭС). Наибольшие фазовые сдвиги отмечены в  $\approx 3,5$ - и  $\approx 5,0$ -тидневном периодах (на 93,76%;

**ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

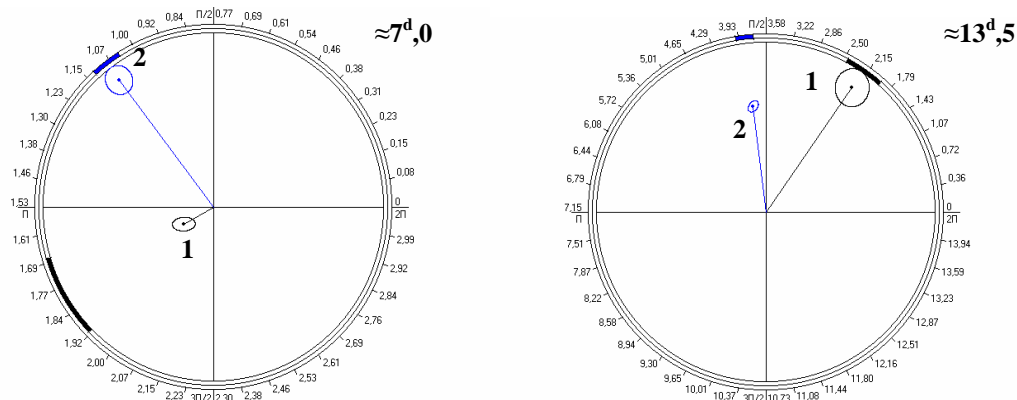
$p < 0,01$  и  $97,51^\circ$ ;  $p < 0,05$  соответственно), наименьшее – в периоде  $\approx 13,5$  суток (на  $22,79^\circ$ ;  $p < 0,05$ ) по сравнению со значениями данных показателей у крыс первой группы (рис. 4). В периодах  $\approx 9,5$  и  $\approx 21,5$  дней отмечалась синфазность.



**Рис. 2.** Амплитуды периодов интегрального ритма болевой чувствительности у крыс, подвергнутых изолированному (ТЭС) и комбинированному с воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения (КВЧ+ТЭС) действию болевого фактора в тесте электростимуляции в течение 40 суток наблюдения.



**Рис. 3.** Фазовые соотношения инфрадианной ритмики болевого порога у крыс, подвергнутых изолированному (1) и комбинированному с воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения (2) действию болевого фактора в тесте электростимуляции.



**Рис. 4.** Соотношение фаз инфранианной ритмики болевого порога у крыс, подвергнутых изолированному (1) и комбинированному с воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения (2) действию болевого фактора в тесте электростимуляции.

Следовательно, полученные данные свидетельствуют о способности низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ модифицировать инфранианную ритмику болевой чувствительности при действии болевого фактора, оказывая нормализующее и корригирующее действие, что проявляется в изменении структуры ритмических процессов и является признаком адапционных реакций организма к длительному болевому стрессу.

В наших предыдущих исследованиях [20, 21] показано, что при действии болевого фактора отмечается нарушение высокочастотных и ультраниантных ритмических процессов продолжительности болевых и неболевых поведенческих проявлений у животных в «формалиновом тесте», что указывает на развитие десинхроноза, который является следствием развития в организме стресс-реакции. Это согласуется с литературными данными, в которых показано, что стресс-реакция сопровождается изменением временной организации физиологических систем, свидетельствующем о резком обострении внутренних противоречий и предшествующее развитию патологических состояний с последующими информационными, энергетическими, обменными и структурными изменениями [22, 23]. В частности, согласно современным представлениям, при различных патологических процессах наблюдается та или иная степень десинхроноза [24].

Вместе с тем, при превентивном воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ отмечена способность данного физического фактора модифицировать ритмику в высокочастотном и ультраниантном диапазонах длительности болевой и неболевых поведенческих проявлений у крыс при действии болевого стресса, что проявляется в большем сходстве амплитудно-фазовых характеристик данных показателей с таковыми у крыс, подвергнутых ложному воздействию болевого фактора, чем у животных, подвергнутых действию только болевого стресса [20, 21].

Таким образом, при нарушении различных ритмических процессов у животных, т.е. развитии десинхроноза, вызванного развитием стресс-реакции при болевых реакциях различной природы и продолжительности воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ

## **ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

оказывает коррегирующее, синхронизирующее действие, способствует восстановлению исходной временной организации физиологических процессов, что может являться одним из механизмов антистрессорного и антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ. Этот факт свидетельствует о возможности использования ЭМИ КВЧ данных параметров в качестве внешнего синхронизатора, «датчика времени» при десинхронозах, вызванных болевыми синдромами.

### **ВЫВОДЫ**

1. Показано влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) на изменение инфрадианной ритмичности болевой чувствительности у крыс в тесте электростимуляции.
2. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ модифицирует инфрадианную ритмику болевой чувствительности при действии болевого фактора, оказывая нормализующее и коррегирующее действие, что проявляется в изменении структуры ритмических процессов и является признаком адаптационных реакций организма к длительному болевому стрессу.

### **Список литературы**

1. Кучеров И.О. и др. Длительные биологические ритмы в динамике мышечной работоспособности человека. – В кн.: Кибернетика и вычислительная техника, под ред. К.А.Иванова-Муромского. – Киев, 1971. – С. 79-95.
2. Klinker L., Jordan H. The influence of light on human regulation in relation to social factors // J. Interdiscipl. Cycle Res. – 1976. – V. 7, №3. – P. 203-214.
3. Шабатура Н.Н. Механизм происхождения инфрадианных биологических ритмов // Успехи физиол. наук. – 1989. – 20, №3. – С. 83–103.
4. Алерс И., Алерсова Е., Шмайда В. и др. Многосуточные метаболические ритмы у крыс // Биологические исследования в космической биологии и медицине.– М.: Наука, 1989. – С.178-183.
5. Василик П.В., Василега А.Г. Влияние факторов внешней среды на ритмы изменения веса животных // Биологическая и медицинская кибернетика. – Киев: Изд-во АН УССР, 1982. – С. 99-105.
6. Whitton J.L., Kramer P.M., Peter A.M., Eastwood M.R. Infradian mood rhythms: measurement and relationship to weather // J. Interdiscipl. Cycle. Res. – 1984. – V. 15, №2. – P. 81-87.
7. Mori S., Takino T., Yamada H., Sano Y. Immunohistochemical demonstration of serotonin nerve fibers in the subthalamic nucleus of the rat, cat and monkey // Neurosci. Lett. – 1985. Vol. 62(3). – P. 305-309.
8. Ковальчук А.В., Чернышев М.К. Многодневные биоритмы физиологических процессов и некоторые вопросы связи организма человека с динамикой внешней среды. // Теоретические и прикладные аспекты временной организации биосистем. – М.: Наука, 1976. – С.112.
9. Reiman H.A. Medical importance of long biorhythms in aeromedicine // Aerospace Med. – 1971. – Vol. 42, №10. – P. 1086-1987.
10. Потапов В.Н. Многодневная периодичность в состоянии неспецифических факторов иммунитета и их математическое моделирование // Тез. Докл. Всесоюз. конф. «Хронобиология и хронопатология». – Москва: Медицина. – 1981. – С. 199.
11. Темур`янц Н.А., Шехоткин О.В., Роль епіфізи в організації інфрадіанної ритміки фізіологічних систем // Нейрофізіологія. – 1999. - Т. 31, № 2. – С. 157-161.
12. Минко В.О. Інфрадіанна ритміка фізіологічних процесів у шурів із низькою руховою активністю у відкритому полі при дії слабого змінного магнітного поля наднизької частоти: Автореф. дисс.... канд. биол. наук: 03.00.13 / ТНУ. – Симферополь, 2005. – 20 с.
13. Шишко О.Ю. Інфрадіанна ритміка стрес-реалізуючих систем і показників неспецифічної резистентності нейтрофілів периферичної крові шурів при гіпокінетичному стресі: Автореф. дисс.... канд. биол. наук: 03.00.13 / ТНУ. – Симферополь, 2005. – 20 с.

14. Нагаева О.И. Инфранианна ритміка фізіологічних процесів у щурів з високою активністю під впливом наднизькочастотного магнітного поля: Автореф. дисс.... канд. биол. наук: 03.00.13 / ТНУ. – Симферополь, 2006. – 20 с.
15. Чуян Е.Н. Нейроімуноендокринні механізми адаптації до дії низько інтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти // Автореф. дис... докт. биол. наук. – Київ, 2004. – 40 с.
16. Чуян Е.Н. Влияние миллиметровых волн нетепловой интенсивности на развитие гипокинетического стресса у крыс с различными индивидуальными особенностями: Автореф. дис... канд. биол. наук / СГУ. – Симферополь, 1992. – 25 с.
17. Сантана Вега Л. Роль индивидуальных особенностей двигательной активности в развитии гипокинетического стресса у крыс.: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / СГУ. – Симферополь, 1991. – 21 с.
18. Halberg F., Reinberg A. Circadian rhythm and low frequency rhythms in human physiology // J. Physiol (Paris). – 1967. – Vol. 59(1 Suppl). - P. 117-200.
19. Збірка договорів Ради Європи: Українська версія // Є.М. Вишневський (пер та ред.). – Київ: Парламентське видавництво, 2000. – 654 с.
20. Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения: монография. – Симферополь: „ДИАЙПИ”, 2006. – 456 с.
21. Джелдубаева Е.Р. Антиноцицептивна дія низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти: Автореф. дисс.... канд. биол. наук: 03.00.13 / ТНУ. – Симферополь, 2007. – 20 с.
22. Степанова С.И. Биоритмологические аспекты адаптации.- М.: Наука, 1986. - 241с.
23. Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М., Шебзухов К.В. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды. Монография. – М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 2002. – 232 с.
24. Ашофф Ю. Биологические ритмы. Т. 1. – М.: Мир, 1984. – 176 с.

*Джелдубаева Е.Р., Чуян О.М., Инфранианна ритміка больової чутливості щурів при дії низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти // Учені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2007. – Серія «Біологія, хімія». – Т. 20 (59), № 1. – С. 168 – 174.*

У даній роботі показано, що низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання надвисокої частоти (7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) модифікує інфранианну ритміку больової чутливості при дії больового чинника, надаючи нормалізуючу та коригуючу дію, що виявляється в зміні структури ритмічних процесів та є ознакою адаптаційних реакцій організму до тривалого больового стресу.

**Ключові слова:** низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання надвисокої частоти, інфранианна ритміка, тест електростимуляції, больовий поріг.

*Dzheldubayeva E.R., Chuyan E.N. Infradian rhythmicity of pain sensitivity of rats influenced by low intensity ultra-high frequency electromagnetic field // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Series “Biology, chemistry”. – 2007. – Vol. 20 (59), № 1. – P. 168-174.*

It is shown that low intensity electromagnetic radiation of extremely high-frequency (7,1 mm, 0,1 mW/cm<sup>2</sup>) modifies the infradian rhythmicity of pain sensitivity affected by pain factor rendering the normalizing and correcting action that shows up as the change of the rhythmic processes structure and is the sign of reactions of organism adaptations to the protracted pain stress.

**Keywords:** low intensity electromagnetic radiation of extremely high-frequency, infradian rhythmicity, test of electro-stimulation, pain threshold.