

Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского  
Серия «Биология, химия». Том 20 (59). 2007. № 3. С. 32-41.

**УДК 591.18: 615.849.11**

**ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОРИТМИКИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ БОЛЕВОЙ  
И НЕБОЛЕВЫХ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ У КРЫС ПОД  
ВЛИЯНИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

*Джелдубаева Э.Р., Чуюн Е.Н.*

Исследовано изменение микроритмики продолжительности болевой и неболевых поведенческих проявлений у крыс под влиянием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ). Показано, что низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ модифицирует микроритмiku длительности поведенческих проявлений у крыс при действии болевого фактора и свидетельствует о способности данного физического фактора оказывать корректирующее, синхронизирующее действие.

**Ключевые слова:** низкоинтенсивное электромагнитное излучение крайне высокой частоты, тоническая боль, поведенческие проявления, микроритмика.

**ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что высокочастотная микроритмика играет важную роль в функционировании организма. К этому диапазону относятся нервные колебания импульсов биоэлектрической активности головного мозга, пульса, дыхания, перистальтики кишечника [1, 2]. В частности, показано, что биоэлектрическая активность мышц, частота сердечных сокращений и дыхания, амплитуда и частота движений изменяются в среднем через каждые 55 с [3, 4]. Циклы сходной длительности характерны для общей двигательной активности, работоспособности [5], а также для функций внутренних органов: желудка [6], экскреторной функции почек [7].

В наших предыдущих работах [8] показано, что низкоинтенсивное электромагнитное излучение (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ) (7,1 мм; 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) нормализует инфрадианную ритмiku физиологических процессов, рассогласование которой вызвано гипокинетическим стрессом, что может быть одним из механизмов антистрессорного действия этого физического фактора. Однако влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на изменение временной организации болевой чувствительности в микродиапазоне до сих пор не исследовано.

В связи с вышеизложенным целью данной работы явилось исследование изменения микроритмики продолжительности болевой и неболевых поведенческих проявлений у крыс под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ.

## **ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОРИТМИКИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ БОЛЕВОЙ**

---

### **МАТЕРИАЛЫ 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 teste «открытого поля», которые, согласно нашим [9] и литературным данным [10], преобладают в популяции. Поэтому можно утверждать, что именно у этих животных развивается наиболее типичная реакция на любое воздействие.

Экспериментальных животных разделили на три группы. Животных первой группы ( $K_F$ ) подвергали подкожной инъекции в тыльную поверхность стопы задней конечности физиологического раствора – имитации болевого фактора. У животных второй (ФТ) и третьей групп (КВЧ+ФТ) тоническую боль вызывали путём подкожной инъекции 5%-ного раствора формалина в дорсальную поверхность стопы задней конечности крыс («формалиновый тест»). Показателями боли служила продолжительность (с) болевой (лизание пораженной конечности) и неболевых (двигательная активность и пассивное поведение) поведенческих проявлений за 120 минут наблюдения после инъекции формалина. Продолжительность двигательной активности была оценена по сумме времени затраченного животным на бег, прием пищи и груминг, а пассивное поведение – на сон и покой за период наблюдения после действия болевого фактора.

Непосредственно перед инъекцией формалина животные третьей группы (КВЧ+ФТ) подвергались превентивному воздействию низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (длина волн 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 и амплитудно-фазовые характеристики длительности поведенческих болевых и неболевых реакций 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 [11, 12].

После проверки данных на закон нормального распределения, обработку и анализ экспериментальных данных проводили с помощью параметрических методов. В качестве критерия оценки достоверности наблюдавшихся 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) [13] и Закона Украины №3447-IV «Про захист тварин від жорсткого поводження» от 21 февраля 2006 года.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Результаты косинор-анализа показали, что у животных всех экспериментальных групп набор и продолжительность периодов в микродиапазоне не отличались (табл. 1).

**Таблица 1.**  
**Выявленные микроритмы показателей продолжительности поведенческих реакций у крыс при экспериментально вызванной тонической боли в «формалиновом тесте»**

Продолжительность выявленных периодов (в минутах)	Показатели		
	Болевая реакция	Двигательная активность	Пассивное поведение
≈2 <sup>m</sup> ,5	—	—	+
≈3 <sup>m</sup> ,0	+	+	—
≈5 <sup>m</sup> ,0	+	+	+
≈7 <sup>m</sup> ,0	—	+	—
≈7 <sup>m</sup> ,5	+	—	—
≈9 <sup>m</sup> ,0	—	+	+
≈11 <sup>m</sup> ,0	+	—	—
≈11 <sup>m</sup> ,5	—	—	+
≈12 <sup>m</sup> ,5	—	+	—
≈14 <sup>m</sup> ,5	+	—	—
≈15 <sup>m</sup> ,0	—	—	+
≈16 <sup>m</sup> ,0	—	+	—
≈21 <sup>m</sup> ,5	+	—	—
≈22 <sup>m</sup> ,0	—	+	—
≈26 <sup>m</sup> ,5	—	—	+
≈36 <sup>m</sup> ,0	—	+	—
≈40 <sup>m</sup> ,0	+	—	—
≈63 <sup>m</sup> ,0	—	+	—

Примечание: «+» – наличие периода данной продолжительности, «–» – отсутствие.

Однако у животных, подвергнутых изолированному действию болевого стресса (ФТ) во всех выявленных периодах отмечалось достоверное изменение амплитудно-фазовых характеристик изученных показателей относительно значений у животных контрольной группы, подвергнутых инъекции физраствора (К<sub>Ф</sub>). Так, у животных данной группы в ритмике продолжительности болевой реакции отмечалось значительное увеличение амплитуд выделенных периодов относительно значений в контроле (рис. 1 – А). Причем с увеличением периодов наблюдалось и увеличение их амплитуд. При этом максимальный рост амплитуд отмечался в ≈7-ми и ≈40-минутных периодах (в 15,73 раза (p<0,01) и в 11,70 раза (p<0,001) соответственно), а минимальный – в периоде ≈5,0 минут (в 1,45 раз (p>0,05)) по сравнению со значением у животных контрольной группы (К<sub>Ф</sub>).

**ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОРИТМИКИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ БОЛЕВОЙ**

---

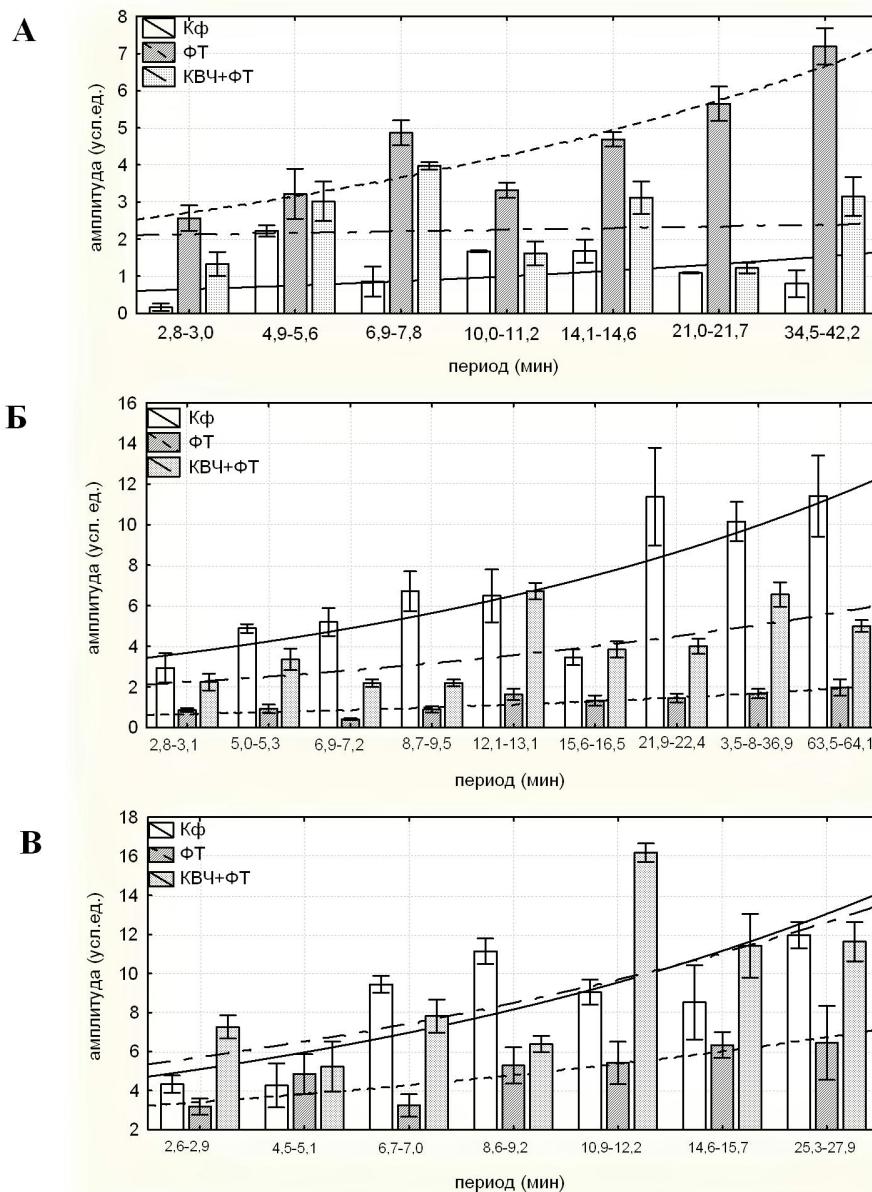


Рис. 1. Спектры периодов продолжительностей болевой (А) и неболевых (двигательной активности (Б) и пассивного поведения (В)) поведенческих проявлений у крыс, подвергнутых введению физиологического раствора (К<sub>ф</sub>), изолированному (ФТ) и комбинированному с воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (КВЧ+ФТ) действию болевого фактора при экспериментально вызванной тонической боли.

Амплитуды периодов продолжительностей неболевых поведенческих реакций у животных второй группы (ФТ), напротив, достоверно уменьшились. Так, максимальное снижение амплитуды ритмов продолжительности двигательной активности зарегистрировано в периоде  $\approx 7,0$  минут (на 92,28%;  $p < 0,001$ ), а минимальное – в периоде  $\approx 16,0$  минут (на 61,79%;  $p < 0,01$ ) относительно значений у животных контрольной группы ( $K_{\phi}$ ) (рис. 1 – Б). Достоверное уменьшение амплитуд пассивного поведения регистрировалось в периодах  $\approx 7,0$ ;  $\approx 9,0$ ;  $\approx 11,5$ ,  $\approx 15,0$  и  $\approx 26,5$  минут (в среднем на  $48,13 \pm 5,18\%$ ;  $p < 0,01$ ) по сравнению со значениями у животных первой группы ( $K_{\phi}$ ) (рис. 1 – В).

Кроме того, во всех выделенных периодах у крыс второй группы, подвергнутых изолированной инъекции формалина (ФТ) отмечались фазовые смещения исследуемых показателей относительно таковых у животных контрольной группы ( $K_{\phi}$ ). Так, наибольший достоверный фазовый сдвиг длительности болевой реакции был отмечен в периоде продолжительностью  $\approx 3,0$  минут (на  $232,04^\circ$ ;  $p < 0,001$ ), наименьший – в периоде продолжительностью  $\approx 5,0$  минут (на  $117,85^\circ$ ;  $p < 0,05$ ) относительно значений соответствующих показателей у крыс в первой группе (рис. 2). При этом в периодах  $\approx 11,0$ ;  $\approx 21,5$  и  $\approx 40,0$  минут наблюдалась близость фаз ( $p > 0,05$ ) относительно значений у крыс контрольной группы.

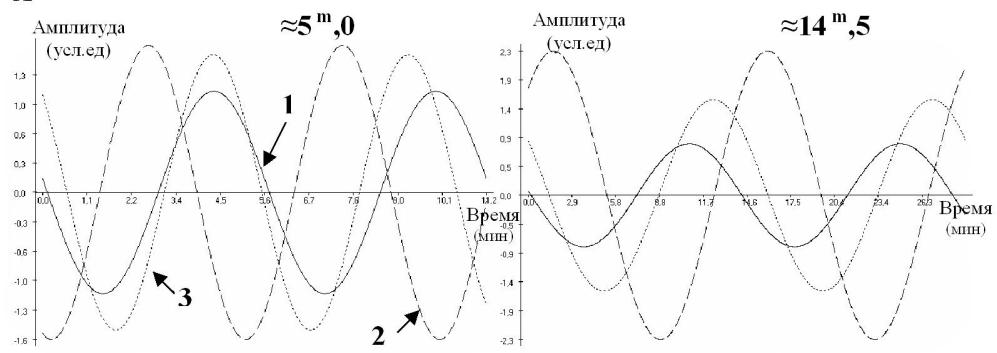
В микrorитмике продолжительности двигательной активности максимальное смещение фаз отмечалось в  $\approx 5,0$ -минутном периоде (на  $104,84^\circ$ ;  $p < 0,05$ ). При этом в периодах продолжительностью  $\approx 3,0$ ;  $\approx 16,0$ ;  $\approx 22,0$ ;  $\approx 36,0$  и  $\approx 63,0$  минут достоверных фазовых изменений не наблюдалось (табл. 6.4). В ритмике длительности пассивного поведения достоверное смещение фаз отмечено лишь в периоде  $\approx 2,5$  минуты (на  $145,53^\circ$ ;  $p < 0,01$ ) относительно данных у крыс контрольной группы.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что при действии болевого стресса у животных наблюдалось существенное нарушение микrorитмики продолжительности как болевых, так и неболевых (двигательной активности и пассивного поведения) поведенческих проявлений, выраженные в значительном изменении амплитуд (увеличение или уменьшение) и сдвигах фаз в выделенных периодах относительно значений у животных контрольной группы. Подтверждением этого являются косинорограммы интегральных микrorитмов показателей продолжительности болевой реакции, двигательной активности и пассивного поведения, которые свидетельствуют об ослаблении координации между поведенческими реакциями у животных, подвергнутых экспериментальной тонической боли (рис. 3), что указывает на развитие у крыс данной группы десинхроноза, который является следствием развития в организме стресс-реакции.

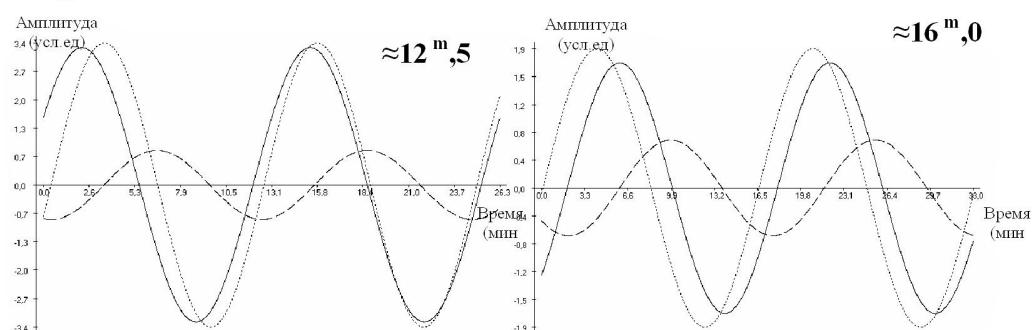
У животных третьей группы, которые подвергались действию болевого фактора на фоне КВЧ-воздействия отмечалось достоверное изменение амплитудно-фазовых характеристик относительно значений соответствующих показателей у животных второй группы (ФТ). Так, имело место увеличение амплитуд продолжительности болевой реакции относительно контроля, однако уменьшение данного показателя относительно значений у крыс во второй группе во всех выделенных периодах (рис. 1 – А). Максимальное снижение данного показателя было отмечено в периоде  $\approx 21,5$  минут (на 78,41%;  $p < 0,001$ ), а минимальное – в периоде  $\approx 5,0$  минут (на 6,38%;  $p > 0,05$ ).

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОРИТМИКИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ БОЛЕВОЙ

**А**



**Б**



**В**

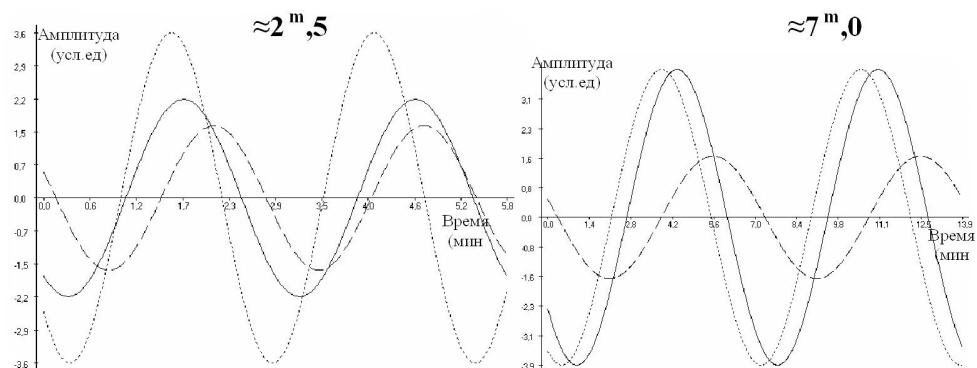
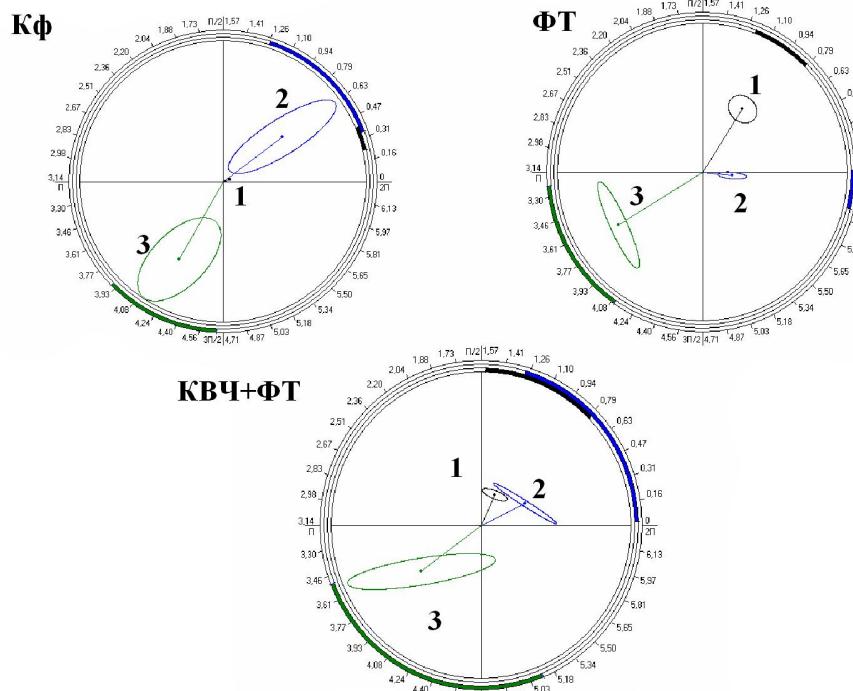


Рис. 2. Фазовые соотношения микроритмики продолжительности болевой реакции (А), двигательной активности (Б) и пассивного поведения (В) у крыс, подвергнутых введению физиологического раствора (1), изолированному (2) и комбинированному с однократным воздействием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (3) действию болевого фактора в «формалиновом тесте».



## **ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОРИТМИКИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ БОЛЕВОЙ**

---

(на  $107,09^\circ$ ;  $p<0,001$ ) относительно значений у животных второй группы (ФТ), подвергнутых действию только болевого фактора в «формалиновом тесте». Близость фаз отмечалась в периодах  $\approx 11,0$ ;  $\approx 21,5$  и  $\approx 40,0$  минут.

Фазовые смещения зарегистрированы также в длительности неболевых поведенческих реакций. Наиболее выраженный фазовый сдвиг продолжительности двигательной активности отмечен в  $\approx 9,0$ -минутном периоде (на  $122,188^\circ$ ;  $p<0,01$ ). При этом в периодах  $\approx 3,0$ ;  $\approx 5,0$ ;  $\approx 22,0$ ;  $\approx 36,0$  и  $\approx 63,0$  минут наблюдалась близость фаз. Максимальный фазовый сдвиг продолжительности пассивного поведения зарегистрирован в периоде  $\approx 2,5$  минут (на  $167,54^\circ$ ;  $p<0,05$ ), тогда как в периодах  $\approx 5,0$ ;  $\approx 9,0$ ;  $\approx 15,0$  и  $\approx 26,5$  минут отмечена близость фаз относительно значений этих показателей у крыс второй группы.

При этом значения фаз выделенных периодов продолжительности болевой и неболевых поведенческих реакций у крыс, предварительно подвергшихся КВЧ-воздействию с большой степенью достоверности приближались к таковым у крыс, которым вместо формалина вводили физраствор.

Таким образом, при дополнительном воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ выявлена способность данного физического фактора модифицировать микrorитмику 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 животных контрольной группы, подвергнутых ложному действию болевого фактора – инъекции физраствора, чем у животных, также подвергнутых инъекции формалина, но без предварительного КВЧ-воздействия. Косинорограммы интегральных ультрадианных ритмов показателей поведенческих реакций у животных, подвергнутых комбинированному действию ЭМИ КВЧ и болевого стресса наглядно иллюстрируют восстановление и нормализацию фазовых взаимоотношений данных показателей, что свидетельствует о внутренней синхронизации продолжительности всех поведенческих реакций (рис. 3). По-видимому, при нарушении микrorитмики при болевом стрессе воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ оказывает корректирующее, синхронизирующее действие, что еще раз доказывает антистрессорное действие миллиметрового излучения.

## **ВЫВОДЫ**

1. При действии болевого стресса («формалиновый тест») у животных наблюдаются существенные нарушения микrorитмики продолжительности как болевых, так и неболевых поведенческих проявлений, выраженные в значительном изменении амплитуды, сдвигах фаз в выделенных периодах относительно значений у животных, подвергнутых ложному действию болевого фактора, что свидетельствует о развитии десинхроноза.
2. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ модифицирует микrorитмику продолжительности болевой и неболевых поведенческих проявлений у крыс при действии болевого фактора, что проявляется в большем сходстве амплитудно-фазовых характеристик данных показателей с таковыми у животных контрольной группы, подвергнутых ложному действию болевого фактора – инъекции

физраствора, чем у животных, также подвергнутых экспериментальной тонической боли, но без предварительного КВЧ-воздействия, что свидетельствует о способности данного физического фактора оказывать корректирующее, синхронизирующее действие при болевом воздействии.

#### **Список литературы**

1. Швец-Тэнэта-Гурий Т.Б. Биоэлектрохимическая активность головного мозга. -М.: Наука, 1980. - 206 с.
2. Судаков К. В. Биологические мотивации. – М.: Медицина, 1971. – 304 с.
3. Смирнов К.М., Навакатиян А.О., Гамбашидзе Г.М. Биоритмы и труд. – Л.: Наука, 1980. -143 с.
4. Леонтьев В.Г. Психологические механизмы мотивации учебной деятельности: учебное пособие. - Новосибирск: НГПИ, 1987. - 191 с.
5. Kripke D.F. An ultradian biologic rhythm associated with perceptual deprivation and REM sleep // Psychosom. Med. – 1972. – Vol. 34(3). – P. 221-234.
6. Курыгин А.А., Багаев В.А., Курыгин Ал.А., Сысоева Л.И. Моторная функция тонкой кишки в норме и при некоторых патологических состояниях. -С.-Пб.: Наука, 1994. - 202 с.
7. Lavie P., Kripke D.F. Ultradian rhythms in urine flow in waking humans // Nature. – 1977. - Vol. 269(5624). – P. 142-144.
8. Чуян Е.Н. Нейроімуноендокринні механізми адаптації до дії низько інтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти // Автореф. дис... докт. біол. наук. – Київ, 2004. – 40 с.
9. 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.
10. Сантуана 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.
11. Halberg F., Galicich Jh., Ungar F., French La. Circadian rhythmic pituitary adrenocorticotrophic activity, rectal temperature and pinnal mitosis of starving, dehydrated mice // Proc. Soc. Exp. Biol. Med. – 1965. – Vol. 118. – P. 414-419.
12. Емельянов И.П. Формы колебания в биоритмологии. - Новосибирск: Наука, 1976. –127 с.
13. Збірка договорів Ради Європи: Українська версія // Є.М. Вишневський (пер та ред.). – Київ: Парламентське видавництво, 2000. – 654 с.

*Джелдубаєва Е.Р., Чуян О.М. Зміна мікроритміки тривалості бальової і небальових поведінкових проявів у щурів під впливом низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2007. – Т. 20 (59). – № 3. – С. 32-41.*

Досліджена зміна мікроритміки тривалості бальової і небальових поведінкових проявів у щурів під впливом низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти (ЕМВ НВЧ). Показано, що низькоінтенсивне ЕМВ НВЧ модифікує мікроритміку тривалості поведінкових проявів у щурів при дії бальового чинника і свідчить про здатність даного фізичного чинника надавати корегуюче та синхронізуюче дії.

**Ключові слова:** низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання украй високої частоти, тонічний біль, поведінкові прояви, мікроритміка.

*Dzheldubaeva E.R., Chuyan E.N. Change of microrhythmic duration by pain and non-pain displays for rats under influencing of low intensity electromagnetic electromagnetic irradiations of extremely*

## **ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОРИТМИКИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ БОЛЕВОЙ**

---

**high frequency** // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2007. – V.20 (59). – № 3. – P. 32-41.

The change of microrhythmic duration is explored pain and non-pain displays for rats under influencing of low intensity electromagnetic electromagnetic irradiations of extremely high frequency (EMI EHF). It is shown that EMI EHF modifies microrhythmic of duration of behavioral displays for rats at the action of pain factor and testifies to ability of this physical factor to render synchronizing an action.

**Keywords:** low intensity electromagnetic electromagnetic irradiations of extremely high frequency, tonic pain, microrhythmic.

*Поступила в редакцию 20.10.2007 г.*