

УДК 594:537.312.8

РЕАКЦИИ МОЛЛЮСКОВ *HELIX ALBESCENS* НА ДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н., Костюк А.С., Туманянц К.Н., Туманянц Е.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: timur328@gmail.com*

Исследовано влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на параметры ноцицептивной чувствительности моллюсков *Helix albescens*. Показано, что ЭМИ КВЧ оказывает выраженное антиноцицептивное действие, в регуляции механизмов которого важное значение играет опиоидная система, роль которой на разных этапах воздействия ЭМИ КВЧ неодинакова.

Ключевые слова: электромагнитное излучение крайне высокой частоты, ноцицептивная чувствительность, опиоидная система, моллюски.

ВВЕДЕНИЕ

Низкоинтенсивное электромагнитное излучение (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ) все шире применяется для лечения различных заболеваний. Это связано с его выраженным противовоспалительным, антистрессорным, иммуномодифицирующим, анальгетическим и т.д. свойствами [1, 2]. Однако до сих пор плохо изученными остаются зависимость этих эффектов от параметров излучения, а также механизмы его действия.

Анальгетический эффект ЭМИ КВЧ отмечен практически во всех клинических наблюдениях [3–5]. В экспериментах на животных также была обнаружена способность ЭМИ КВЧ снижать острую и хроническую боль у мышей [6–8] после его однократного воздействия, а также при курсовом 10-тикратном применении [9]. При более длительных воздействиях исследований не проводилось. Между тем выяснения зависимости выраженности анальгетического эффекта ЭМИ КВЧ от продолжительности имеет важное значение для оптимизации его применения в клинике.

А.Н. Frey (1993) [10] впервые высказал предположение о том, что в реакцию организма на действие электромагнитных факторов вовлечена опиоидная система, активность которой адекватно характеризует состояние ноцицептивной чувствительности. Показано, что электромагнитное поле (ЭМП) может изменять как экзогенную опиоидную (морфининдуцированную), так и эндогенную (энкефалиновую) анальгезию у многих животных и у человека [2, 6, 11].

Однако способность этих излучений вызывать изменения ноцицептивной чувствительности у беспозвоночных, и в частности у моллюсков, не исследованы.

Между тем, использование беспозвоночных животных в экспериментах отвечает всем этическим требованиям и позволяет расширить представления о биологической активности различных факторов.

В связи с изложенным, целью исследования явилось изучение роли опиоидной системы в механизмах продолжительного действия ЭМИ КВЧ на моллюсках *Helix albescens*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты выполнены на наземных брюхоногих моллюсках *Helix albescens*, широко распространенных на территории Крымского полуострова и применяемых в экспериментах для выявления биологической активности разнообразных экологических факторов. В эксперименте использовались половозрелые животные, одинаковые по массе и размерам.

В первой серии экспериментов, проводимых с целью изучения влияния ЭМИ КВЧ на ноцицепцию, экспериментальных животных делили на три равноценные группы по 20 особей в каждой. Моллюски первой (контрольной) группы (К) находились в стандартных лабораторных условиях при температуре воздуха $22\pm 2^\circ\text{C}$ и продолжительности фаз свет-темнота (L:D) 1:23 ч. Вторая группа животных (КВЧ) ежедневно в течение 21 суток 30 минут подвергалась воздействию ЭМИ КВЧ. Моллюсков третьей группы подвергали «мнимому» воздействию ЭМИ КВЧ («плацебо») такой же продолжительности.

Во второй серии экспериментов изучалась роль опиоидной системы в механизмах действия ЭМИ КВЧ. В этой серии каждая из групп моллюсков была разделена на две подгруппы по 20 особей в каждой: животным одной подгруппы в переднюю долю нижней поверхности подошвы вводился антагонист опиоидных рецепторов – налоксон в дозе 5 мг/кг веса животного, второй – эквивалентный объем физиологического раствора (0,9% раствора NaCl). Налоксон и физиологический раствор вводились в одно и то же время за 15 минут до экспериментального воздействия.

Налоксон является (-)N-Аллил-14-оксинордигидроморфинон, или (-)-17-аллил-4,5-эпокси 3,14-дигидроксиморфинан-6-он гидрохлорида дигидратом, принадлежащим к группе неселективных блокаторов всех субтипов опиоидных рецепторов, устраняет центральное и периферическое действие опиоидов, включая эндогенные эндорфины, проникает через гематоэнцефалический и плацентарный барьеры. После парентерального введения налоксон быстро распределяется по организму, период его полувыведения во взрослом организме составляет от 30 до 81 минуты (в среднем 64 ± 12 минуты [12]).

В качестве источника ЭМИ КВЧ использовали генератор «Явь-1» (длина волны 7,1 мм; плотность потока мощности 10 мВт/см^2). Во время воздействия ЭМИ КВЧ моллюски находились в затемненных условиях в стеклянных аквариумах, к низу которых подводился рупор генератора, при этом животные находились в зоне рупора, то есть воздействие осуществлялось на всю подошву.

Все исследования были проведены с соблюдением принципов двойного слепого эксперимента.

О состоянии ноцицепции животных судили по порогу (П) и латентному периоду (ЛП) реакции избегания (РИ) в тесте «горячая пластинка». Подробное описание экспериментальной установки для определения параметров ноцицептивной чувствительности, используемой в настоящем исследовании, представлено в наших предыдущих работах [13]. Регистрацию показателей РИ проводили у каждого животного ежедневно после очередного воздействия электромагнитного фактора в интервале 11:00–13:00 ч в течение 21 дня.

Эффект воздействия ЭМИ КВЧ на параметры ноцицептивной чувствительности оценивался по коэффициенту эффективности ($K_{ЭМИ\ КВЧ}$) [14]. Каждое из измеряемых значений $K_{ЭМИ\ КВЧ}$ как в опыте ($K_{ЭМИ\ КВЧ}$), так и в контроле (K_K) являлось результатом усреднения данных измерения на 20 животных:

$$K_{ЭМИ\ КВЧ} = \frac{(K_{ЭМИ\ КВЧ} - K_K) \pm (\sigma_{ЭМИ\ КВЧ} + \sigma_K)}{(K_K \pm \sigma_K)} \cdot 100\%,$$

где $K_{ЭМИ\ КВЧ}$ – коэффициент эффективности ЭМИ КВЧ, $K_{ЭМИ\ КВЧ}$ – параметры ноцицептивной чувствительности при действии ЭМИ КВЧ, K_K – параметры ноцицепции в контрольной группе животных, $\sigma_{ЭМИ\ КВЧ}$ и σ_K – среднеквадратические отклонения измерений в группе ЭМИ КВЧ и у интактных животных соответственно.

Таким образом, отрицательные значения $K_{ЭМИ\ КВЧ}$ свидетельствовали о развитии состояния относительной гипералгезии (значения П и ЛП ниже, чем в группе контроля), а положительные – о состоянии гипоалгезии.

Эффект влияния налоксона на параметры ноцицептивной чувствительности оценивался по коэффициенту эффективности налоксона ($K_{Эн}$). Каждое из измеряемых значений $K_{Эн}$ как в опыте ($K_э$), так и в контроле (K_K) являлось результатом усреднения данных измерения на 20 животных:

$$K_{Эн} = \frac{(K_э - K_K) \pm (\sigma_э + \sigma_K)}{(K_K \pm \sigma_K)} \cdot 100\%,$$

где $K_{Эн}$ – коэффициент эффективности налоксона, $K_э$ – параметры ноцицептивной чувствительности в соответствующей экспериментальной группе при дополнительном введении налоксона, K_K – параметры ноцицепции в контрольной группе животных, $\sigma_э$ и σ_K – среднеквадратические отклонения измерений в опыте и контроле соответственно.

Для оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t -критерий Стьюдента. Оценивалась достоверность различий показателей ноцицептивной чувствительности между группами (p_1), а также между исходными значениями и данными, полученными в каждом дне эксперимента в пределах групп (p_2). Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с

применением программы «Microsoft Excel» и программного пакета «STATISTICA – 6.0» [15, 16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ динамики параметров ноцицепции у интактных моллюсков *Helix albescens* выявил их нерезко выраженные колебания. П изменялся от $30,39 \pm 0,12^\circ\text{C}$ до $30,69 \pm 0,12^\circ\text{C}$; ЛП от $9,71 \pm 0,18$ с до $10,16 \pm 0,19$ с.

Изменения параметров ноцицептивной чувствительности моллюсков, подвергнутых 30-минутному действию ЭМИ КВЧ, существенно отличались от таковой в группах интактных животных и животных «плацебо». Показатели П и ЛП РИ в данной экспериментальной группе варьировали от $30,28^\circ\text{C}$ до $31,86^\circ\text{C}$ и от 9,53 с до 11,93 с соответственно.

В течение первых-третьих суток наблюдения П и ЛП РИ особей данной группы недостоверно снижался относительно исходного уровня данных, достигая минимального значения на второй-третий дни – $30,28 \pm 0,08^\circ\text{C}$ и $9,53 \pm 0,21$ с соответственно. $KЭ_{ЭМИ\ КВЧ}$ в этот период снижался до -3,47%, что соответствует развитию гипералгезии. Но уже после четвертого воздействия начинается прогрессирующее возрастание $KЭ_{ЭМИ\ КВЧ}$ до 17,38% на 16 сутки ($p_2 < 0,001$). Такая его динамика характеризует развитие гипоалгетического эффекта (рис. 1). На этом уровне он остается в различных сериях экспериментов в течение трех-четырех дней, а затем медленно снижается и на 20, 21 сутки практически не отличается от исходных значений.

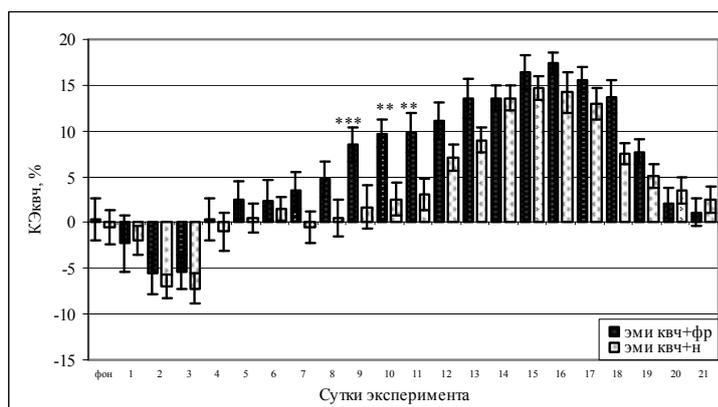


Рис. 1. Динамика ($\bar{x} \pm S\bar{x}$) коэффициента эффективности ЭМИ КВЧ при предварительном введении налоксона (ЭМИ КВЧ+н) или физиологического раствора (ЭМИ КВЧ+фр).

Примечание: * – достоверность различий между КЭ у моллюсков, подвергнутых действию ЭМИ КВЧ, при предварительном введении ФР и Н; ** – ($p_1 < 0,01$), *** – ($p_1 < 0,05$).

Таким образом, изменения ноцицепции при действии ЭМИ КВЧ носят фазный характер: первая кратковременная (первые-третьи сутки) фаза гипералгезии сменяется развитием гипоалгетического эффекта, который достигает максимума на 16 сутки, а затем параметры ноцицепции снижаются до исходного уровня. Начальное увеличение чувствительности к термическому стимулу под влиянием ЭМИ КВЧ обнаружено нами впервые. Как свидетельствуют данные литературы [14] и результаты собственных ранее проведенных исследований [17, 18], электромагнитные излучения и других частотных диапазонов после первых воздействий вызывают гипералгетический эффект. Наиболее ярко этот эффект выражен при электромагнитном экранировании [19]. Стадии гипералгезии при воздействии ЭМИ КВЧ, по-видимому, соответствует обострение болевого синдрома, имеющего место при КВЧ-терапии.

Как показали проведенные исследования, в механизмах этого действия важную роль играет опиоидная система.

Ежедневная инъекция налоксона интактным животным в течение 21-суточного эксперимента приводит к разнонаправленным изменениям в различные дни исследования показателей ноцицептивной чувствительности моллюсков относительно животных, которым вводился физиологический раствор в эквивалентном объеме (рис. 2). Однако эти изменения во все сроки наблюдения были недостоверны.

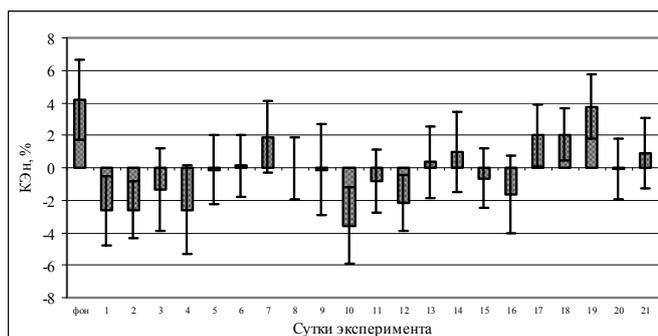


Рис. 2. Динамика ($\bar{x} \pm S\bar{x}$) коэффициента эффективности налоксона у интактных моллюсков.

У моллюсков, которым перед каждым воздействием ЭМИ КВЧ вводили неселективный блокатор опиоидных рецепторов налоксон, отмечены фазные изменения ноцицепции, но они были гораздо менее выражены по сравнению с изменениями, вызываемыми только ЭМИ КВЧ.

В течение первых-третьих суток эксперимента снижение $KЭ_{ЭМИ\ КВЧ+Н}$ у животных этой группы было выражено больше (до -6,1%), чем у интактных моллюсков и животных, которым вводился физиологический раствор, хотя эти изменения были недостоверны, т.е. начальная фаза гипералгезии при введении налоксона более выражена. В эту стадию зарегистрированы близкие к нулю $KЭ_n$ (рис. 3), т.е. гипералгетический эффект может быть связан не только с опиоидной системой.

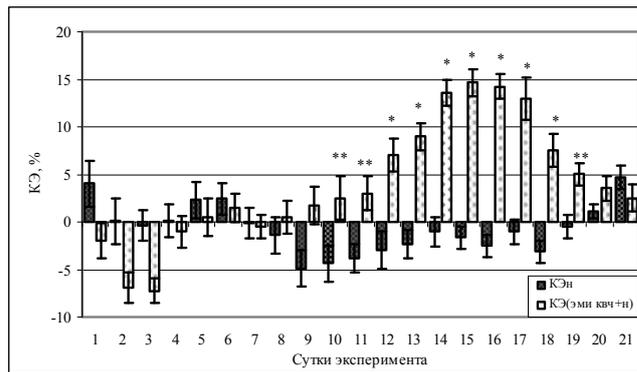


Рис 3. Динамика ($\bar{x} \pm S\bar{x}$) коэффициента эффективности (%) налоксона и коэффициента эффективности (%) ЭМИ КВЧ при предварительном введении налоксона ($KЭ_{ЭМИ\ КВЧ+н}$).

Примечание: * – достоверность различий между $KЭ_n$ и $KЭ_{ЭМИ\ КВЧ+н}$. * – ($p_1 < 0,001$), ** – ($p_1 < 0,01$), *** – ($p_1 < 0,05$).

С четвертых по восьмые сутки $KЭ_{ЭМИ\ КВЧ}$ постепенно нарастал, т.е. развивался гипоалгетический эффект, однако, введение налоксона полностью ингибировало этот процесс, что свидетельствует о полной опиоидобусловленности гипоалгетического эффекта ЭМИ КВЧ в этот период. С девярых суток эксперимента гипоалгетический эффект ЭМИ КВЧ под влиянием налоксона начинает только редуцироваться, а не аннулироваться. При постепенном возрастании этого эффекта до 16 суток $KЭ_n$ прогрессивно снижается, т.е. роль последнего в снижении гипоалгезии прогрессивно уменьшается, приближаясь к нулю, и, начиная с 14 суток, $KЭ_{ЭМИ\ КВЧ}$ сравниваемых групп не отличается друг от друга. Таким образом, в эти сроки опиоиды не участвуют в развитии гипоалгетического эффекта ЭМИ КВЧ.

Следовательно, степень снижения антиноцицептивного эффекта ЭМИ КВЧ налоксоном существенно зависит от продолжительности воздействия: с увеличением числа воздействий ЭМИ КВЧ налоксон оказывает все менее выраженное действие. Такое явление было обнаружено A.W. Thomas et al. (1997) [20] при изучении роли налоксона, а также специфических блокаторов опиоидных рецепторов в антиноцицептивном действии импульсного магнитного поля у моллюсков *Sepaea nemoralis*. Этот феномен, по-видимому, связан с развитием толерантности опиоидной системы к действию ЭМИ.

Таким образом, опиоидная система участвует в развитии антиноцицептивного эффекта ЭМИ КВЧ. На разных этапах его продолжительного действия, роль этой системы в обеспечении гипоалгетического эффекта неодинакова. Обнаружено, что после 15-тикратного воздействия ЭМИ КВЧ гипоалгетический эффект лишь частично опиоидобусловлен, т.к. он редуцируется, но не аннулируется неспецифическим блокатором опиоидных рецепторов. Роль опиоидов уменьшается с увеличением числа воздействий, что связано с развитием толерантности опиоидной системы к действию ЭМИ КВЧ.

Результаты проведенных исследований согласуются с имеющимися литературными данными. Так, обнаружено, что однократное внутрибрюшинное введение налоксона приводит к уменьшению антиноцицептивного эффекта ЭМИ КВЧ при тонической (на 60,4%), висцеральной (на 39,7%) и острой термической (на 6,3%) боли [9].

Селективные блокаторы δ - и κ -опиоидных рецепторов у мышей с моделированной хронической не нейропатической болью, введенные перед однократным воздействием ЭМИ КВЧ, снимают антиноцицептивное действие ЭМИ КВЧ, тогда как применение блокаторов μ -рецепторов не влияет на выраженность антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ у мышей [6].

О вовлечении опиоидной системы в реализации эффектов, вызываемых ЭМИ КВЧ, свидетельствуют также данные о способности налоксона редуцировать эти эффекты. Например, введение налоксона нивелирует антистрессорное действие ЭМИ КВЧ [21, 22], его способность тормозить рост меланомы B16 F10 у мышей [23], увеличивать продолжительность анестезии, вызванной кетаминном или хлоралгидратом [8], способность ЭМИ КВЧ оказывать противозудное действие [24]. Применение селективных блокаторов опиоидных рецепторов свидетельствует о преимущественном участии в реакциях на действие ЭМП энкефалиновой системы [6, 20].

Неопиоидобусловленная магнитоиндуцированная аналгезия может быть вызвана изменением активности и других систем, обеспечивающих ноцицепцию. Сравнительный анализ аналгетической эффективности ЭМИ КВЧ при экспериментально вызванной тонической боли на фоне предварительного введения блокаторов всех субтипов опиоидных рецепторов, ингибитора синтеза серотонина, α - и β -адреноблокаторов, блокаторов дофаминовых и мелатониновых рецепторов, проведенный Е.Н. Чуян и др. (2006), позволил сделать вывод о том, что в зависимости от времени протекания болевой реакции аналгетическое действие ЭМИ КВЧ обеспечивается различными эндогенными системами. В ранней стадии ведущую роль в механизмах обезболивающего действия ЭМИ КВЧ играет опиоидная система, мелатонин, норадреналин, в более поздней – серотонин [9].

Таким образом, в антиноцицептивном действии ЭМИ КВЧ важную роль играет опиоидная система, степень участия которой на разных этапах воздействия ЭМИ КВЧ неодинакова. Кроме того, в реализации этого эффекта участвуют и другие системы, обеспечивающие ноцицепцию. Дальнейшие исследования позволят конкретизировать участие каждый из них в обеспечении антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ.

ВЫВОДЫ

1. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ вызывает выраженный гипоалгетический эффект у моллюсков *Helix albescens*.
2. В механизмах антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ важное значение имеет опиоидная система, роль которой на разных этапах воздействия ЭМИ КВЧ неодинакова.

Список литературы

1. Применение низкоинтенсивных электромагнитных миллиметровых волн в медицине / Н.Д. Девятков, Ю.Л. Арзуманов, О.В. Бецкий [и др.] // Сб. докл. 10-го Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: ИРЭ РАН. – 1995. – С. 6–8.
2. Функциональная асимметрия у человека и животных: влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона / [Чуян Е.Н., Темуриянц Н.А., Пономарева В.П., Чирский Н.В.]. – Симферополь: ЧП «Эльфинь», 2004. – 440 с.
3. Кузьменко В.М. Роль мікрохвильової резонансної терапії в комплексному лікуванні хворих на церебральний атеросклероз / В.М. Кузьменко // Лікувальна справа. – 1998. – № 7. – С. 146–148.
4. Теппоне М.В. Крайне высокочастотная (КВЧ) - терапия в онкологии / М.В. Теппоне, Р.С. Авакяна // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2003. – № 1 (29). – С. 3–19.
5. Usichenko T.I. Treatment of chronic pain with millimetre wave therapy (MWT) in patients with diffuse connective tissue diseases: a pilot case series study / T.I. Usichenko, H.F. Herget // Eur. J. Pain. – 2003. – Vol. 7. – P. 289–294.
6. Electromagnetic millimeter wave induced hypoalgesia: frequency dependence and involvement of endogenous opioids / A.A. Radziewsky, O.V. Gordiienko, S. Alekseev [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2008. – Vol. 29. – P.284–295.
7. Millimeter wave induced hypoalgesia in mice: Dependence on type of experimental pain / A.A. Radziewsky, O.V. Gordiienko, A. Cowan [et al.] // IEEE Trans Plasma Sci. – 2004. – Vol. 32. – P. 1634–1643.
8. Rojavin M.A. Electromagnetic millimeter waves increase the duration of anaesthesia caused by ketamine and chloral hydrate in mice / M.A. Rojavin, M.C. Ziskin // Int J Radiat Biol. – 1997. – Vol. 72. – P. 475–480.
9. Чуян Е.Н. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е.Н. Чуян, Э.Р. Джелдубаева. – С.: «ДИАЙПИ», 2006. – 508 с.
10. Frey A.H. Electromagnetic field interactions with biological systems / A.H. Frey // FASEB J. – 1993. – Vol. 7 (2). – P. 272–281.
11. Kavaliers M. Environmental specificity of tolerance to morphine-induced analgesia in a terrestrial snail: generalization of the behavioral model of tolerance / M. Kavaliers, M. Hirst // Pharmacol. Biochem. Behav. – 1986. – Vol. 25. – P. 1201–1206.
12. Martin W.R. Naloxone / W.R. Martin // Ann. Intern. Med. – 1976. – Vol. 85 (6). – P. 765–768.
13. Вишневский В.Г. Установка для определения параметров болевой чувствительности наземных моллюсков / В.Г. Вишневский, А.С. Костюк, Н.А. Темуриянц // Физика живого. – 2009. – Т. 17(2). – С. 174–178.
14. Prato F.S. Extremely low frequency magnetic fields can either increase or decrease analgesia in the land snail depending on field and light conditions / F.S. Prato, M. Kavaliers, A.W. Thomas // Bioelectromagnetics. – 2000. – Vol. 21. – P. 287–301.
15. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. / Боровиков В. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
16. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – Киев: Модмон, 2000. – 319 с.
17. Костюк А.С., Туманянц К.Н. Динамика болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens* при действии низкоинтенсивных электромагнитных излучений крайних частотных диапазонов // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010, – Т. 23 (62), – №2, – С. 116–122.
18. Темуриянц Н.А. Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты на болевую чувствительность моллюсков *Helix albescens* / Н.А. Темуриянц, А.С. Костюк, К.Н. Туманянц // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2010. – №1. – С. 39–45.
19. Костюк А.С. Динамика болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens* в условиях продолжительного электромагнитного экранирования / А.С. Костюк, Н.А. Темуриянц // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61). – № 3. – С. 75–82.

20. Pulsed magnetic field induced "analgesia" in the land snail, *Cepaea nemoralis*, and the effects of μ , δ , and κ opioid receptor agonists/antagonists / A.W. Thomas, M. Kavaliers, F.S. Prato [et al.] // *Peptides*. – 1997. – Vol. 18. – P. 703–709.
21. Чуян Е.Н. Роль опиоидных пептидов в изменении концентрации цитокинов в плазме крови крыс при действии низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты / Е.Н. Чуян, М.М. Махонина // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*. – 2006. – Т. 19 (58), № 2. – С. 131–136.
22. Чуян Е.Н. Роль опиоидных пептидов в изменении функциональной активности нейтрофилов и лимфоцитов крови крыс при изолированном и комбинированном с гипокинезией воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ / Е.Н. Чуян, М.М. Махонина // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, серия «Биология, химия»*. – 2005. – Т. 18 (57), № 2. – С. 169–177.
23. Millimeter wave-induced suppression of B16 F10 melanoma growth in mice: Involvement of endogenous opioids / A.A. Radziewsky, O.V. Gordienko, I. Szabo [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 2004. – Vol. 25. – P. 466–473.
24. Delta 1 and kappa-opioid receptor subtypes involved in the hypoalgesic effect of millimeter wave treatment / O. Gordienko, A. Radziewsky, A. Cowan [et al.] // *Abstract Juenty-Fourth Annual Meeting in Cooperation with the European Bioelectromagnetics Association*. – Canada. – 2002. – P. 27.

Темур'янц Н.А. Реакції молюсків *Helix albescens* на дію низкоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти / Н.А. Темур'янц, О.М. Чуян, О.С. Костюк, К.М. Туманянц, О.М. Туманянц // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 316-324.

Досліджено вплив низкоінтенсивного ЕМВ НВЧ на параметри ноціцептивної чутливості молюсків *Helix albescens*. Показано, що ЕМВ НВЧ має виражену антиноціцептивну дію, у регуляції механізмів якої важливе значення відіграє опіоїдна система, роль якої на різних етапах впливу ЕМВ НВЧ неоднакова.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання надвисокої частоти, ноціцептивна чутливість, опіоїдна система, молюски.

Temuryants N.A. Reaction of molluscs *Helix albescens* for low intensity electromagnetic radiation effects of extremely high frequency / N.A. Temuryants, E.N. Chuyan, A.S. Kostyuk, K.N. Tumanyants, E.N. Tumanyants // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 316-324.

The effect of low-intensity EMR EHF on the parameters of nociceptive sensitivity of molluscs *Helix albescens*. It is shown that EMR EHF has a pronounced antinociceptive effect in the regulation mechanisms of which the importance played by opioid system, whose role at different stages of the impact of EMR EHF varies.

Keywords: electromagnetic radiation of extremely high frequency, nociceptive sensitivity, opioid systems, mollusks.

Поступила в редакцію 17.09.2011 г.