

**УДК 594:612.884/615.849.11**

## **НОЦИЦЕПЦИЯ МОЛЛЮСКОВ *HELIX ALBESCENS* ПРИ ЭКРАНИРОВАНИЯ В МЕДНОМ ЭКРАНЕ**

*Костюк А.С.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: timur@crimea.edu*

Исследовано влияние электромагнитного экрана, изготовленного из текстолита, ослабляющего электрическое поле и переменное магнитное поле радиочастот, на параметры ноцицепции моллюсков *Helix albescens*. Обнаружено, что изменения ноцицепции носят фазный характер: I фаза – увеличение ноцицептивной чувствительности на 6,42% (гипералгезия), II фаза – развитие антиноцицептивного эффекта (снижение ноцицептивной чувствительности на 5,90%), III фаза стабилизация параметров ноцицепции на исходном уровне данных. Показано, что пребывание моллюсков в медном экране вызывает лишь тенденцию к изменению инфранианной ритмики параметров ноцицепции.

**Ключевые слова:** ноцицепция, электромагнитное экранирование, инфранианная ритмика, моллюски.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из ясно выраженных тенденций в современной экологической физиологии и биофизики является учет все новых параметров, влияющих на процессы жизнедеятельности. Их число резко увеличилось после того, как в научной обиход вошла концепция о биологической роли микродоз [1]. Эта концепция оказалась плодотворной и для доказательства экологической роли электромагнитных полей (ЭМП) естественного происхождения [2]. Развитию этой концепции должны способствовать не только разнообразные эксперименты с активным воздействием низкоинтенсивных ЭМП, но и исследования эффектов изоляции от них (экранирования). Такие эксперименты проводятся в основном при значительных ослаблениях как статического, так и переменного МП (ПеМП) [3–5], тогда как эффекты слабого электромагнитного экранирования (ЭМЭ) изучены совершенно не достаточно. Кроме того, не определен основной фактор, ответственный за эффекты экранирования.

Показано, что наиболее сенситивной к действию электромагнитных факторов является ноцицептивная чувствительность [6–9], которая рассматривается как способность животных реагировать на стимулы, представляющие угрозу повреждения тканей [10, 11]. Об изменении ноцицепции животных в условиях значительного экранирования сообщается лишь в единичных работах [6]. Ранее нами показано [12], что пребывание животных в ферромагнитном экране (коэффициент экранирования статического МП по вертикальной составляющей равнялся 4,4, а по горизонтальной – 20, коэффициент экранирования ПеМП низких частот – около трех), сопровождается фазными изменениями ноцицепции.

Согласно современным представлениям под влиянием электромагнитных факторов изменяется не только не столько динамика исследуемых показателей, а их ритмическая организация. Показано, что в условиях экранирования изменяется циркадианная ритмика некоторых показателей, тогда как изменения периодических процессов с большей длительностью (многодневные, сезонные ритмы) не изучены.

Для определения основного фактора, ответственного за эффекты экранирования, необходимо проведение экспериментов с применением экранов из различных материалов, ослабляющих МП других диапазонов.

В связи с изложенным целью настоящего исследования было выявление изменений динамики и инфрадианной ритмики ноцицептивной чувствительности моллюсков *Helix albescens* в условиях многодневного пребывания в медном экране.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование изменений ноцицепции в условиях экранирования выполнено на наземных брюхоногих моллюсках *Helix albescens*, широко распространенных на территории Крымского полуострова и применяемых в экспериментах для выявления биологической активности разнообразных экологических факторов. Сбор моллюсков производился в поле, вдали от предприятий, линий электропередач. В эксперименте использовались половозрелые животные, одинаковые по массе и размерам.

О состоянии ноцицепции животных судили по порогу (П) и латентному периоду (ЛП) реакции избегания (РИ) в тесте «горячая пластинка» [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.

Для определения влияния экранирования на ноцицепцию моллюсков *Helix albescens* было проведено несколько серий экспериментов. В каждой серии экспериментов животных делили на две равноценные группы по 20 особей в каждой. Моллюски первой группы (контроль) находились в стандартных лабораторных условиях при температуре воздуха  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ , высокой влажности и продолжительности фаз свет-темнота (L:D) 1:23 ч. Животных второй группы каждый день помещали на 23 часа в экранирующую камеру на протяжении 21 дня.

Экранирующая камера размерами  $410 \times 260 \times 260$  мм<sup>3</sup> была изготовлена из текстолита толщиной 2 мм. Поверхность текстолита фольгирована электротехнической медью, толщиной 10 мкм. Коэффициент ослабления постоянной составляющей геомагнитного поля, измеренный с помощью феррозондового магнитометра, составил: по вертикальной составляющей 1,5 раза, по горизонтальной – 4 раза. Отличительной особенностью экрана является экранирование электрического поля и ПемП радиочастот.

Измерения проведены совместно с Н.И. Богатиной – кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Физико-технического института низких температур НАН Украины, г. Харьков.

Эффект влияния экранирования на параметры ноцицептивной чувствительности оценивался по коэффициенту его эффективности КЭ [6]. Каждое из измеряемых значений КЭ как в опыте ( $K_o$ ), так и в контроле ( $K_k$ ) являлось результатом усреднения данных измерения на 20 животных:

$$KЭ = \frac{(Kэ - Kк) \pm (\sigmaэ \pm \sigmaк)}{(Kк \pm \sigmaк)} \cdot 100\%$$

где КЭ – коэффициент эффективности, К<sub>э</sub> – параметры ноцицептивной чувствительности в экспериментальной группе, К<sub>к</sub> – параметры ноцицепции в контрольной группе животных, σ<sub>э</sub> и σ<sub>к</sub> – среднеквадратические отклонения измерений в опыте и контроле соответственно.

В качестве основного метода анализа продолжительности периодов и амплитудно-фазных характеристик исследуемых показателей в настоящем исследовании использовали быстрое преобразование Фурье, обеспечивающее разложение временного ряда на конечное число элементарных периодических компонент, и программу косинор-анализа (решение систем линейных уравнений методом Крамера), дающие полное представление о структуре физиологических ритмов [14].

Статистическую обработку и анализ материала проводили с помощью параметрических методов, применение которых позволила проверка полученных данных на закон нормального распределения. Вычисляли среднее значение исследуемых величин, ошибку средней.

Для оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента. Оценивалась достоверность различий параметров ноцицептивной чувствительности в каждый день между данными групп (p<sub>1</sub>), между исходными данными и данными каждого дня (p<sub>2</sub>).

Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel и программного пакета «STATISTICA – 6.0» [15, 16].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Динамика показателей ноцицепции моллюсков, находящихся в медном экране.* Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что данные П и ЛП РИ термического стимула у моллюсков контрольной группы изменяются фазно. Так, с первых по седьмые сутки эксперимента происходило плавное снижение изучаемых показателей: П уменьшался с 30,98°C до 30,58°C, ЛП – с 10,59 с до 9,98 с. В последующие трое суток наблюдения значения параметров ноцицепции несколько увеличивались, однако с 11 суток опыта отмечалось повторенное снижение П и ЛП РИ. Минимального значения показатели интактных моллюсков достигали на 19 сутки исследования, когда снижались относительного фоновых значений П на 1,88%, ЛП – на 8,35%, т.е. составили 30,39±0,11°C и 9,70±0,16 с соответственно. В последующие двое суток отмечалось постепенное возрастание изучаемых показателей.

Анализ динамики параметров ноцицепции у моллюсков, которые длительное время пребывали в экране, изготовленном из текстолита, экранирующем электрическое поле и ПемП радиочастот, показал, что П изменялся в пределах от 30,2±0,147°C до 30,958±0,042°C; ЛП – от 9,412±0,223 с до 10,563±0,063 с. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что ослабление ЭМП, создаваемое медным экраном, вызывает фазные изменения показателей ноцицепции животных. Начальная

фаза характеризуется снижением П и ЛП РИ, развивающимся медленно в течение первых-седьмых суток наблюдений (рис. 1). Минимальное значение КЭ было отмечено на шестые сутки, когда оно составило  $-6,42 \pm 2,54\%$  ( $p_2 < 0,001$ ). Эти изменения отражают увеличение чувствительности моллюсков к ноцицептивному стимулу.

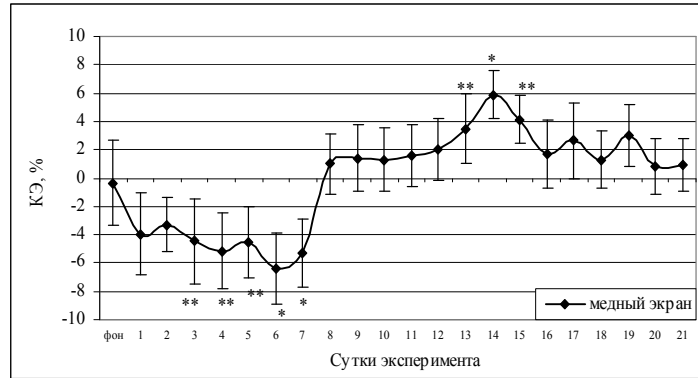


Рис. 1. Динамика коэффициента эффективности (%) ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) экранирования в медной камере.

Примечание: \* – достоверность различий данных у моллюсков в условиях экранирования относительно значений интактной группы животных: \* – ( $p_1 < 0,001$ ), \*\* – ( $p_1 < 0,01$ ).

II фаза заключалась в повышении значений показателей ноцицептивной реакции относительно исходного уровня, зарегистрированное после восьмидесяти суток эксперимента. В эти сроки КЭ приобретает положительный знак и достигает своего максимального значения на 14 сутки исследования ( $5,90 \pm 1,74\%$  ( $p_1 < 0,001$ )), что свидетельствует о снижении чувствительности моллюсков к термическому стимулу, т.е. развитии антиноцицептивного эффекта. В последующие дни наблюдалось постепенное снижение этого эффекта и достижение его значений исходного уровня.

В более ранних работах нами также были продемонстрированы трехфазные изменения ноцицепции у моллюсков, которые длительное время пребывали в ферромагнитном экране [12]. При сравнении динамики параметров ноцицепции у моллюсков, находящихся в экранах, изготовленных из различных материалов, отмечены некоторые сходства и различия их эффектов. В обоих случаях развиваются фазные изменения П и ЛП РИ, однако, ферромагнитный экран вызывает более выраженные изменения ноцицепции: КЭ в I и во II фазе изменяется в 2 раза больше, чем в медном экране. Таким образом, ослабление электрического поля и ПемП радиочастот приводит к менее выраженным изменениям ноцицепции, чем ослабление ПемП низких частот.

Во многих исследованиях было показано, что результат экспериментов существенно зависит от многих условий проведения опытов, в частности, от материалов экрана. Так, в экспериментах С.А. Алферова и др. (1981) [17] были получены данные, что у *E. coli* повышается устойчивость к действию ультрафиолетового облучения при использовании стального экрана. Исследования Ю.Н. Ачкасова с сотр. (1973) показали, что электромагнитный экран (4 мм латуни,

ослабление радиоволн с частотой выше примерно 2 кГц) приводит к подавлению жизнедеятельности бактерий, а пермалловый (трехслойный) – к некоторой ее стимуляции [18].

Исследователям Томского Медицинского института им. П.М. Нагорского (А.М. Опалинской, Л.П. Агуловой, Г.Ф. Плехановым (1973, 1984)) удалось выяснить, что время оседания и флуктуации ViOC1 уменьшались в стальном на 37% и в 1,5 раза и пермалловом экранах на 50% и в 2,6 раза соответственно. Подобное уменьшение флуктуации отмечено в опытах с агглютинацией брюшнотифозных бактерий *Salmonella t.* с применением таких же экранирующих объемов из стали и пермаллоя [19, 20].

В экспериментах на растительных объектах было обнаружено, что при изоляции растений проводящей сеткой (от электрического поля и радиоволн) эффект сильно зависит от погодных условий [21]. Частичное электромагнитное экранирование влияет на водопоглощающую способность семян [22], а глубокое – вызывает задержку в прорастании семян, замедляет рост проростков у таких растений, как горох, чечевица, лен воспроизводилась [23, 24], а также по-разному сказывается на левые и правые изомеры лука [25].

В работах М.П. Травкина, Н.М. Антоновой (1973) [26], а также в исследованиях В.М. Афоной и др. (1973) [27] на *Drosophila melanogaster* обнаружено, что ферромагнитные экраны при коэффициенте экранирования  $10\text{-}10^5$  снижали плодовитость и продолжительность жизни плодовых мушек. При пребывании термитов *Heterotermes indicola* в боксах из полистирола отмечено появление корреляции пищевого потребления и строительной активности с индексом магнитной активности [28–30]. Электромагнитный экран из алюминия толщиной 20 мм вызывал не только увеличение пищевого потребления, но и приводит к задержке эмбрионального развития и торможению строительства вертикальных галерей. Медный экран (1 мм) или сетка действовали аналогично, но менее эффективно.

Таким образом, проведенные нами исследования дополняют имеющиеся литературные сведения о зависимости выраженности экранообусловленных изменений процессов жизнедеятельности от свойств экрана, ослабляющего МП различных диапазонов.

Известно, что спектр ЭМП, регистрируемый на поверхности Земли охватывает огромный частотный диапазон, причем для различных диапазонов источники ЭМП различны. Экраны, изготовленные из различных материалов, могут ослаблять не только статическое магнитное и электрическое поле, но и ПеМП различных частотных диапазонов. Таким образом, при пребывании биологических объектов в экранированном объеме мы имеем дело с влиянием на него спектра ЭМП, отличного от такового вне экрана. Потому, регистрируемые в экране изменения могут быть обусловлены ослаблением интенсивности ЭМП любого диапазона.

Так, в работе E. Choleric et al. (2002) исследовано изменение стрессиндуцированной аналгезии у мышей в экранах с различными свойствами [8]. Подобные эксперименты позволили сделать вывод о том, что ингибирование стрессиндуцированной аналгезии было обнаружено только при экспозиции животных в боксе из  $\mu$ -металла, ослабляющего как статическое МП, так и ПеМП

сверхнизкочастотного диапазона, но не в кольцах Гельмгольца. Известно, что кольца Гельмгольца ослабляют только постоянную составляющую МП Земли, тогда как  $\mu$ -металл – и постоянную и переменную компоненты. Таким образом, эффекты экранирования не могут быть связаны только с ослаблением постоянного МП.

При пребывании животных в медном экране, который ослабляет только электрическое поле и ЭМП радиочастот, исследуемые показатели незначительно изменялись, т.е. электрическое поле также не может рассматриваться как фактор, обеспечивающий эффекты экранирования.

*Инфрадианная ритмика показателей ноцицепции при экранировании в медной камере.* Как свидетельствуют проведенные исследования, электромагнитная депривация модифицирует и инфрадианную ритмику ноцицепции моллюсков.

Применение спектрального анализа нами выявлена инфрадианная периодичность П и ЛП РИ интактных моллюсков в осенний сезон года. В динамики инфрадианной ритмики животных контрольной группы выделено семь периодов:  $\approx 2,37^d$ ,  $\approx 2,91^d$ ,  $\approx 3,46^d$ ,  $\approx 4,13^d$ ,  $\approx 5,12^d$ ,  $\approx 7,11^d$ ,  $\approx 9,14^d$  (табл. 1).

**Таблица 1.**  
Данные спектрального анализа латентного периода моллюсков *Helix albescens* при экранировании в медной камере

	Группы животных	
	Контроль	Медный экран
Период (сутки)	2,42	2,51
Амплитуда (усл.ед.)	0,041±0,004	0,049±0,008
Фаза (радианы)	1,490±0,123	2,972±0,068
Период (сутки)	2,67	2,98
Амплитуда (усл.ед.)	0,042±0,005	0,035±0,005
Фаза (радианы)	1,240±0,005	2,907±0,005
Период (сутки)	3,37	---
Амплитуда (усл.ед.)	0,048±0,006	---
Фаза (радианы)	2,407±0,662	---
Период (сутки)	3,76	4,00
Амплитуда (усл.ед.)	0,041±0,004	0,053±0,007
Фаза (радианы)	2,522±0,826	3,813±0,061
Период (сутки)	---	4,92
Амплитуда (усл.ед.)	---	0,059±0,009
Фаза (радианы)	---	4,931±0,087
Период (сутки)	6,4	6,74
Амплитуда (усл.ед.)	0,049±0,006	0,059±0,010
Фаза (радианы)	2,306±0,201	3,978±0,097
Период (сутки)	9,14	---
Амплитуда (усл.ед.)	0,060±0,006	---
Фаза (радианы)	2,523±0,234	---

В спектре мощности у интактных моллюсков с помощью экспоненциального анализа обнаружено увеличение значений амплитуды с увеличением длины периода. Следовательно, амплитуды колебались в пределах от 0,030 усл.ед. до 0,047 усл.ед. В исследуемом спектре доминирующим периодом у интактных животных явился период продолжительностью  $\approx 9,14$  суток с амплитудой  $0,047 \pm 0,005$  усл.ед.

Спектр ЛП РИ у моллюсков, находящихся в условиях ослабления ЭМП в медном экране, состоял из пяти периодов, продолжительность которых составила  $\approx 2,51$ ;  $\approx 2,98$ ;  $\approx 4,00$ ;  $\approx 4,92$  и  $\approx 6,74$  суток. Значения амплитуды колебались от  $0,035 \pm 0,005$  до  $0,059 \pm 0,010$  усл.ед. Доминирующего спектра в инфранианной ритмике выделено не было, так как в периодах продолжительностью  $\approx 4,92$  и  $\approx 6,74$  суток амплитуды были практически равны и составили 0,059 усл.ед. (рис. 2). Экспоненциальная модель данных позволила выявить тенденцию к увеличению амплитуд с увеличением длины периода.

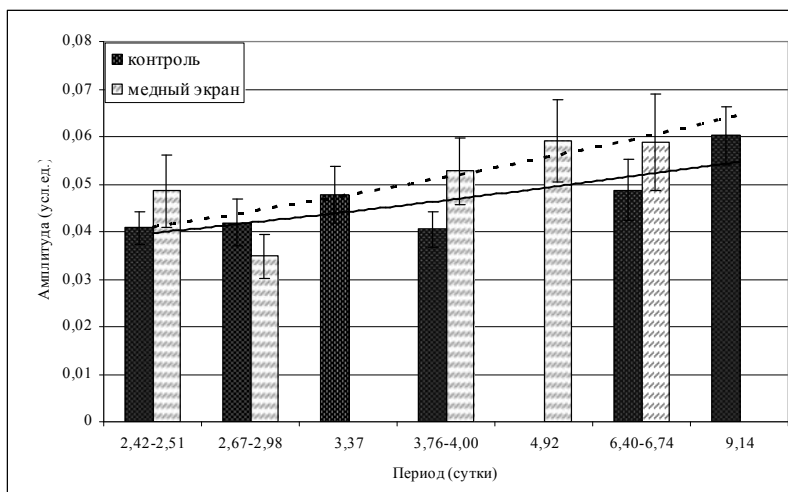


Рис. 2. Спектры периодов инфранианной ритмики латентного периода ноцицепции у интактных моллюсков и у животных в условиях экранирования в медном экране.

Как показали проведенные исследования, пребывание моллюсков в медном экране сопровождалось некоторыми изменениями инфранианной ритмики параметров ноцицепции. Так, при экранировании не обнаруживались периоды  $\approx 3,37^d$ ;  $\approx 9,14^d$ , характерные для интактных моллюсков, однако отмечено появление нового периода продолжительностью  $\approx 4,92$  суток. Достоверных различий амплитуд, а также фазных сдвигов выявлено не было. Следовательно, различия инфранианной ритмики, выявленные в параметрах ноцицепции у животных, находящихся в медном экране, и интактных животных, проявляются в структуре спектров выделенных ритмов. Эти изменения менее выражены, чем при пребывании животных в ферромагнитном экране.

Полученные нами данные о способности ослабленного МП изменять инфранианную ритмику согласуются с имеющимися литературными данными. Изменения ритмических процессов в условиях экранирования обнаружено и в других исследованиях. А.П. Дубров (1968, 1974) наблюдал нарушения суточной ритмики выделения органических веществ корнями проростков ячменя по сравнению с контрольными растениями, находящимися в условиях компенсации гипомагнитного поля до уровня  $\pm 90$  нТл, с помощью колец Баренбека [31, 32].

R. Wever (1973) выявил изменения циркадианного ритма кардиореспираторной системы у добровольцев, находившихся в экранирующем бункере [33]. Обнаруженные нами изменения параметров ИР ноцицепции могут быть связаны с ослаблением внешних датчиков времени, обусловленным экранированием.

Было обнаружено влияние МП других параметров на ритмику параметров ноцицепции. Так, Э.Р. Желдубаева описала это явление при действии ЭМИ КВЧ [34]. Показано также, что ПеМП частотой 60 Гц индукцией 0-2,5 мТл изменяет циркадианную ритмику болевого порога у мышей [35].

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что пребывание животных в экране, изготовленном из текстолита, ослабляющем электрическое поле и ПеМП радиочастот, вызывает фазные изменения ноцицепции моллюсков, а также лишь тенденцию к изменению инфранианной ритмики изучаемых параметров.

Таким образом, важную роль в эффектах экранирования играет не только ослабление интенсивности статического поля и ПеМП определенных диапазонов, а изменения их соотношения, т.е. изменения всего спектра действующих ЭМП.

## ВЫВОД

Многодневное пребывание животных в экране, изготовленном из текстолита, ослабляющего электрическое поле и ПеМП радиочастот, вызывает трехфазные изменения ноцицепции моллюсков: увеличение чувствительности к термическому стимулу (первые-седьмые сутки наблюдения,  $KЭ = -6,42 \pm 2,54\%$ ) сменяется развитием антиноцицептивного эффекта (14 сутки,  $KЭ = 5,90 \pm 1,74\%$ ) и дальнейшим возвращением параметров ноцицепции к исходному уровню данных, а также лишь тенденцию к изменению инфранианной ритмики изучаемых параметров.

## Список литературы

1. Бурлакова Е.Б. Особенности действия сверхмалых доз биологически активных веществ и физических факторов низкой интенсивности / Е.Б. Бурлакова // Российский химический журнал. – 1999. – Т. XLIII, № 5. – С. 3–11.
2. Владимирский Б.М. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу (Гелиобиология от А.Л. Чижевского до наших дней) / Б.М. Владимирский, Н.А. Темурьянц. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 374 с.
3. Adey W.R. Frequency and power window in tissue interactions with weak electromagnetic fields / W.R. Adey // Proc. IEEE. – 1980. – Vol. 68 (1). – P. 119.
4. Kavaliers M. Repeated naloxone treatments and exposures to weak 60-Hz magnetic fields have 'analgesic' effects in snails / M. Kavaliers, K. Ossenkopp // Brain Res. – 1993. – Vol. 620(1). – P. 159–162.



5. Jenrow K.A. Weak extremely-low-frequency magnetic field-induced regeneration anomalies in the planarian *Dugesia tigrina* / K.A. Jenrow, C.H. Smith, A.R. Liboff // *Bioelectromagnetics*. – 1996. – Vol. 17 (6) – P. 467–474.
6. 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.
7. Exposure to a hypogeomagnetic field or to oscillating magnetic fields similarly reduce stress-induced analgesia in C57 male mice / C. Del Seppia, P. Luschi, S. Ghione [et al.] // *Life Sci*. – 2000. – Vol. 66 (14). – P. 1299–1306.
8. Shielding, but not zeroing of the ambient magnetic field reduces stress-induced analgesia in mice / E. Choleris, Seppia Del, A.W. Thomas [et al.] // *Proceedings. Biological sciences. The Royal Society*. – 2002. – Vol. 269. – P. 193–201.
9. Чуян Е.Н. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е.Н. Чуян, Э.Р. Джелдубаева // Монография, Симферополь: «ДИАЙПИ», 2006. – 508 с.
10. Sherrington C.S. The integrative action of nervous system / Sherrington C.S. – Yale University Press: New Haven, 1906. – 411 p.
11. Besson J.M. Peripheral and spinal mechanisms of nociception / J.M. Besson, P. Chaouch // *Physiological Reviews*. – 1986. – Vol. 67. – P. 88–186.
12. Костюк А.С. Динамика болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens* в условиях продолжительного электромагнитного экранирования / А.С. Костюк, Н.А. Темурьянц // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология. Химия» – 2009. – Т. 22 (61). – №3. – С. 75–82.
13. Вишне夫斯基 В.Г. Установка для определения параметров болевой чувствительности наземных моллюсков / В.Г. Вишне夫斯基, А.С. Костюк, Н.А. Темурьянц // *Физика живого*. – 2009. – Т. 17(2). – С. 174–178.
14. Емельянов И.П. Формы колебания в биоритмологии / Емельянов И.П. – Новосибирск: Наука, 1976. – 127 с.
15. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – К.: Модмон, 2000. – 319 с.
16. Боровиков В. *Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд.* / Боровиков В. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
17. Алферов О.А. Влияние ослабленного геомагнитного поля на устойчивость кишечной палочки к ультрафиолетовым лучам / О.А. Алферов, Т.В. Кузнецова // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. – 1981. – Т. 15, № 4. – С. 57–58.
18. Ачкасова Ю.Н. Метаболизм и скорость размножения микроорганизмов, развивающихся при экранировании электрических и магнитных полей / Ю.Н. Ачкасова // *Влияние слабых электромагнитных полей на биологические объекты*. – 1973. – Т. 53. – С. 51–52.
19. Плеханов Г.Ф. Влияние экранирования от геомагнитного поля и искусственного магнитного поля на флуктуацию реакции Пиккарди / Г.Ф. Плеханов, А.М. Опалинская // *Влияние естественных и слабых искусственных магнитных полей на биологические объекты*. – Белгород, 1973. – С. 21–23.
20. Опалинская А.М. Влияние естественных и искусственных электромагнитных полей на физико-химические и элементарные биологические системы (экспериментальное исследование) / А.М. Опалинская, Л.П. Агулова. – Изд. Томского у-та, 1984. – 190 с.
21. Кичигин А.А. Влияние атмосферного электричества на процессы роста и развития растений / А.А. Кичигин // *Доклады АН СССР*. – 1955. – Т. 103, № 3. – С. 513–515.
22. Brown F.A. Inter organisms and environmental influence through extremely weak electromagnetic field / F.A. Brown, C.S. Chow // *Biology Bull*. – 1973. – Vol. 144. – P. 437–439.
23. Влияние флуктуаций геомагнитного поля и его экранирования на ранние фазы развития высших растений / Р.Д. Говорун, В.И. Данилов, В.М. Фомичева [и др.] // *Биофизика*. – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 738–744.
24. Фомичева В.М. Проллиферативная активность и клеточная репродукция в корневых меристемах гороха, чечевицы и льна в условиях экранирования геомагнитного поля / В.М. Фомичева, Р.Д. Говорун, В.И. Данилов // *Биофизика*. – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 745–749.

25. Шрагер Л.Н. Цитогенетический эффект действия ослабленного магнитного полей на правые и левые изомеры / Л.Н. Шрагер // Материалы III Всесоюзного симпозиума «Влияние магнитных полей на биологические объекты». – Калининград, 1975. – С.194–195.
26. Травкин М.П. К вопросам о влиянии ослабленного магнитного поля на развитие и плодовитость *Drosophila m.* / М.П. Травкин, Н.М. Антонова // Влияние естественных и слабых искусственных магнитных полей на биологические объекты. – Белград, 1973. – 82 с.
27. Афонина В.М. Влияние экранирования от электромагнитных полей на продолжительность жизни мух дрозофил / В.М. Афонина, В.Б. Чернышев, С.А. Яровенко // Влияние естественных и слабых искусственных магнитных полей на биологические объекты. – Белград, 1973. – С. 83.
28. Becker G. Korrelation zwischen der Frabaktivität vonn Termiten und der geomagnetischen Aktivität / G. Becker, W. Gerisch // Zeitschrift für angewandte Entomologic. – 1977. – Vol. 84, I. 4. – P. 353–388.
29. Becker G. Influence of Magnetic, Electric and Gravity Fields on Termite Activity / G. Becker // Material and Organisms. – 1976. – Vol. 3. – P. 407–411.
30. Becker G. Communication between Termites by Biofields / G. Becker // Biol. Cybernetics. – 1977. – V. 26. – P. 41–45.
31. Дубров А.П. Влияние гелиогеофизических факторов на проницаемость мембран и суточную ритмичность выделения органических веществ корнями растений / А.П. Дубров // ДАН СССР. – 1968. – Т. 187, № 6. – С. 1429–1431.
32. Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь / Дубров А.П. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 176 с.
33. Wever R.A. Human circadian rhythms ubder the influence of weak electric fields and the different aspects of these studies / R.A. Wever // Int. J. Biometeorol. – 1973. – Vol. 17, No. 3. – P. 227–232.
34. Джелдубаева Э.Р. Антиноцицептивное действие низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.13. «Физиология человека и животных» / Э.Р. Джелдубаева. – Симферополь, 2007. – 20 с.
35. Extremely low frequency magnetic field exposure modulates the diurnal rhythm of the pain threshold in mice / Y.M. Choi, J.H. Jeong, S.K. Jeong [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2003. – Vol. 24 – P. 206–210.

**Костюк О.С. Ноцицепція моллюсків *Helix albescens* в умовах екранування в мідному екрані / О.С. Костюк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), №2. – С. 169-178.**

Досліджено вплив електромагнітного екрана, виготовленого з текстоліту, ослаблюючого електричне поле та змінне магнітне поле радіочастот, на параметри ноцицепції моллюсків *Helix albescens*. Виявлено, що зміни ноцицепції носять фазний характер: I фаза - збільшення ноцицептивної чутливості на 6,42% (гіпералгезія), II фаза - розвиток антиноцицептивного ефекту (зниження ноцицептивної чутливості на 5,90 %, III фаза стабілізація параметрів ноцицепції на вихідному рівні даних. Показано, що перебування моллюсків у мідному екрані викликає лише тенденцію до зміни інфрадіанної ритміки параметрів ноцицепції.

**Ключові слова:** ноцицепція, електромагнітне екранування, інфрадіанна ритміка, моллюски.

**Kostyuk A.S. Nociception of snails *Helix albescens* in shielding in copper shield / A.S. Kostyuk // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 2. – P. 169-178.**

The influence of an electromagnetic shield, made of the textolite, which weakens the electric field and radio frequency alternating magnetic field, the parameters of nociception mollusc *Helix albescens*. It was found that changes in nociception are phase character: I stage – an increase of nociceptive sensitivity to 6.42% (hyperalgesia), II phase - the development of antinociceptive effect (decrease in nociceptive sensitivity to 5.90%, III phase stabilization of parameters of nociception at baseline data . It is shown that the presence of snails in the copper shield is a tendency to change the parameters infradian rhythmicity of nociception.

**Keywords:** nociception, electromagnetic shielding, infradian rhythmicity, snails.

Поступила в редакцію 14.06.2011 г.