

Скорченко // Науч. журнал Труды КубГАУ. – 2011. Вып. 28. – С. 181-184.

10. Медведев, С. В. Аналитический обзор ресурсосберегающих и природных систем земледелия в рисоводстве Краснодарского края / С. В. Медведев, Е. И. Хатхоху // Научный журнал Эпомен. – 2018. – Вып. 13. С. 120-123.

11. Владыкин, С.А. Компьютерно-реализуемые модели оптимизации ресурсопотребления в экологическом рисоводстве/ С.А. Владыкин, Е.И. Гронь, Г.В. Аксенов, А.В. Беззубов / Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО. Материалы международной научн.-практ. конф., посвященной 70-летию Победы в Сталинградской битве. 30 января – 1 февраля 2013 г. г. Волгоград. том 3. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2013. С. 213-215.

12. Владыкин, С.А. Теоретические основы энергетического механизма влияния климата предпосевного периода на формирование

урожайности риса / С.А. Владыкин // Земельные и водные ресурсы: мониторинг эколого-экономического состояния и модели управления: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию Института землеустройства, кадастров и мелиорации (23-25 апреля 2015 г.). – Улан-Удэ: Издво БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2015. – С. 182-187.

13. Прус Д.В., Комплексная оценка природно-ресурсного потенциала формирования устойчивой урожайности культур в условиях Правобережья Кубани / Д.В. Прус, Кайтмесов А.Х., Владыкин С.А. // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам IX Всерос. конф. молодых ученых, посвящ. 75-летию В. М. Шевцова / отв. за вып. А. Г. Кощаев. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – С. 865-867.

14. Дьяченко, Н. П. Оптимизация ресурсного обеспечения рисовой оросительной системы / Н. П. Дьяченко, И. А. Приходько // Науч. журнал Труды КубГАУ. - 2007. № 8. - С. 170-173.

УДК 594:537.312.8

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

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2020.9.74.791](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.9.74.791)

Туманянц Каринэ Николаевна  
кандидат биологических наук, доцент,

г. Симферополь,

Туманянц Елена Николаевна  
кандидат медицинский наук,  
старший научный сотрудник,

г. Симферополь

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

## REACTION OF MOLLUSCS *HELIX ALBESCENS* FOR LOW INTENSITY ELECTROMAGNETIC RADIATION EFFECTS OF EXTREMELY HIGH FREQUENCY

Tumanyants K. N.,  
Tumanyants E. N.

V. I. Vernadsky Crimean Federal University,  
Simferopol, Russian Federation

### АННОТАЦИЯ

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

### ABSTRACT

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.

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

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

### ВВЕДЕНИЕ

Низкоинтенсивное электромагнитное излучение (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ)

все шире применяется для лечения различных заболеваний. Это связано с его выраженным противовоспалительным, антистрессорным,

иммуномодифицирующим, аналгетическим и т.д. свойствами [1, 2]. Однако до сих пор плохо изученными остаются зависимость этих эффектов от параметров излучения, а также механизмы его действия.

Аналгетический 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 выраженной аналгетической эффекта ЭМИ КВЧ от продолжительности имеет важное значение для оптимизации его применения в клинике.

A.H. 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) аналгезию 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  $22\pm2^{\circ}\text{C}$  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 5мг/кг веса животного, второй – эквивалентный объем физиологического раствора (0,9% раствора NaCl). Налоксон и физиологический раствор вводились в одно и тоже время за 15 минут до экспериментального воздействия.

Налоксон является (-)N-Аллил-14-оксинардигидроморфинон, или (-)-17-аллил-4,5-эпокси 3,14-дигидроксиморфинан-6-он гидрохлорида дигидратом, принадлежащим к группе неселективных блокаторов всех субтипов опиоидных рецепторов, устраниет 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  $64\pm12$  минуты [12]).

В качестве источника ЭМИ КВЧ использовали генератор «Явь-1» (длина волны 7,1 мм; плотность потока мощности  $10 \text{ мВт/см}^2$ ). Во время воздействия ЭМИ КВЧ моллюски находились в затемненных условиях в стеклянных аквариумах, книзу 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 teste «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 ( $K_{\text{ЭМИ КВЧ}}$ ) [14]. Каждое из измеряемых значений  $K_{\text{ЭМИ КВЧ}}$  как в опыте ( $K_{\text{ЭМИ КВЧ}}$ ), так и в контроле ( $K_k$ ) являлось результатом усреднения данных измерения на 20 животных:

$$K_{\text{ЭМИ КВЧ}} = \frac{(K_{\text{ЭМИ КВЧ}} - K_k) \pm (\sigma_{\text{ЭМИ КВЧ}} + \sigma_k)}{(K_k \pm \sigma_k)} \cdot 100\%,$$

где  $K_{\text{ЭМИ КВЧ}}$  – коэффициент эффективности ЭМИ КВЧ,  $K_{\text{ЭМИ КВЧ}}$  – параметры ноцицептивной чувствительности при действии ЭМИ КВЧ,  $K_k$  – параметры ноцицепции в контрольной группе животных,  $\sigma_{\text{ЭМИ КВЧ}}$  и  $\sigma_k$  – среднеквадратические

отклонения измерений в группе ЭМИ КВЧ и у интактных животных соответственно.

Таким образом, отрицательные значения КЭ<sub>эм</sub> КВЧ свидетельствовали о развитии состояния относительной гипералгезии (значения П и ЛП ниже, чем в группе контроля), а положительные – о состоянии гипоалгезии.

Эффект влияния наркозона на параметры ноцицептивной чувствительности оценивался по коэффициенту эффективности наркозона (КЭ<sub>н</sub>). Каждое из измеряемых значений КЭ<sub>н</sub> как в опыте (K<sub>н</sub>), так и в контроле (K<sub>к</sub>) являлось результатом усреднения данных измерения на 20 животных:

$$КЭ_н = \frac{(K_н - K_к) \pm (\sigma_н + \sigma_к)}{(K_к \pm \sigma_к)} \cdot 100\%,$$

где КЭ<sub>н</sub> – коэффициент эффективности наркозона, K<sub>н</sub> – параметры ноцицептивной чувствительности в соответствующей экспериментальной группе при дополнительном введении наркозона, K<sub>к</sub> – параметры ноцицепции в контрольной группе животных,  $\sigma_н$  и  $\sigma_к$  – 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<sub>1</sub>), а также между исходными значениями и данными, полученными в каждом дне эксперимента в пределах групп (p<sub>2</sub>). 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. КЭ<sub>эм</sub> КВЧ в этот период снижался до -3,47%, что соответствует развитию гипералгезии. Но уже после четвертого воздействия начинается прогрессирующее возрастание КЭ<sub>эм</sub> 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.

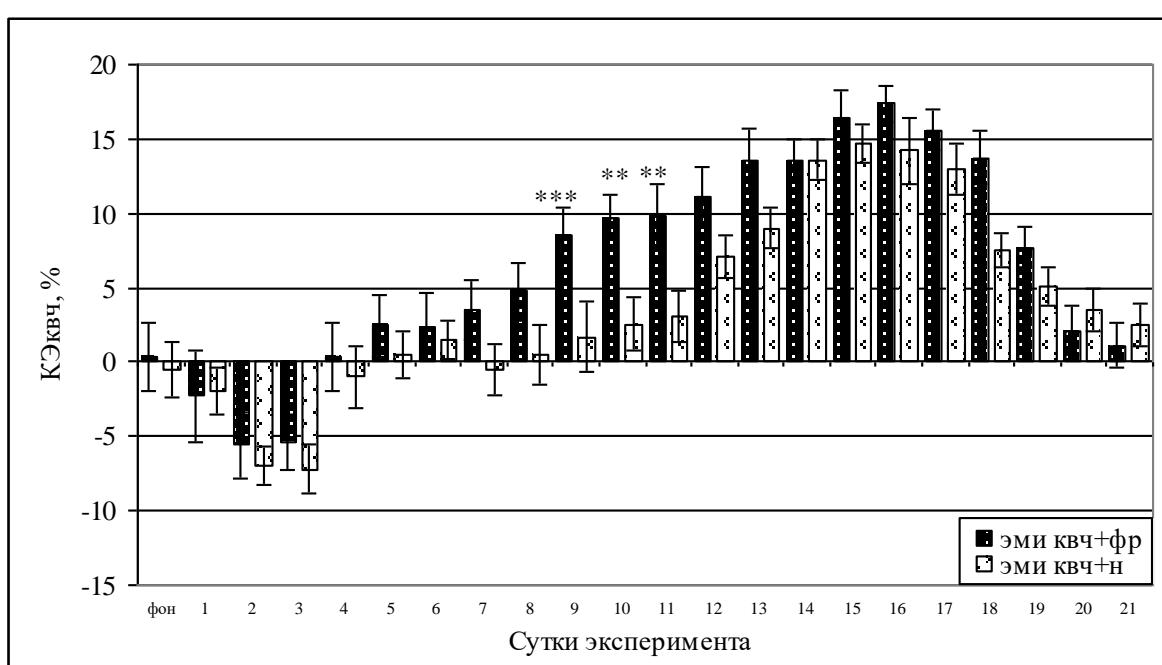


Рис. 1. Динамика ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) коэффициента эффективности ЭМИ КВЧ при предварительном введении наркозона (ЭМИ КВЧ+Н) или физиологического раствора (ЭМИ КВЧ+ФР).

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-третий 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 наркозона 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.

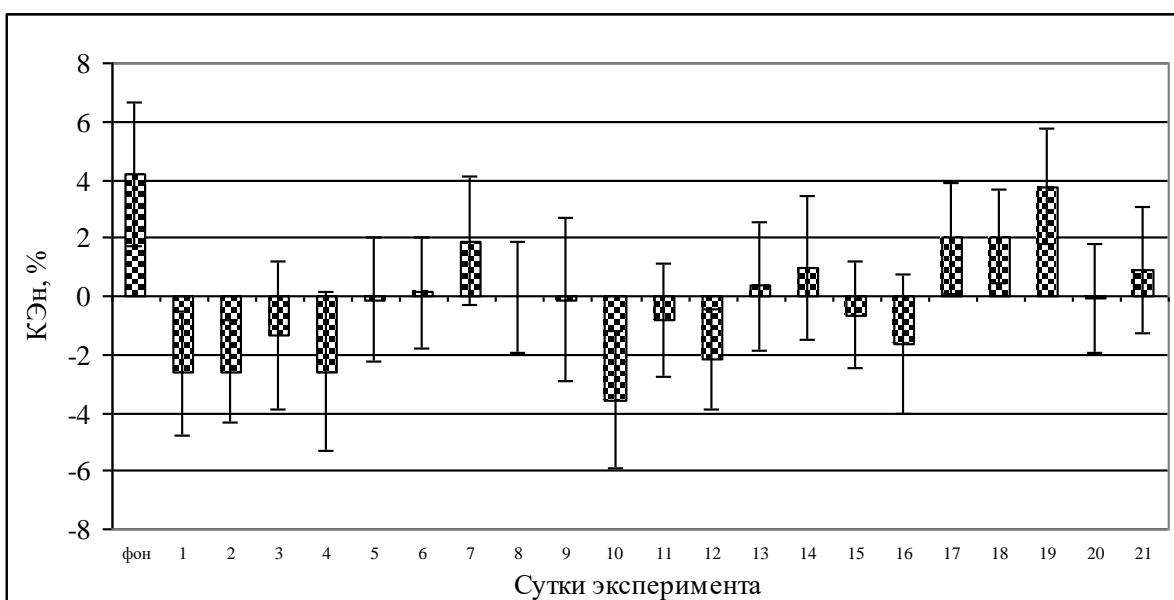


Рис. 2. Динамика ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) коэффициента эффективности наркозона у интактных моллюсков.

У моллюсков, которым перед каждым воздействием ЭМИ КВЧ вводили неселективный блокатор опиоидных рецепторов наркозон, 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 КЭ<sub>эми квч+н</sub> 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 наркозона более выражена. В эту стадию зарегистрированы близкие к нулю КЭ<sub>н</sub> (рис. 3), т.е. гипералгетический эффект может быть связан не только с опиоидной системой.

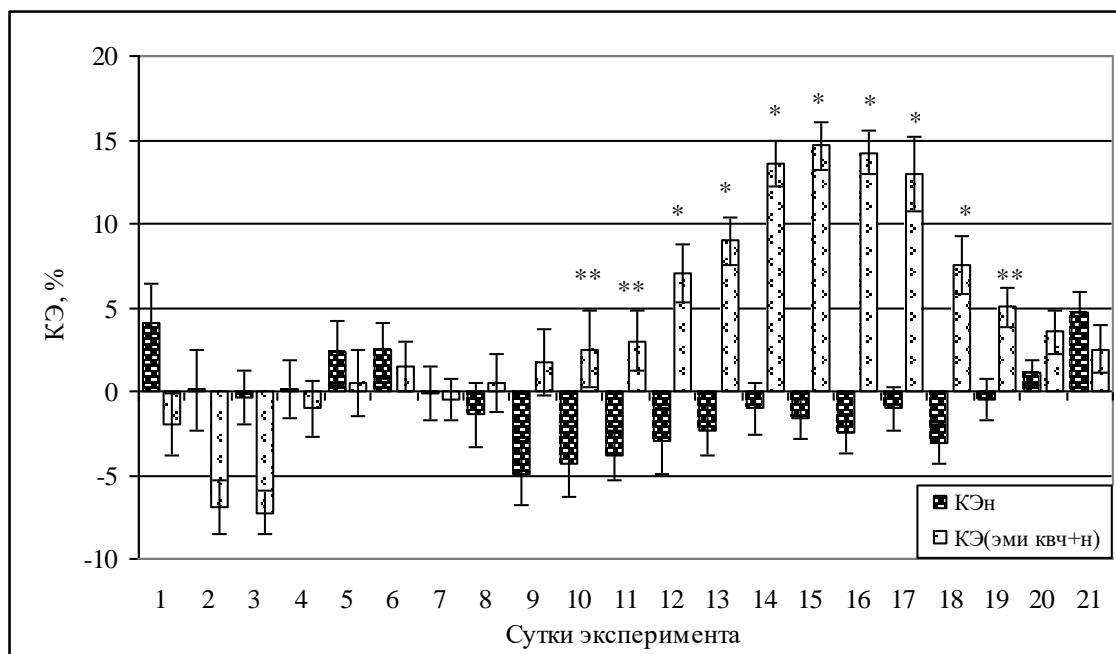


Рис 3. Динамика ( $\bar{x} \pm Sx$ ) коэффициента эффективности (%) наркозона и коэффициента эффективности (%) ЭМИ КВЧ при предварительном введении наркозона ( $K\mathcal{E}_{\text{ми KBCh+n}}$ ).

Примечание: \* – достоверность различий между  $K\mathcal{E}_n$  и  $K\mathcal{E}_{\text{ми KBCh+n}}$ : \* – ( $p_1 < 0,001$ ), \*\* – ( $p_1 < 0,01$ ), \*\*\* – ( $p_1 < 0,05$ ).

С четвертых по восьмые сутки  $K\mathcal{E}_{\text{ми KBCh}}$  постепенно нарастал, т.е. развивался гипоалгетический эффект, однако, введение наркозона полностью ингибирировало этот процесс, что свидетельствует о полной опиоидобусловленности гипоалгетического эффекта ЭМИ КВЧ в этот период. С девятых суток эксперимента гипоалгетический эффект ЭМИ КВЧ под влиянием наркозона начинает только редуцироваться, а не аннулироваться. При постепенном возрастании этого эффекта до 16 суток  $K\mathcal{E}_n$  прогрессивно снижается, т.е. роль последнего в снижении гипоалгезии прогрессивно уменьшается, приближаясь к нулю, и, начиная с 14 суток,  $K\mathcal{E}_{\text{ми KBCh}}$  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 наркозоном существенно зависит от продолжительности воздействия: с увеличением числа воздействий ЭМИ КВЧ наркозон оказывает все менее выраженное действие. Такое явление было обнаружено A.W. Thomas et al. (1997) [20] при изучении роли наркозона, а также специфических блокаторов опиоидных рецепторов в антиноцицептивном действии импульсного магнитного поля у моллюсков *Cernea 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 наркозона 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  $\delta$ - и  $\kappa$ -опиоидных рецепторов у мышей с моделью хронической ненейропатической боли, введенными перед однократным воздействием ЭМИ КВЧ, снимают антиноцицептивное действие ЭМИ КВЧ, тогда как применение блокаторов  $\mu$ -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 наркозона редуцировать эти эффекты. Например, введение наркозона нивелирует антистрессорное действие ЭМИ КВЧ [21, 22], его способность тормозить рост меланомы B16 F10 у мышей [23], увеличивать продолжительность анестезии, вызванной кетамином 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,  $\alpha$ - и  $\beta$ -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 каждого 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.

Работа выполнена на оборудовании КП ФГАОУ ВО КФУ им. В. И. Вернадского» «Экспериментальная физиология и биофизика».

## 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., Темурьянц Н.А., Пономарева В.П., Чирский Н.В.]. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 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. Radzievsky, O.V. Gordienko, 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. Radzievsky, O.V. Gordienko, 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. Темурьянц // 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. Темурьянц Н.А. Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты на болевую чувствительность моллюсков *Helix albescens* / Н.А. Темурьянц, 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. Темурьянц // 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  $\mu$ ,  $\delta$ , and  $\kappa$  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 / 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. Radzievsky, 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. Radzievsky, A. Cowan [et al.] // Abstract Juenty-Fourth Annual Meeting in Cooperation with the European Bioelectromagnetics Association. – Canada. – 2002. – P. 27.

УДК 581.165  
ГРНТИ 34.29

## ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ ВЕЧНОЗЕЛЕНЫХ КУСТАРНИКОВ ОДРЕВЕСНЕВШИМИ ЧЕРЕНКАМИ

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2020.9.74.793](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.9.74.793)

Хамраева Диловар Ахадовна,  
Печеницын\* Владимир Петрович,  
Халмурзаева Атыргуль Исаковна

Академия Наук Республики Узбекистан,  
Ташкентский Ботанический сад при Институте ботаники,  
Узбекистан, Ташкент, 100053, ул. Богишамол, д. 232.

## FEATURES OF PROPAGATION OF EVERGREEN SHRUBS WITH LIGNIFIED CUTTINGS

Hamraeva Dilawar Ahatovna,  
Peczenitsyn\* Vladimir Petrovich,  
Halmurzaeva Atirgul Isakovna

Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,  
Tashkent Botanical garden at the Institute of botany,  
Uzbekistan, 100053, Tashkent, Bogishamol str., 232.

### АННОТАЦИЯ

Показана целесообразность черенкования одревесневшими черенками вечнозеленых декоративных кустарников как в условиях теплицы, так и в открытом грунте. Наивысшими показателями темпов роста и активности периферических меристем характеризуются растения из нижних черенков. Установлено, что темпы начального развития растений (число и длина корней) при укоренении черенков не всегда являются показателями темпов дальнейшего роста и развития растений при выращивании в питомнике. Использование нижних и средних одревесневших черенков для вегетативно размножения сильн- и среднерослых видов кустарников дает возможность в условиях Узбекистана получать готовый посадочный материал в год черенкования.

### ABSTRACT

The expediency of cutting lignified cuttings of evergreen ornamental shrubs both in the greenhouse and in the open ground is shown. The highest rates of growth and activity of peripheral meristems are characterized by plants from the lower cuttings. It is shown that the rate of initial development of plants (the number and length of roots) when rooting cuttings are not always indicators of the rate of further growth and development of plants when growing in a nursery. The use of lower and middle lignified cuttings for vegetative propagation of strong