

26. Miller M W, Everbach E C, Cox C, Knapp R R, Brayman A A, Sherman T.A. (2001) A comparison of the hemolytic potential of opison and albunex in whole human blood in vitro: acoustic pressure, ultrasound frequency, donor and passive cavitation detection considerations. *Ultrasound in Med. and Biol.* 27,709-721.

27. Miller M W, Sherman T A, Brayman A A (2000) Comparative sensitivity of human and bovine erythrocytes to sonolysis by 1-MHz ultrasound. *Ultrasound in Med. and Biol.* 26 ,8,1317-1326.

28. C. H. Farny, R. G. Holt, and R. A. Roy. The correlation between bubbleenhanced HIFU heating and cavitation. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 57:175–184, 2010

29. C. C. Coussios and R. A. Roy. Applications of acoustics and cavitation to noninvasive therapy and drug delivery. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 40:395–420, 2008.

30. V. A. Salgaonkar, S. Datta, C. K. Holland, and T. D. Mast. Passive cavitation imaging with ultrasound arrays. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 126(6):3071–3083, 2009

31. N. McDannold, N. Vykhodtseva, and K. Hynynen. Targeted disruption of the blood-brain barrier with focused ultrasound: association with cavitation activity. *Physics in Medicine and Biology*, 51(4):793–807, 2006.

32. Wibble J H, Galen K P, Wojdila JK. et.al Microbubbles induce renal hemorrhage when exposed to diagnostic ultrasound in anesthetized rats. *Ultrasound in Med. and Biol.*, 2002, 28, 1535-1546

33. W. D. O'Brien. Ultrasound-biophysics mechanisms. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 93(1-3):212–255, 2007.

34. M.H. Repacholi, Martino Gandolfo, A. Rindi. Ultrasound: Medical Applications, Biological Effects and Hazard Potential, Springer Science & Business Media, 2012 p.386

35. J. E. Kennedy. High-intensity focused ultrasound in the treatment of solid tumours. *Nature Reviews Cancer*, 5(4):321–327, 2005.

36. H.G. Zhang, K. Mehta, P. Cohen, and C. Guha. Hyperthermia on immune regulation: a temperature's story. *Cancer Letters*, 271:191–204, 2008.

УДК 591.1: 615.849.11

## РОЛЬ ОПИОИДНОЙ СИСТЕМЫ В МЕХАНИЗМАХ АНТИНОЦИПТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ ОСЛАБЛЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Туманянц Каринэ Николаевна  
кандидат биологических наук, доцент,  
г. Симферополь  
Чуян Елена Николаевна  
доктор биологических наук, профессор,  
г. Симферополь

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

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.64.219](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.64.219)

## THE ROLE OF THE OPIOID SYSTEM IN THE MECHANISMS OF AN ANTINOCYCEPTIVE ACTION OF A DILUTED ELECTROMAGNETIC FIELD

Tumanyants K. N., Chuyan E.N.  
V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

### АННОТАЦИЯ

Исследована роль опиоидной системы в механизмах изменения ноцицепции моллюсков *Helix albescens* в условиях ослабленного электромагнитного поля. Показано, что эффективность антиноцицепции опиоидной системы на разных этапах действия электромагнитного фактора неодинакова.

### ABSTRACT

The role of the opioid system in the mechanisms of change in the nociception of *Helix albescens* mollusks under conditions of a weakened electromagnetic field has been investigated. It is shown that the effectiveness of antinociception of the opioid system at different stages of the action of the electromagnetic factor is not the same.

**Ключевые слова:** электромагнитное экранирование, ноцицепция, опиоидная система, налоксон, моллюски *Helix albescens*.

**Keywords:** electromagnetic shielding, nociception, opioid system, naloxone, *Helix albescens* mollusks.

### ВВЕДЕНИЕ

Изучение механизмов действия электромагнитных факторов привлекает внимание многих исследователей. Ранее нами были показаны фазные изменения ноцицептивной чувствительности моллюсков *Helix albescens* при действии электромагнитных факторов различной интенсивности [1]. Однако механизмы изменения

ноцицепции под влиянием факторов электромагнитной природы не изучены.

В 1993 г. А.Н. Frey впервые высказал предположение о том, что в реакцию организма на действие электромагнитных факторов вовлечена опиоидная система, которая является древней сигнальной системой [2]. В дальнейшем были получены многочисленные экспериментальные

данные, подтверждающие это предположение. Оказалось, что электромагнитные факторы модулируют разнообразные физиологические процессы, в регуляции которых принимает участие эта система. Достаточно подробно изучены изменения болевой чувствительности и роль опиоидов в этом процессе в экспериментах на животных [3], а также в клинических наблюдениях [4-6] при действии низкоинтенсивных электромагнитных излучений (ЭМИ).

Однако роль опиоидной системы в механизмах изменения ноцицепции, обусловленной многодневным действием ослабленного электромагнитного поля (ЭМП), не исследована. В связи с этим задачей настоящего исследования явилось изучение ноцицепции у моллюсков *Helix albescens* под влиянием ослабленного ЭМП в условиях блокирования опиоидных рецепторов налоксоном.

## МЕТОДИКА

Эксперименты проведены 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.

В каждой серии опытов животных делили на две равноценные группы по 40 особей в каждой. Моллюски первой (контрольной) группы находились в стандартных лабораторных условиях при температуре воздуха  $22\pm2^{\circ}\text{C}$  и продолжительности фаз свет-темнота (L:D) 1:23 ч. Животных второй группы подвергали действию ослабленного МП 23 часа в сутки, вызванного электромагнитным экранированием (ЭМЭ), на протяжении 21 дня.

Ослабление фонового ЭМП достигалось применением экранирующей камеры размером  $2\times3\times2$  м, изготовленной из двухслойного железа «Динамо». Ее экранирующие свойства определяли путем измерения спектральной плотности МП в диапазоне частот от  $10^{-4}$  до  $10^5$  Гц. В области инфразвуковых и низких частот (0–100 Гц) измерения проводили с помощью феррозондового магнитометра, чувствительностью 1 нТл, точность измерения составляла  $\pm 3\%$ . В области более высоких частот ( $10^2$ – $10^5$  Гц) измерения проводили с помощью измерительной катушки и селективного усилителя У2-8. Внутри камеры для частот от  $10^{-4}$  до 30 Гц коэффициент экранирования магнитного поля (МП) находится в пределах трех–четырех, на промышленной частоте 50 Гц и кратных гармониках 150 и 250 Гц – около трех. На частотах выше 1 МГц наблюдалось незначительное ослабление.

Коэффициент экранирования постоянной компоненты МП составил по вертикальной составляющей – 4,4 раза, по горизонтальной – 20 раз. В камере соблюдались затемненные условия.

Температура в камере во время экспозиции колебалась в пределах  $22,0\pm1,5^{\circ}\text{C}$ .

Известно, что у моллюсков также, как и у представителей практически всех таксономических групп беспозвоночных, обнаружены опиоидные пептиды. При этом у моллюсков многие функции опиоидов, в том числе и способность вызывать аналгезию, сходны с таковыми у позвоночных и человека [7]. Поэтому в каждой из описанных групп моллюски были разделены 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 (0,6% раствора NaCl). Налоксон и физиологический раствор вводили 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 эндорфины, проникает через гематоэнцефалический и плацентарный барьеры. После парентерального введения Н быстро распределяется по организму, период его полувыведения во взрослом организме составляет от 30 до 81 минуты (в среднем  $64\pm12$  минуты) [8].

Эффект воздействия электромагнитного фактора на исследуемые параметры оценивался по коэффициенту его эффективности (КЭ) [9,10]. Каждое из измеряемых значений КЭ как в опыте ( $K_3$ ), так и в контроле ( $K_k$ ) являлось результатом усреднения данных измерений на 20 животных.

Эффект влияния налоксона на параметры ноцицепции при различных экспериментальных воздействиях оценивался по коэффициенту эффективности ( $K_{3n}$ ) [11]:

$$K_{3n} = \frac{(K_3 - K_{\phi}) \pm (\delta_3 + \delta_{\phi})}{(K_{\phi} \pm \delta_{\phi})} \cdot 100\%,$$

где  $K_{3n}$  – коэффициент эффективности налоксона,  $K_3$  – параметры ноцицептивной чувствительности в соответствующей экспериментальной группе при введении налоксона,  $K_{\phi}$  – параметры ноцицепции в группе животных, которым вводили физиологический раствор,  $\delta_3$  и  $\delta_{\phi}$  – среднеквадратические отклонения измерений в соответствующих группах.

Отрицательные значения  $K_{3n}$  расценивались как снижение им ноцицепции.

Регистрацию параметров ноцицепции моллюсков *Helix albescens* проводили по их поведенческим реакциям при подаче термического стимула [10]. О состоянии ноцицепции моллюсков судили по порогу (П) и латентному периоду (ЛП) реакции избегания (РИ) в teste «горячая пластина». Обычно в подобных экспериментах другими авторами использовались металлические

пластинки, обладающие высокой теплопроводностью и нагреваемые горячей водой [12,13]. Значительная тепловая инерция подобных элементов не позволяет измерять параметры РИ с достаточной точностью. Поэтому нами была создана специальная установка [14], особенностью которой является горячая пластина, изготовленная из материала, обладающего высоким омическим сопротивлением, обеспечивающего медленный подъем температуры.

Все это делает возможным оптимальное управление скоростью нарастания температуры, величиной напряжения на контактных площадках пластины, благодаря чему можно точно регистрировать минимальную температуру, при которой начинается РИ (порог), и ЛП.

Регистрацию показателей РИ (реакция избегания) проводили у каждого животного ежедневно после очередного воздействия электромагнитного фактора в интервале 11:00–13:00 ч в течение 21 дня.

Все исследования были проведены с соблюдением принципов двойного слепого эксперимента.

Статистическую обработку и анализ материала проводили с помощью параметрических статистических методов, возможность применения которых была показана проверкой полученных данных на закон нормального распределения. Вычисляли средние значения исследуемых величин и ошибку среднего. 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 ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о том, что П у интактных животных, которым вводился физраствор, колебался в пределах от  $30,40 \pm 0,12^\circ\text{C}$  до  $30,69 \pm 0,12^\circ\text{C}$ , а ЛП – от  $9,71 \pm 0,18$  с до  $10,16 \pm 0,19$  с. Проведенные исследования показали, что изменения параметров ноцицепции интактных моллюсков в течение 21-суточного эксперимента достоверно не отличались от фоновых значений. Показатели ноцицептивной чувствительности моллюсков в среднем составили П –  $30,55 \pm 0,11^\circ\text{C}$ , ЛП –  $9,91 \pm 0,11$  с.

Ежедневная инъекция Н животным контрольной группы в течение 21-суточного эксперимента приводила к разнонаправленным изменениям в различные дни исследования показателей ноцицепции моллюсков относительно животных, которым вводился физраствор в эквивалентном объеме. Однако эти изменения во все сроки наблюдения были недостоверны.

Анализ динамики КЭ<sub>эмэ+фр</sub> показал, что у моллюсков, которым вводился физраствор, так же как у интактных животных ЭМЭ вызывает ярко выраженные изменения ноцицепции у моллюсков. В течение первых-вторых суток воздействия ЭМЭ П и ЛП РИ не изменились, а после третьего дня эксперимента регистрировалось увеличение параметров ноцицепции, приводящее к снижению КЭ<sub>эмэ+фр</sub> до  $-9,98 \pm 2,2\%$  ( $p_2 < 0,001$ ) (рис. 1). Это снижение несколько нарастало в течение последующих четвертых-шестых суток, когда КЭ<sub>эмэ+фр</sub> снижался до  $-14,74 \pm 2,04\%$  ( $p_2 < 0,001$ ).

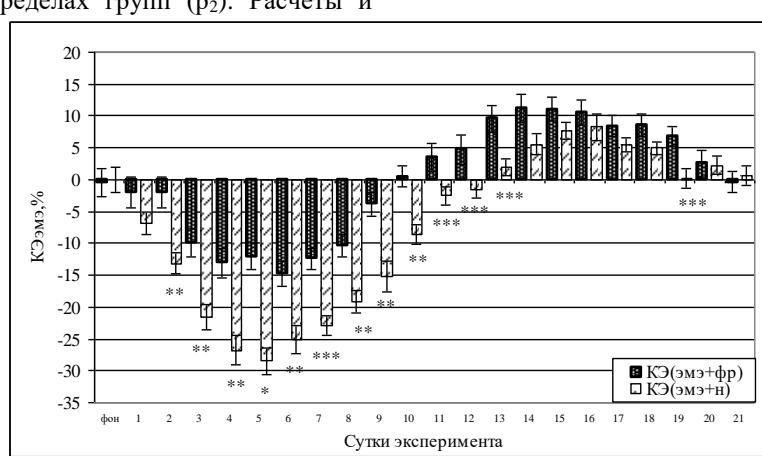


Рис. 1. Динамика ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) коэффициентов эффективности (%) электромагнитного экранирования при предварительном введении налоксона (КЭ<sub>эмэ+н</sub>) и физиологического раствора (КЭ<sub>эмэ+фр</sub>).

Примечание: \* – различия достоверны между КЭ<sub>эмэ+н</sub> и КЭ<sub>эмэ+фр</sub>: \* – ( $p < 0,001$ ), \*\* – ( $p < 0,01$ ), \*\*\* – ( $p < 0,05$ ).

Эти изменения отражают увеличение чувствительности к ноцицептивному стимулу.

Затем ноцицептивная чувствительность начинала возрастать и на девятые-десятые сутки достигала исходного уровня. Начиная с 11 дня

эксперимента, параметры ноцицепции увеличивались, КЭ<sub>эмэ+фр</sub> приобретал положительный знак и медленно возрастал, достигая максимума на 14 сутки исследования ( $11,25 \pm 2,24\%$  ( $p_2 < 0,001$ )), а затем в течение 16-19

суток постепенно снижался. Такие данные свидетельствуют о снижении чувствительности моллюсков к термическому стимулу, т.е. развитии антиноцицептивного эффекта. В дальнейшие сроки отмечено снижение этого эффекта, и приближение значений  $KЭ_{ЭМЭ+Ф}$  к исходному уровню.

Таким образом, пребывание моллюсков в экранирующей камере приводило к фазным изменениям ноцицепции. В течение третьих-девятых суток имеет место возрастание ноцицепции. В подавляющем числе работ описана способность ЭМП различных параметров вызывать антиноцицептивный эффект, однако и гипераналгетический эффект электромагнитных факторов различных параметров был отмечен в ряде исследований [17]. Обнаружено, что направленность изменений ноцицепции под их влиянием зависит от параметров поля [18]. В частности, в начальной стадии действия ЭМП различных параметров развитию его аналгетического эффекта предшествует короткая фаза гипераналгезии.

Del Seppia et al. (2000) [19] показали также, что ЭМЭ снижает стрессиндуцированную аналгезию, а E. Choleris et al. (2002) изучили зависимость антиноцицептивного действия ЭМЭ от свойств экрана [20]. Кроме того, было показано, что более короткая экспозиция животных в экране не вызывает этот эффект.

Таким образом, наши исследования доказывают, что ноцицептивный/антиноцицептивный эффект ЭМЭ стойкий и хорошо воспроизводим. Однако при незначительном ослаблении, как переменной, так и постоянной компонент естественного магнитного поля, имеющего место в настоящем исследовании, продолжительность и выраженность выделенных фаз изменения ноцицепции гораздо больше, чем при значительном ( $>100$  раз) их уменьшении, как в экспериментах F.S. Prato et al. (2005) [21].

Введение неселективного блокатора опиоидных рецепторов моллюскам, находившимся в экранирующей камере, приводило к изменениям параметров ноцицепции. Начиная со вторых по пятые сутки эксперимента,  $KЭ_{ЭМЭ+Н}$  резко снижался, достигая минимального значения на пятый день наблюдения

( $-28,51 \pm 2,08\%$  ( $p_2 < 0,001$ )), что более чем в 2 раза меньше, по сравнению с данными группы животных, подвергнутых влиянию ЭМЭ и дополнительному введению физраствора ( $KЭ_{ЭМЭ+Ф} = -14,74 \pm 2,04\%$  ( $p_2 < 0,001$ )). Затем наблюдалось постепенное возрастание  $KЭ_{ЭМЭ+Н}$  до 10 суток эксперимента, когда он достигал исходного уровня. То есть в течение этого периода гипералгетический эффект экранирования резко возрастал, как в сравнении с группой интактных животных, так и с моллюсками, которым вводили физраствор.

Анализ динамики  $KЭ_Н$  показал, что в этот период имело место снижение активности опиоидной системы, с чем может быть связано увеличение чувствительности моллюсков к термическому стимулу. Во II фазе изменений, индуцированных ЭМЭ и измененных Н, динамика  $KЭ_{ЭМЭ+Н}$  не отличалась от таковой животных контрольных групп. Однако возрастание  $KЭ_{ЭМЭ+Н}$  было выражено гораздо меньше (рис. 2).

На 11-12 сутки Н полностью ликвидирует изменение ноцицепции, то есть в эти сроки изменения параметров ноцицепции полностью опиоидобусловлены, а на 13-15 сутки значительно уменьшал антиноцицептивный эффект ЭМЭ, и это снижение прогрессировало с увеличением сроков наблюдения до 16 суток, затем снижалось, что свидетельствует о развитии толерантности опиоидной системы. В эти сроки снижение антиноцицептивного эффекта экранирования лишь частично опиоидобусловлено, а преобладают неопиоидные механизмы.

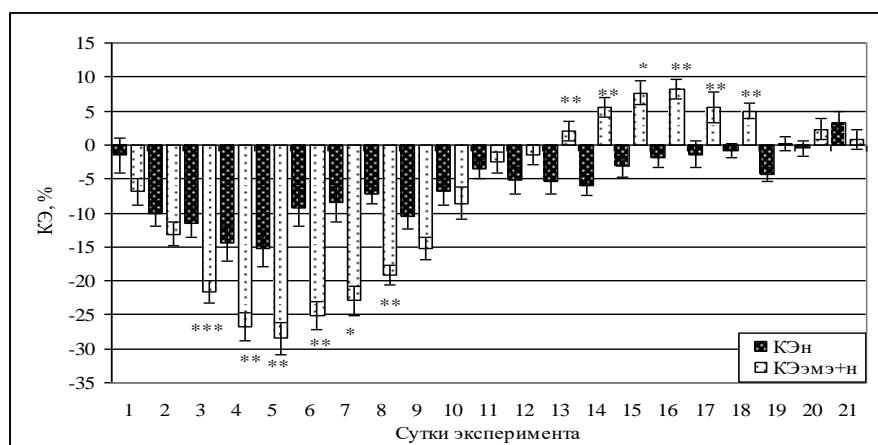


Рис. 2. Динамика ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) коэффициентов эффективности (%) наркозона ( $KЭ_Н$ ) и экранирования при предварительном введении наркозона ( $KЭ_{ЭМЭ+Н}$ ).

Примечание: \* – различия достоверны между  $KЭ_Н$  и  $KЭ_{ЭМЭ+Н}$ : \* – ( $p < 0,001$ ), \*\* – ( $p < 0,01$ ), \*\*\* – ( $p < 0,05$ ).

Полученные результаты согласуются с данными F.S. Prato et al. (2005) [21], которые обнаружили, что степень аналгетического эффекта

на пятый день экранирования тождественна таковой, вызванной морфином (5 мг/кг), и эта аналгезия уменьшается, но не аннулируется,

налоксоном. Таким образом, авторы обнаружили влияние налоксона только в один срок (пять сутки) экранирования и убедились, что он частично опиоидобусловлен. Полученные нами результаты могут быть расценены как свидетельство фазных изменений активности опиоидной системы при длительном ЭМЭ.

Таким образом, в антиоцицептивном действии электромагнитных факторов важную роль играет опиоидная система. Кроме того, в реализации этого эффекта, по-видимому, участвуют и другие системы, обеспечивающие ноцицепцию. Дальнейшие исследования позволят конкретизировать участие каждой из них в обеспечении антиоцицептивного действия электромагнитных факторов низкой интенсивности.

### ВЫВОДЫ

1. Изменения активности опиоидной системы при длительном электромагнитном экранировании носят фазный характер.

2. Первая фаза – снижение активности опиоидной системы, в силу чего прогрессирует гипералгезия, имеющая место в начальный период пребывания животных в условиях экранирования, далее ее активация (II фаза), результатом чего является нивелирование антиоцицептивного эффекта электромагнитного экранирования, III стадия – прогрессирующее уменьшение активности опиоидной системы, в силу чего антиоцицептивный эффект постепенно редуцируется.

*Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках инициативной части государственного задания № 6.5452.2017/8.9 Минобрнауки России в сфере научной деятельности темы «Временная организация физиологических систем человека и животных: феноменология и механизмы генерации и регуляции микро- и мезоритмов».*

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

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Темурьянц Н.А. Динамика и инфраианная ритмика температурной/болевой чувствительности моллюска *Helix* в условиях воздействия электромагнитных полей / Н.А. Темурьянц, А.С. Костюк, К.Н. Туманянц // Нейрофизиология / *Neurophysiology*. – 2010. – Т. 42, № 4. – С. 329–339.

2. Frey A. H. Electromagnetic field interactions with biological systems / A.H. Frey // *FASEB J.* - 1993. - Vol.7, Is. 2. - P. 272-281.

3. Del Seppia C. Exposure to oscillating magnetic fields influences sensitivity to electrical stimuli. I. Experiments on pigeons / C. Del Seppia, S. Ghione, P. Luschi [et. al.] // *Bioelectromagnetics*. - 1995. - Vol.16. - P. 290-294.

4. Lai H. Spatial learning deficit in the rat after exposure to a 60 Hz magnetic field / H. Lai // *Bioelectromagnetics*. - 1996. - Vol. 17, Is. 6. - P. 494-496.

5. Kavaliers M. Magnetic fields differentially inhibit mu, delta, kappa and sigma opiate-induced analgesia in mice / M. Kavaliers, K.P. Ossenkopp // *Peptides*. – 1986. – Vol. 7. – P. 449–453.

6. Чуян Е.Н. Функциональная асимметрия у человека и животных: влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона / [Е.Н. Чуян, Н.А. Темурьянц, В.П. Пономарева и др.] – Симферополь. – 2004. – 440 с.

7. 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.

8. Martin W.R. Naloxone / W.R. Martin // *Ann. Intern. Med.* – 1976. – Vol. 85 (6). – P. 765–768.

9. Radzievsky A.A. 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.

10. Эффекты слабых электромагнитных воздействий у беспозвоночных животных (регенерация планарий, ноцицепция моллюсков) : монография / Н.А. Темурьянц, Е.Н. Чуян, А.С. Костюк [и др.] – Симферополь: ДИАЙПИ, 2012. – 303 с.

11. Light-dependent and -independent behavioral effects of extremely low frequency magnetic fields in a land snail are consistent with a parametric resonance mechanism / F.S. Prato, M. Kavaliers, A.P. Cullen [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 1997. – Vol. 18. – P. 284–291.

12. Prato F.S. Behavioural evidence that magnetic field effects in the land snail, *Cepaea nemoralis*, might not depend on magnetite or induced electric currents / F.S. Prato, M. Kavaliers, J.J.L. Carson // *Bioelectromagnetics*. – 1996a. – Vol. 17 – P.123–130.

13. 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.

14. Патент 48094 Україна, МПК51 А 01 К 61/00. Пристрій реєстрації параметрів бульової чутливості наземних молюсків / Темур'янц Н.А., Вишневський В.Г., Костюк О.С., Макеєв В.Б.; заявник та патентовласник Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського. – № U 200908538; заявл. 13.08.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. №5.

15. Лапач С.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. Thomas A.W. 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.

18. 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.

19. Del Seppia C. 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, Is.14. – P. 1299–1306.

20. Choleris E. 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.

21. Prato F.S. Daily repeated magnetic field shielding induces analgesia in CD-1 mice / F.S. Prato, J.A. Robertson, D. Desjardins [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2005. – Vol. 26. – P. 109–117.

## FEATURES OF PROCESSES OF REPRODUCTION OF POPULATIONS OF RODENTS IN THE CONDITIONS OF SOUTHERN ARAL SEA AREA

**Shaniyazov Userbay Bukharbaevich**

*Karakalpak Center of prophylaxis of quarantine and extrahazardous infections of Ministry of health of Republic of Uzbekistan*

**Mambetullaeva Svetlana Mirzamuratovna**

*Doctor of biology science, professor,  
Karakalpak scientific research  
Institute of nature of science*

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.64.220](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.2.64.220)

### ANNOTATION

To the article the results of researches of processes of reproduction of populations of two types of rodents are driven in the conditions of Southern Aral Sea Area. Comparative analysis of population structure midday and large chick-weeds, showed some distinctions in character of ecological specialization of kinds that reflect the features of strategy of their population mechanisms of adaptation substantially. Both types of rodents prevail in the association of shallow mammals of the inspected territory.

**Keywords:** Southern Aral Sea Area, reproduction, population structure, mechanisms of adaptation.

The study of dynamics of population structure in space and in time is considered one of major tasks of modern ecology. As the most general scientific issue having and the primary applied value, determination of potential "ecological reserve" of populations of different types of shallow mammals is examined in the changing terms of habitat.

Small mammals, being the important component of natural ecosystems, are widely used as model objects in ecological researches, including those that affect the problems of anthropogenic transformations of environment. It is a numerous group of animals, that, by virtue of the position in the trophic chains of ecosystems, directly perceives pressure of one or another negative factors of environment on large territories and can be used for the indication of violation of environment.

In ecological researches principle of comparison of adaptation features of shallow mammals with different ecological specialization to the changing terms of environment is used widely enough [2, p. 200; 7, p. 332-344 and other]. A problem of study of population ecological mechanisms of adaptation of rodents to the terms of the anthropogenic pressing is most actual presently.

Studies were undertaken on territory of Northwestern Kyzylkum (sublimity of Beltau, Janadarya, Akchadarya, Central Kyzylkum, Nukus sands), on Usturt and on the areas of oasis of lower Amudarya for period 2002-2018 years.

*Rhombomus optimus* is the deserted eurytopic kind, widely widespread in sands of Central Asia. This kind, being the basic base-line on a quantity rodent of the deserted zones, behaves to the number of animals having a large negative value in a national economy.

Reproduction of large chick-weed was studied by many researchers [1, c. 52-54; 5, c.125; 3, c. 28-29; 6, c. 491]. However in modern ecological terms question about intensity of reproduction, amount of broods and number of babies in the dung of chick-weeds requires more fresh information. The analysis of the collected materials shows that at the Kyzylkum population of large chick-weed in March-September months among the spending winter females of chick-weed caught by us the single did not meet, all he were pregnant or feeding.

It is set that the young females of the first brood of current year of birth usually participate in reproduction and bring one dung only. A size of dung is 3-4 babies. The young females of the second dung proceed to reproduction only next year. Depending on the state of abiotic factors (fallouts, temperature etc.) and forage factors the percent of propagative females hesitates on years and seasons. Among entrapped, the percent of propagative females made 40-45% in spring, in summer 20-25, by the autumn of 10-18%. The amount of embryos hesitates from 2 to 10.

*Meriones meridianus* is widely widespread in ridge sands copyst полукустарниками. Quantity her relatively high in мелкобугристых alluvial sands on