

УДК 612.014.42:595.123

ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ РЕГЕНЕРИРУЮЩИХ И НЕРЕГЕНЕРИРУЮЩИХ ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA* В УСЛОВИЯХ СЛАБОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ

Ярмолюк Н.С.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: nat_yarm@mail.ru*

Показано, что электромагнитное экранирование вызывает изменения инфрадианной ритмики скорости движения нерегенерирующих и регенерирующих планарий, что выражается в изменении структуры спектров и амплитудно-фазовых соотношений. Отмечено, что изменения инфрадианной ритмики скорости движения более выражены у нерегенерирующих планарий, чем у регенерирующих.

Ключевые слова: скорость движения, инфрадианная ритмика, электромагнитное экранирование, планарии.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем биофизической медицины и космической биологии является изучение эффектов экранирования. Первые опыты с помещением человека в «магнитный вакуум» были проведены с сугубо практической целью перед пилотируемым полетом на Луну, где магнитное поле очень низкое. Необходимо было оценить влияние отсутствия этого фактора на состояние космонавтов [1]. Эффекты ослабления магнитного поля, обнаруженные в этой, а также других работах, свидетельствовали о том, что пребывание в объемах с уменьшением постоянного и переменных магнитных полей приводит к изменению функционального состояния человека и животных. Однако эффекты очень низких ослаблений как постоянного, так и переменных магнитных полей Земли не исследованы. Отсюда вытекает необходимость изучения эффектов крайне слабого электромагнитного экранирования. Решение столь важных проблем требует использования объектов, обладающих высокой чувствительностью. Такой системой являются беспозвоночные животные, в частности планарии. Используя в качестве показателя их функциональной активности регенерацию, удалось получить новые данные о биологической активности ПеМП различных параметров, гравитации, лазерного излучения и т.д. [2]. Поэтому целесообразно применение этих животных и для изучения эффектов ЭМЭ. В настоящее время разработаны способы регистрации функционального состояния планарий, позволяющие оценить не только процесс их регенерации. Таким показателем является скорость их движения. Кроме того, показано, что одним из характерных расстройств, вызываемых действием ЭМП различных параметров, является изменение временной

организации биологических систем [3]. В нашей лаборатории было показано, что ЭМЭ стимулирует регенераторные процессы у планарий [4], этот эффект зависит от исходного функционального состояния животных, обусловленного сезоном года [5], функциональной асимметрией [6]. Однако влияние ЭМЭ на нерегенерирующих планарий и их инфрадианную ритмику не изучено. В связи с этим, целью данного исследования явилось изучение влияния ЭМЭ на инфрадианную ритмику СД нерегенерирующих и регенерирующих планарий *Dugesia tigrina*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использована лабораторная бесполовая раса планарий *Dugesia tigrina*, условия их содержания и кормления описаны ранее [4].

Для экспериментов использовали животных длиной $\approx 9 \pm 1$ мм, у которых движение осуществляется за счет ресничек, а не мускулатуры [7].

Планарий отбирали для опыта через три-четыре дня после кормления. Эксперимент выполнялся на интактных и регенерирующих планариях, поэтому было проведено две серии экспериментов. В каждой серии было выделено 2 группы животных по 25 особей в каждой, для которых поддерживался одинаковый режим освещенности и температуры. В отличие от традиционных исследований, в которых всех животных одной группы содержали в одном флаконе, в наших экспериментах каждое животное из выделенных групп помещалось в отдельный флакон с 20 мл. воды, что позволило регистрировать СД каждой планарии отдельно ежедневно в течение 15-ти суточного эксперимента. Сроки проведения исследования определялись продолжительностью регенерации. Первые группы животных находилась в обычных условиях лаборатории (контрольные животные), вторые содержались в условиях слабого ЭМЭ в течение 23 часов в сутки.

Для определения СД применяли компьютерные технологии анализа изображения. Для этого видеоизображения движущихся в воде червей регистрировались с частотой 30 кадров в одну секунду. СД планарии вычислялась отношением пройденного ею пути (мм) ко времени в одну секунду. Путь измерялся наложением двух участков одного видеоряда с соответствующей разницей во времени. Контрастирование проводилось при помощи стандартной операции «вычитания» для двух изображений [8].

Ослабление электромагнитного поля достигалось применением экранирующей камеры, конструкция которой описана ранее [9].

Проверка полученных данных на закон нормального распределения позволила применить параметрический метод в статистической обработке и анализе материала исследования. Вычисляли среднее значение исследуемых величин и ошибку средней. Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. За достоверную принимали разность средних при $p < 0,05$. Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Statistica и Microsoft Excel [10, 11].

В качестве основного метода анализа продолжительности периодов и амплитудно-фазных характеристик регенераторных процессов 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 [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований выявили некоторые различия инфрадианной ритмики СД нерегенерирующих и регенерирующих планарий.

В инфрадианной ритмике СД нерегенерирующих планарий контрольной группы были выявлены следующие периоды: $\approx 2^d,3 \pm 0,002$; $\approx 2^d,7 \pm 0,002$; $\approx 3^d,3 \pm 0,001$ и $\approx 8^d,0 \pm 0,003$. Амплитуды выделенных ритмов колебались от $0,017 \pm 0,002$ усл.ед. до $0,022 \pm 0,003$ усл.ед. Доминирующим ритмом являлся $\approx 8^d,0 \pm 0,003$. В спектре регенерирующих планарий контрольной группы выявлены следующие периоды: $\approx 2^d,3 \pm 0,002$; $\approx 2^d,7 \pm 0,002$; $\approx 3^d,3 \pm 0,001$ и $\approx 5^d,8 \pm 0,002$, где доминирующим ритмом был период $\approx 5^d,8 \pm 0,002$ с амплитудой $0,013 \pm 0,002$ усл.ед.

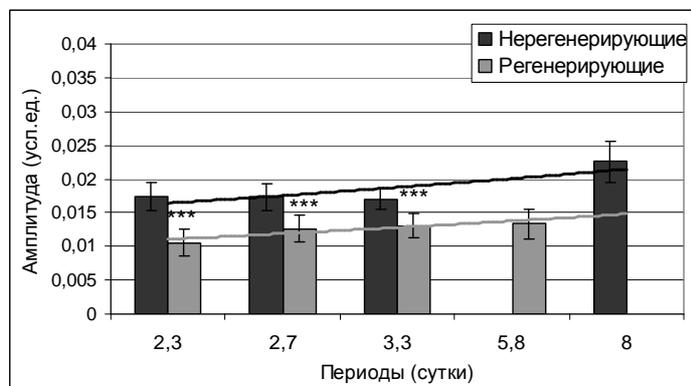


Рис. 1. Спектры периодов инфрадианных ритмов скорости движения интактных и регенерирующих планарий контрольных групп

Примечание: * - достоверность различий сравниваемых групп: *** – ($p < 0,05$)

Таким образом, доминирующий ритм в контрольной группе регенерирующих планарий смещается в сторону высокочастотных ритмов, относительно доминирующего ритма в группе нерегенерирующих планарий. При этом отмечено, что амплитуды выявленных периодов регенерирующих планарий несколько ниже, чем в группе нерегенерирующих планарий (рис. 1). Инфрадианные ритмы такой продолжительности отмечены в деятельности различных физиологических систем у позвоночных [13–17], а также у беспозвоночных – моллюсков [18].

Косинор-анализ позволил выявить определенные межфазные соотношения у нерегенерирующих и регенерирующих планарий контрольных групп. Так, в периодах $\approx 2^d,7$ и $\approx 3^d,3$ отмечена тенденция к сдвигу фаз, которая составила $27,38^\circ$ и $276,39^\circ$ соответственно (рис. 2).

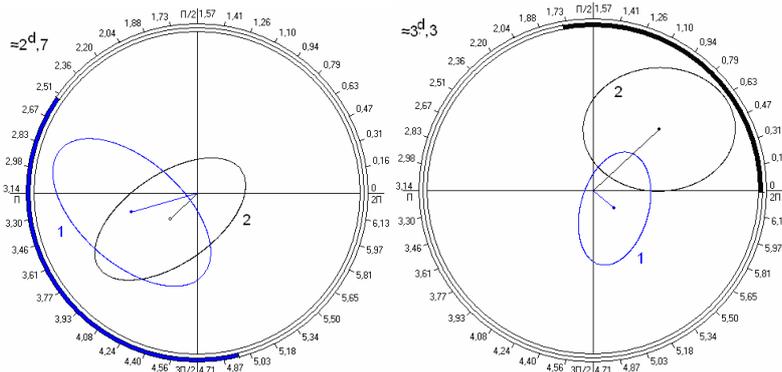


Рис. 2. Косинорограммы периодов $\approx 2^d,7$ и $\approx 3^d,3$ (радианы) скорости движения планарий контрольных групп: нерегенерирующих (1) регенерирующих (2).

Как показали результаты проведенных исследований, ЭМЭ приводит к изменениям ИР СД планарий.

В группе животных, подвергавшихся влиянию ЭМЭ, выделялись такие периоды: $\approx 2^d,4$; $\approx 2^d,7$; $\approx 3^d,2$; $\approx 4^d,3$ и $\approx 5^d,8$. То есть не выявлялись периоды $\approx 3^d,7$ и $\approx 9^d,1$, характерные для контрольной группы животных (рис. 1).

Амплитуды выделенных ритмов колебались от $0,020 \pm 0,002$ усл.ед. до $0,035 \pm 0,002$ усл.ед. Доминирующий был период $\approx 5^d,8$ с амплитудой $0,035 \pm 0,002$ усл.ед. При этом амплитуды выделенных ритмов исследуемого спектра планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ, также возрастали с увеличением длины периода, как и в интактной группе животных (рис. 3).

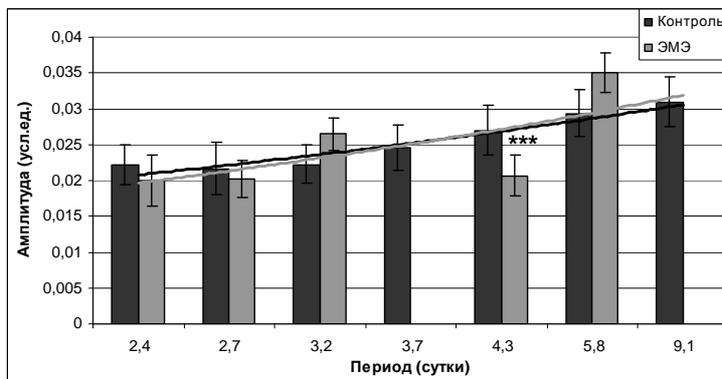


Рис. 3. Спектры инфрадианной ритмики скорости движения нерегенерирующих планарий контрольных группы и животных, подвергнутых действию ЭМЭ

Примечание: * – достоверность различий относительно значений контрольной группы; *** – ($p < 0,05$)

Косинор-анализ позволил выявить во всех выделенных периодах определенные фазовые соотношения между данными контрольной и экспериментальной групп. Выявлено, что в периодах $\approx 2^d,7$ и $\approx 4^d,3$ наблюдался достоверный сдвиг фаз на $262,44^\circ$ ($p_1 < 0,01$) и $219,07^\circ$ ($p_1 < 0,01$) соответственно. Тогда как во всех остальных выделенных периодах наблюдается только тенденция к сдвигу: $\approx 2^d,4$ на $48,63^\circ$ и $\approx 5^d,8$ на $17,58^\circ$ (рис. 4).

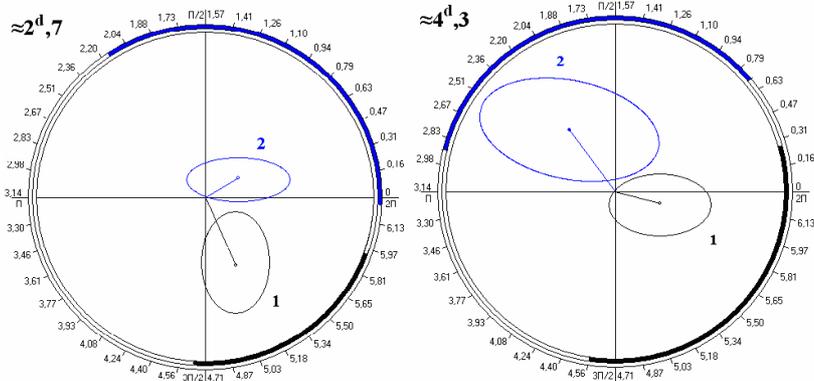


Рис. 4. Косинорограммы периодов $\approx 2^d,7$ и $\approx 4^d,3$ (радианы) скорости движения нерегенерирующих планарий контрольной группы (1) и в условиях ЭМЭ (2).

При сравнении спектров ИР интактных нерегенерирующих планарий и животных, подвергавшихся воздействию ЭМЭ, выявлено, что в контрольной группе характерно наличие семи периодов, тогда как в группе планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ, было выявлено на два периода меньше, то есть в условиях ЭМЭ спектр становится менее насыщенным. Периоды $\approx 3^d,7$ и $\approx 9^d,1$ характерны лишь для интактных животных. Не совпадали и доминирующие ритмы: $9^d,1$ отмечен в контрольной группе планарий, когда в экспериментальной группе доминирующий ритм смещался в сторону более высокочастотных и составил – $\approx 5^d,8$. Кроме того в периодах $\approx 2^d,7$ и $\approx 4^d,3$ отмечены значительные фазовые сдвиги – на $262,44^\circ$ ($p_1 < 0,01$) и $219,07^\circ$ ($p_1 < 0,01$) соответственно (рис. 4).

Анализ результатов исследования выявил, что влияние ЭМ факторов приводит к изменениям ИР СД и регенерирующих планарий. В ИР СД регенерирующих планарий в условиях ЭМЭ, выделяются пять периодов: $\approx 2^d,2$; $\approx 2^d,7$; $\approx 3^d,3$; $\approx 4^d,0$ и $\approx 5^d,8$, что на один период больше, чем в контрольной группе. Таким образом, выявляется новый период, характерный для группы ЭМЭ – $\approx 4^d,0$. В периоде $\approx 3^d,3$ отмечено снижение амплитуды в 1,4 раза ($p_1 < 0,05$). В исследуемом спектре доминирующим периодом был $\approx 5^d,8$ с амплитудой $0,013 \pm 0,001$ усл.ед., при этом он совпадал с доминирующим ритмом интактных животных. Анализируя амплитудные значения, отмечено, что как в контрольной группе, так и у животных, содержащихся в условиях ЭМЭ, амплитуды находились в пределах от $0,010 \pm 0,001$ до $0,013 \pm 0,001$ усл.ед. Таким образом, отмечена тенденция к возрастанию амплитуды с увеличением длины периода (рис. 5).

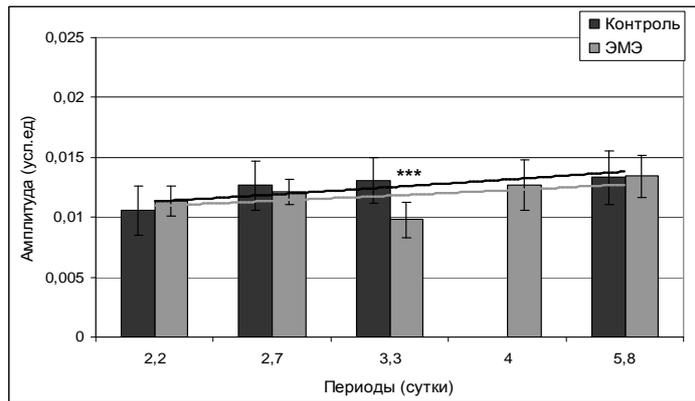


Рис. 5. Спектры инфрадианной ритмики скорости движения регенерирующих планарий контрольных группы и животных, подвергнутых действию ЭМЭ
Примечание: * – достоверность различий относительно контрольных значений: *** – ($p < 0,05$)

Косинор-анализ позволил выявить определенные межфазные соотношения у интактных регенерирующих планарий и животных, содержащихся в условиях ЭМЭ. В выявленных периодах $\approx 2^d, 2$; $\approx 2^d, 7$; $\approx 3^d, 3$ и $\approx 5^d, 8$ была отмечена тенденция к сдвигу фаз на 248° ; $21^\circ, 08$; $12^\circ, 95$ и $44^\circ, 4$ соответственно (рис. 6).

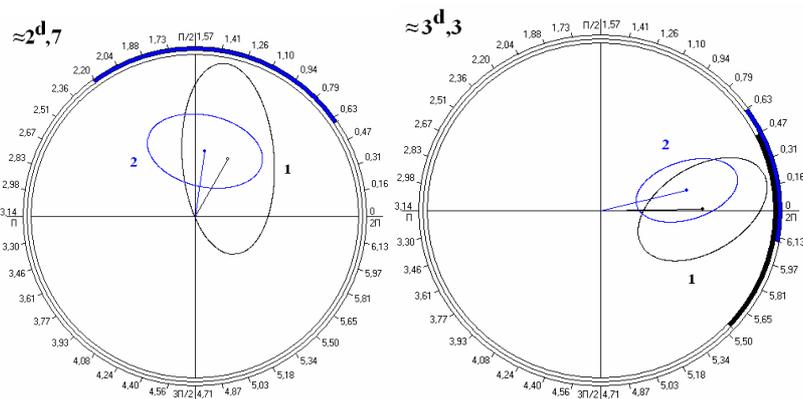


Рис. 6. Косинорограммы периодов – $\approx 2^d, 7$ и $\approx 3^d, 3$ (радианы) скорости движения регенерирующих животных контрольной группы (1) и в условиях ЭМЭ (2).

Таким образом, ЭМЭ вызывает изменения ИР СД регенерирующих планарий. Так, в спектре СД появляется новый период $\approx 4^d, 0$, в 1,4 раза ($p_1 < 0,05$) снижается амплитуда трехсуточного периода, т.е. изменяется структура спектров ИР, однако при этом ЭМЭ не влияет на их фазные характеристики.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о различной чувствительности нерегенерирующих и регенерирующих планарий к действию электромагнитных факторов. Слабое многодневное ЭМЭ вызывает менее

выраженную трансформацию ИР СД у регенерирующих планарий, чем у нерегенерирующих, у которых под их влиянием не только изменяются структуры спектров, но значительно сдвигаются фазы, т.е. развивается десинхроноз. Эти данные находятся в полном соответствии с результатами других исследований. Полная изоляция человека от всех известных датчиков и указателей времени (колебания освещенности, температуры, звукового фона, электромагнитных полей и пр.) представляет собой достаточно сложную техническую задачу. В какой-то мере этим требованиям удовлетворяют подземные пещеры, специальные бункеры и сурдокамеры. При изоляции в пещерах [19–21] и в лабораторных условиях [22] исследовали ритмы активности, температуры тела, экскреции калия, натрия, хлора, содержание 17-гидрооксикортикостероидов (17-ГОКС) в крови. У человека, находившегося в изоляции (бункер) в течение 8 сут, сохранился ритм температуры тела и активности (периодичность сон-бодрствование), соответствующий норме. В последующие дни перепад ритмов увеличился — проявился эффект внешней десинхронизации. После выхода из изоляции режим активности нормализовался в первые же сутки, тогда как фазовая синхронизация температуры тела наступила только через 8 дней [23]. При сохранении одинакового периода ритмов активности и температуры в бункерных экспериментах [24] у человека могут изменяться соотношения фаз указанных биоритмов относительно исходных. Например, минимум температуры тела, в норме приуроченный к последним часам сна, в условиях изоляции смещается к его началу. Следовательно, совпадая по частоте, ритмы различных показателей могут находиться в соотношении фазовой десинхронизации, что, по мнению R. Wever, свидетельствует о существовании в организме нескольких независимых колебательных систем. Полная или частичная изоляция от естественных физических и социальных датчиков делает организм более чувствительным к действию искусственных датчиков, что можно использовать для направленной перестройки биоритмов. Диапазон возможной перестройки определяется способностью биоритмов к синхронизации с внешними датчиками.

ВЫВОДЫ

1. ЭМЭ вызывает изменения инфрадианной ритмики скорости движения нерегенерирующих и регенерирующих планарий, что выражается в изменении структуры спектров и амплитудно-фазовых взаимоотношений.
2. ЭМЭ вызывает сглаженность ритмических процессов скорости движения нерегенерирующих и регенерирующих планарий, выражающуюся в уменьшении числа выявленных периодов, значительном снижении амплитуд большинства выделенных ритмов. Сглаженность ритмики сопровождается развитием признака десинхроноза. В спектре регенерирующих планарий появляется новый период $\approx 4^d,0$, в 1,4 раза снижается амплитуда трехсуточного периода.
3. Изменения инфрадианной ритмики СД более выражены у нерегенерирующих планарий, чем у регенерирующих.

Список литературы

1. Busby D.E. Space biomagnetism / D.E. Busby // Space life Science. – 1968. – Vol.1, №1. – P. 23–28.
2. Использование планарий для изучения действия экологических факторов / Н.А. Темурьянц, Н.А. Демцун, Н.С. Ярмолук [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61) – № 1. – С. 78–86.
3. Владимирский Б.М. Солнечно-земные связи в биологии и явление «захвата» частоты / Б.М. Владимирский // Проблемы космич. биологии. – 1982. – Т. 43. – С. 166–173.
4. Демцун Н.А. Динамика скорости движения планарий, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования / Н.А. Демцун, Н.А. Темурьянц, М.М. Баранова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61). – № 2. – С. 24–32.
5. Демцун Н.А. Сезонные различия регенерации планарий *Dugesia tigrina* при электромагнитном экранировании : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Н.А. Демцун – Симферополь, 2010. – 22 с.
6. Ярмолук Н.С. Влияние электромагнитного экранирования на регенерацию планарий *Dugesia tigrina* с различной функциональной асимметрией / Н.С. Ярмолук // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009 – Том 22 (61), № 4. – С. 302–310.
7. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных: приспособление и среда / К. Шмидт-Ниельсен – М: «Мир», 1982. – С. 555–643
8. Патент № 98095 Украины МПК51 А 01 К 61/00. Способ определения скорости движения интактных и регенерирующих планарий / Темурьянц Н.А., Баранова М.М., Демцун Н.А.; заявитель и правообладатель Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского. – № U 200908540; заявл.: 13.08.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл.№5.
9. Метод получения крайне слабых постоянного магнитного и электрического полей и хорошо воспроизводимого комбинированного магнитного поля для биологических исследований / Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина, В.С. Мартынюк [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология. Химия». – 2010. – Т.23, №2. – С. 54–65.
10. 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.
11. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. / Боровиков В. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
12. Емельянов И.П. Формы колебания в биоритмологии / Емельянов И.П. – Новосибирск: Наука, 1976. – 127 с.
13. Темурьянц Н.А. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире / Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. // Киев. Наукова Думка, 1992. – 188 с.
14. Стригун Л.М. Биоритмы дегидрогеназ и гелиобиологические связи / Л.М. Стригун // Циклы природы и общества. – 1996. – № 2. – С. 143–149.
15. Чиркова Э.Н. Современная гелиобиология / Чиркова Э.Н. – М.: «Гелиос», 2005. – 250 с.
16. Шабатура Н.Н. Механизм происхождения инфрадианных биологических ритмов / Н.Н. Шабатура // Успехи физиол. наук. – 1989. – Т. 20, № 3. – С. 83–103.
17. Чуян Е.Н. Нейроиммуноэндокринные механизмы адаптации к действию низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты: автореф. дисс. ... доктора биол. наук: 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Е.Н. Чуян – Симферополь, 2004. – 417 с.
18. Костюк А.С. Изменение инфрадианной ритмики болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens* при электромагнитном экранировании / А.С. Костюк, Н.А. Темурьянц // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 4. – С. 87–94.
19. Ghata J. Rythmes circadiens désynchronisés du cycle social (17-hydroxycorticostéroïdes, température rectale, veille-sommeil) chez deux sujets adultes sains. / J. Ghata, F. Halberg, A. Reinberg, M. Siffre // Ann Endocrinol (Paris) – 1969 – Vol. 30(2) – P. 245–260.

20. Mills J.N. A reciprocal relationship between K⁺ and Na⁺ excretion in the diurnal excretory rhythm in man. / J.N. Mills, S.W. Stanbury // Clin.Sci. – 1954. – Vol. 13. – P. 177–185.
21. Mills J.N. Human circadian rhythms / J.N. Mills // Physiol Rev. – 1966 – Vol. 46(1). – P. 128–171.
22. Лицов А.Н. Экспериментальное изучение суточной периодики физиологических функций и работоспособности человека при сдвинутом расписании сна и бодрствования / А.Н. Лицов // Косм,биология и авиакосм, медицина. – 1968. – №4. – С. 59.
23. Aschoff J. Desynchronization and resynchronization of human circadian rhythms. / J. Aschoff // Aerosp Med. – 1969. – Vol. 40(8). – P. 844–849.
24. Wever R. Einfluss schwacher elektro-magnetischer felder auf die circadiane periodizität des menschen / R. Wever // Naturwissenschaften – 1968. – Vol. 55. – P. 29–32.

Ярмолюк Н.С. Инфрадіанна ритміка швидкості руху регенеруючих і нерегенеруючих планарій *Dugesia tigrina* в умовах слабого електромагнітного екранування / Н.С. Ярмолюк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 230-238.

Показано, що електромагнітне екранування викликає зміни інфрадіанної ритміки швидкості руху нерегенеруючих і регенеруючих планарій, що виражається в зміні структури спектрів і амплітудно-фазових взаємин. Відзначено, що зміни інфрадіанної ритміки швидкості руху більш виражені у нерегенеруючих планарій, ніж у регенеруючих.

Ключові слова: швидкість руху, інфрадіанна ритміка, електромагнітне екранування, планарії.

Yarmolyuk N.S. Infradian rhythmic speed and regenerating planarians *Dugesia tigrina* not regenerating in low electromagnetic shielding / N.S. Yarmolyuk // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 230-238.

It is shown that the electromagnetic shielding causes changes infradian rhythm speed and regenerating planarians and not regenerating, resulting in a change in the structure of the spectr and amplitude-phase relationships. It is noted that changes infradian rhythm velocity is more pronounced in not regenerating planarians than regenerating.

Keywords: speed, infradian rhythm, electromagnetic shielding, planarians.

Поступила в редакцію 24.11.2012 г.