

УДК 613.168:591.169.1:595.123

**ВЛИЯНИЕ СЛАБЫХ ЭМП КРАЙНИХ ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНОВ
НА ДИНАМИКУ И ИНФРАДИАННУЮ РИТМИКУ РЕГЕНЕРАТОРНЫХ
ПРОЦЕССОВ У ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA***

Туманянц К.Н., Ярмолюк Н.С.

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

Показано, что низкоинтенсивные ЭМ факторы крайних частотных диапазонов стимулируют регенерацию планарий, изменяют ИР их регенераторных процессов. Степень стимуляции регенераторных процессов у планарий слабыми ЭМИ крайних частотных диапазонов неодинакова. Более выражено увеличение ИнР, СД у планарий подвергнутых действию ПеМП частотой 8Гц индукцией 50 нТл СНЧ, чем ЭМИ длиной волны 7,1 мм. Изменения многодневной ритмики регенераторных процессов под влиянием ЭМ факторов заключается в перестройке структуры спектров, амплитудно-фазовых взаимоотношений. ЭМИ КВЧ вызывает более выраженные изменения ИР регенераторных процессов у планарий, чем ПеМП СНЧ. Обнаружены различия в биологическом действии изученных факторов могут быть связаны с изменением свойств воды под их влиянием.

Ключевые слова: электромагнитное излучение крайне высокой частоты, переменное магнитное поле сверхнизкой частоты, регенерация, скорость движения, инфрадианная ритмика, планарии.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широко обсуждается роль воды в реализации биологического действия слабых электромагнитных факторов [1, 2]. Важное значение для развития этих представлений имеют эксперименты на животных, обитающих в воде. В настоящее время накоплен обширный материал о чувствительности к таким воздействиям планарий [3]. Показано, что регенерация этих животных изменяется при действии слабых ЭМП факторов [4–7]. В нашей лаборатории обнаружены изменения регенерации и инфрадианной ритмики (ИР) регенераторных процессов при слабом электромагнитном экранировании [8]. Для развития представлений о роли воды в магнитобиологических исследованиях. Представляет интерес исследования этих процессов при действии ЭМП, обладающих различной проникающей способностью в воде, в частности переменного магнитного поля (ПеМП) сверхнизкочастотной частоты (СНЧ), широко распространенных в биосфере [9], и электромагнитного излучения (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ).

В связи с этим целью исследования явилось сравнительное изучение действия низкоинтенсивных ЭМИ СНЧ и КВЧ на динамику и ИР регенераторных процессов планарий *Dugesia tigrina*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использована лабораторная бесполовая раса планарий *Dugesia tigrina*, условия их содержания и кормления описаны ранее [10].

Для экспериментов использовали животных длиной $\approx 9 \pm 1$ мм, у которых движение осуществляется за счет ресничек, а не мускулатуры [11].

Планарий отбирали для опыта через три-четыре дня после кормления. Было проведено две серии экспериментов. В первой серии изучалось действие ЭМИ КВЧ, во второй - ПеМП СНЧ. В каждой серии было выделено 2 группы животных по 25 особей в каждой, для которых поддерживался одинаковый режим освещенности и температуры. Первую группу составили контрольные животные, которые содержались в обычных условиях лаборатории и не подвергались никаким воздействиям. Животные II группы I серии подвергались воздействию ЭМИ длиной волны 7,1мм. по 30 минут ежедневно. Планарии экспериментальной группы второй серии наблюдения подвергались влиянию ПеМП частотой 8Гц индукцией 50нТл ежедневно в течение трех часов в сутки (с 8.00 до 11.00 ч.), а остальное время суток они находились в условиях, одинаковых с контрольной группой животных. Продолжительность эксперимента определялась сроком регенерации головного конца тела планарий и составила 16 суток.

Методика изучения регенераторных процессов описана ранее [12].

Определялись следующие параметры регенерации: индекс регенерации (ИнР) [13] и скорость движения (СД) [14], а также их инфранианная ритмика (ИР).

Для фиксации изображений каждого животного, которые проводились ежедневно в одно и то же время суток, применяли компьютерные технологии анализа изображения, согласно Н.А. Темурьянц.

Для воздействия на животных группы КВЧ использовали терапевтический генератор «Явь-1-7,1» с рабочей длиной волны – 7,1 мм, частотой излучения – 42,2 ГГц, выходной мощностью – 25 мВт, плотностью потока мощности – 10 мВт/см², с непрерывным режимом излучения. Излучатель выполнен в виде рупора с изолирующей насадкой, задающей определенное расстояние от рупора до облучаемой поверхности, габаритные размеры излучателя – 10x20 мм, электропитание аппарата осуществляется от сети переменного тока с напряжением 220 В и частотой 50 Гц. (генераторы «Явь-1» рекомендованы к промышленному выпуску и применению Комитетом по новой технике Министерства здравоохранения СССР (Приказ № 901 от 29.06.87г. по МЗ СССР). Планарии во время воздействия находились в тefлоновой кювете, ко дну которой подводился рупор генератора.

Выбор параметров воздействующего ПеМП осуществлялся на основе оценки их физиологической и геофизической значимости. Выбранная частота 8 Гц является фундаментальной частотой ионосферного волновода [15], а, кроме того, близка к частоте некоторых биоритмов [16]. Величину магнитной индукции (50 нТ) выбирали с таким учетом, чтоб она была значительно выше напряженности естественного ПеМП на данной частоте. Одновременно учитывалось, что для такой интенсивности поля физиологические эффекты надежно воспроизводятся [17]. Опытная установка состояла из катушек индуктивности диаметром 1 м и

низкочастотного генератора ГРМ-3. Для контроля гармонического колебания использовался одноканальный лучевой осциллограф С1-114/1.

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 Microsoft Excel [18].

Эффективность экспериментального воздействия определяли путем вычисления коэффициента эффективности (КЭ). Каждое из измеряемых значений ИнР и СД как в опыте ($R_{\text{э}}$), так и в контроле ($R_{\text{к}}$) является результатом усреднения измерений на 25 животных. Изменение ИнР и СД в эксперименте рассчитывали по коэффициенту эффективности:

$$KЭ = \frac{(R_{\text{э}} - R_{\text{к}}) \pm (\delta_{\text{э}} + \delta_{\text{к}})}{R_{\text{к}} \pm \delta_{\text{к}}} \cdot 100\%,$$

где $R_{\text{к}}$ и $R_{\text{э}}$ – индекс регенерации или скорость движения в контрольной и экспериментальной группах, $\delta_{\text{э,к}}$ – стандартные ошибки измерений в опыте и контроле.

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 [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали проведенные исследования, слабые ЭМИ крайних частотных диапазонов стимулируют регенерацию планарий, изменяют их ИР. КЭ, рассчитанный как по ИнР, так по СД максимально возрастают при обоих воздействиях на 2-3 сутки воздействия. В дальнейшие сутки эксперимента стимулирующий эффект ЭМ факторов снижается и на 16–17 сутки достигает нуля. В обоих случаях отмечена положительная корреляционная связь между СД и ИнР.

Однако, степень стимуляции регенераторных процессов у планарий слабыми ЭМИ крайних частотных диапазонов неодинакова. Более выражено увеличение и ИнР, и СД у планарий, подвергнутых действию ПемП СНЧ, чем ЭМИ КВЧ. Если у животных, подвергнутых действию ПемП, КЭ, рассчитанные по ИнР и СД возрастают на 3 сутки на 37% и 47%, то при действии ЭМИ КВЧ эти коэффициенты возрастают лишь на 21% и 10% соответственно (рис. 1, 2).

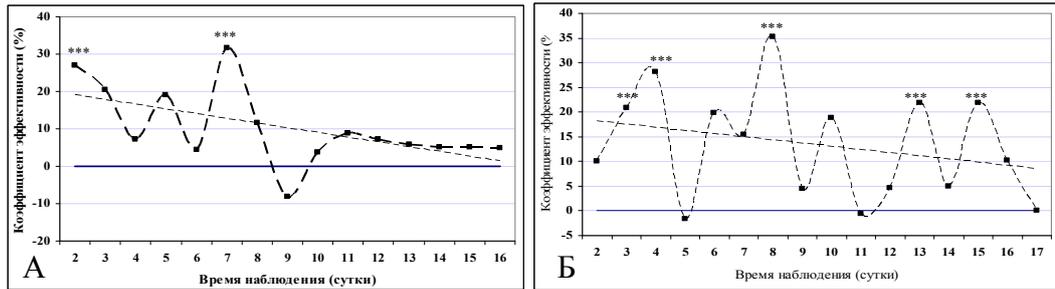


Рис. 1. Динамика ($\bar{x} \pm S\bar{x}$) коэффициентов эффективности (%) ЭМИ КВЧ, рассчитанных по индексу регенерации (А) и скорости движения (Б) планарий.
Примечание: * – достоверность различий относительно контрольных значений *** – ($p < 0,05$).

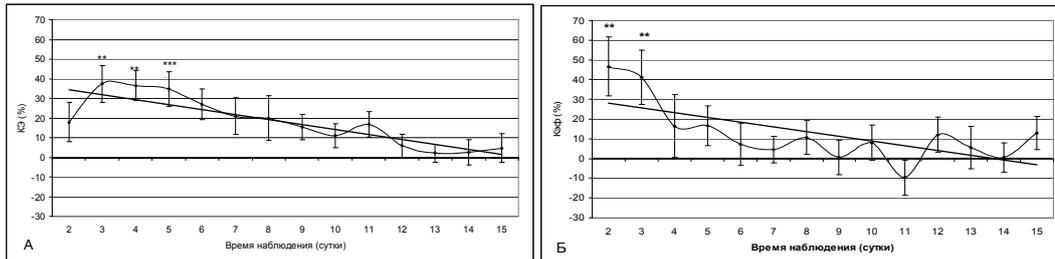


Рис. 2. Динамика ($\bar{x} \pm S\bar{x}$) коэффициента эффективности (%) ПеМП СНЧ, рассчитанного по индексу регенерации (А) и скорости движения (Б) планарий.
Примечание. * – достоверность различий относительно контрольных значений: ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,05$).

Таким образом, ПеМП 8 Гц интенсивностью 50 нТл обладает более выраженным стимулирующим действием на регенерацию планарий, чем ЭМИ КВЧ.

Как показали проведенные исследования низкоинтенсивные ЭМ факторы крайних частотных диапазонов вызывают изменения ИР, которые заключаются в перестройке структуры спектров, амплитудно – фазовых взаимоотношений.

При действии ПеМП наблюдается обеднение спектров ИнР и СД: перестает выявляться период $\approx 3^d$, амплитуды большинства других ритмов оказывается несколько сниженными (рис. 3).

При воздействии ЭМИ КВЧ имеет место более выраженные изменения ИР: перестает выявляться период $4,57^d$ в спектрах обоих показателей, а амплитуда других выделенных ритмов резко снижается, особенно в спектре СД, когда они близки к 0 (рис. 4).

Таким образом, под влиянием низкоинтенсивных ЭМ факторов изменяется ИР регенераторных процессов у планарий. Но более выражены эти изменения под влиянием ЭМИ КВЧ.

Способность ПеМП и ЭМИ КВЧ изменять ритмические процессы обнаружены в многочисленных исследованиях.

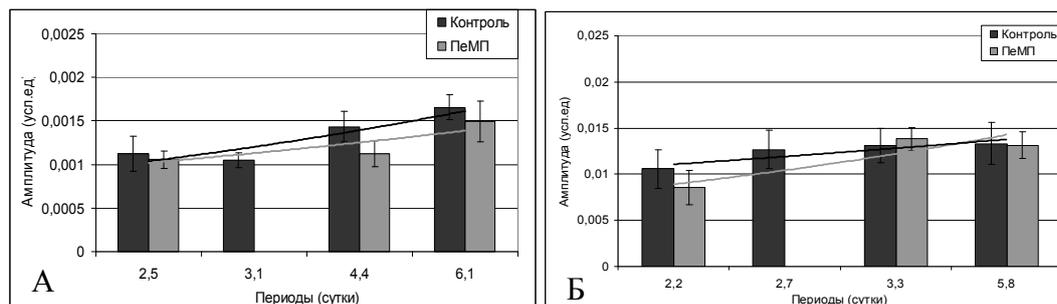


Рис. 3. Спектры периодов инфрадианных ритмов индекса регенерации (А) и скорости движения (Б) планарий при действии ПеМП СНЧ.

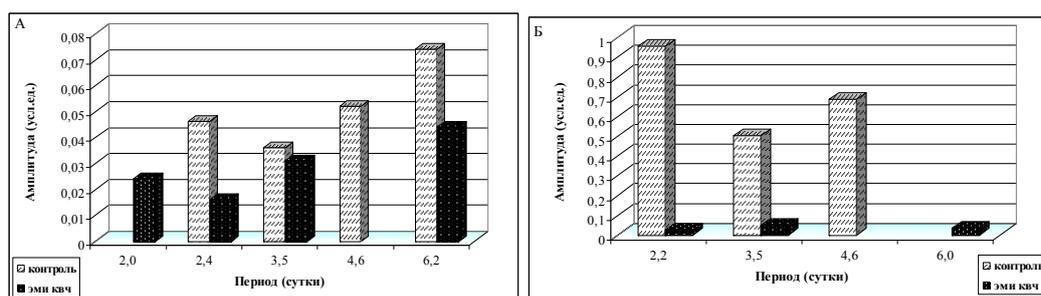


Рис. 4. Спектры периодов инфрадианных ритмов индекса регенерации (А) и скорости движения (Б) интактных планарий и животных, подвергнутых действию ЭМИ КВЧ.

Так экспериментах на крысах, моллюсках показано, что ЭМИ крайних частотных диапазонов изменяет инфрадианную ритмику разнообразных физиологических процессов [20–22], причем во всех случаях ПеМП СНЧ изменяло параметры ритмики более выражено, чем ЭМИ КВЧ. Нами на животных, ведущих водный образ жизни, обнаружен противоположный эффект: под влиянием ЭМИ КВЧ многодневная ритмика регенераторных процессов претерпевает более выраженные изменения. Возможно, такие особенности действия ЭМИ КВЧ на планарий связаны с неодинаковыми изменениями свойств воды под влиянием этих факторов. Дальнейшие исследования позволят расширить эти представления.

ВЫВОДЫ

1. Низкоинтенсивные ЭМ факторы крайних частотных диапазонов стимулируют регенерацию планарий, изменяют ИР их регенераторных процессов.
2. Степень стимуляции регенераторных процессов у планарий слабыми ЭМИ крайних частотных диапазонов неодинакова. Более выражено увеличение ИнР, СД у планарий подвергнутых действию ПеМП СНЧ, чем ЭМИ КВЧ.
3. Изменения многодневной ритмики регенераторных процессов под влиянием ЭМ факторов заключается в перестройке структуры спектров, амплитудно-фазовых взаимоотношений.

4. ЭМИ КВЧ вызывает более выраженные изменения ИР регенераторных процессов у планарий, чем ПеМП СНЧ.

Список литературы

1. Дроздов А.В. О колебательных ритмах в воде и биоритмах / А.В. Дроздов, Т.П. Нагорская // Материалы IX Международной крымской конференции «Космос и биосфера». – Алушта, 2011 г. – С. 20–22.
2. Цетлин В.В. Эффекты слабых полей и излучений природных факторов окружающего пространства на водную среду / В.В. Цетлин, С.С. Мойса // VI Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине» Санкт-Петербург, Россия, 02-06 июля 2012. – С. 35.
3. Использование планарий для изучения действия экологических факторов / Н.А. Темурияц, Н.А. Демцун, Н.С. Ярмолюк [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – Том 22 (61). – 2009. – № 1. – С. 78–86
4. Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных постоянных и переменных магнитных полей / В.В. Леднев // Биофизика. – 1996. – Т. 41, Вып. 1. – С. 224–231.
5. Новиков В.В. Влияние слабых и сверхслабых комбинированных постоянного и низкочастотного переменного магнитных полей и миллиметровых волн низкой интенсивности на регенерацию планарий *Dugesia tigrina* / В.В. Новиков, И.М. Шейман, А.В. Клубин [и др.] // Биофизика – 2007. – Т.52, Вып. 2. – С. 372–375.
6. Белова Н.А. Первичные мишени во взаимодействии слабых магнитных полей с биологическими системами: автореф. дисс. на соискание учен. степени док. биол. наук : спец. 03.01.02 «Биофизика» / Н.А. Белова – Пушкино, 2011. – 43 с.
7. 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. – P. 467–474.
8. Темурияц Н.А. Сезонные различия регенерации планарий в условиях многодневного электромагнитного экранирования / Н.А. Темурияц, Н.А. Демцун // Биофизика. – 2010. – Т.55, вып. 4. – С. 710–714.
9. Владимирский Б.М. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу (Гелиобиология от А.Л.Чижевского до наших дней). / Б.М. Владимирский, Н.А. Темурияц – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 374 с.
10. Демцун Н.А. Динамика скорости движения планарий, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования / Н.А. Демцун, Н.А. Темурияц, М.М. Баранова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 2. – С. 24–32.
11. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных: приспособление и среда / Шмидт-Ниельсен К. – М: «Мир», 1982. – Т.2. – С. 555–643.
12. Демцун Н.А. Влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на регенерирующие планарии *Dugesia tigrina* / Н.А. Демцун, К.Н. Туманяц, Н.А. Темурияц // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология. Химия». – 2009. – Т.22 (61), №2. – С. 33–40.
13. Морфогенез планарий *Dugesia tigrina* / И.М. Шейман, Н.Д. Крещенко, З.В. Седельников [и др.] // Онтогенез, 2004. – Т. 35, №4 – С. 285–290
14. Патент 48095 України МПК51 А 01 К 61/00. Спосіб визначення швидкості руху інтактних і регенеруючих планарій / Темурияц Н.А., Баранова М.М., Демцун Н.О.; заявник та власник Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського. – № U200908540; заявл.: 13.08.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5.
15. Schumann W.O. Uber die Dämpfung der electromagnetischen Eigenwingungen des Systems Erde-Luft-Ionosphäre / W.O. Schumann // Naturwissenschaft. – 1982. – No 7a. – P. 250–254.
16. Ашофф Ю. Биологические ритмы / Ашофф Ю. – М. : Мир, 1984. – Т. 1. – 176 с.

17. Темурьянц Н.А. Влияние слабых переменных магнитных полей крайне низких частот на инфрадианную ритмику симпато-адреналовой системы крыс / Н.А. Темурьянц, В.Б. Макеев, В.И. Малыгина // Биофизика. – 1992. – Т. 37, №4. – С. 653–655.
18. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. / Боровиков В. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
19. Емельянов И.П. Формы колебания в биоритмологии / Емельянов И.П. – Новосибирск: Наука, 1976. – 127 с.
20. 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.
21. Мартынюк В.С. Корреляция биофизических параметров биологически активных точек и вариаций гелиогеофизических факторов / В.С. Мартынюк, Н.А. Темурьянц, О.Б. Московчук // Биофизика. – 2001. – Т. 46, № 5. – С. 905–909.
22. 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. 27–34.

Туманянц К.М. Вплив слабких ЕМП вкрай частотних діапазонів на динаміку і інфрадіанну ритміку регенераторних процесів у планарій *Dugesia tigrina* / К.М. Туманянц, Н.С. Ярмолюк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 3. – С. 215-221.

Показано, що низькоінтенсивного ЕМ фактори крайніх частотних діапазонів стимулюють регенерацію планарій, змінюють ІР їх регенераторних процесів. Ступінь стимуляції регенераторних процесів у планарій слабкими ЕМІ крайніх частотних діапазонів неоднакова. Більш виражено збільшення ІНР, СД у планарій підданих дії ЗМП частотою 8Гц індукцією 50 нТл СНЧ, ніж ЕМВ довжиною хвилі 7,1 мм. Зміни багатоденної ритміки регенераторних процесів під впливом ЕМ чинників полягає в перебудові структури спектрів, амплітудно-фазових взаємин. ЕМІ КВЧ викликає більш виражені зміни ІР регенераторних процесів у планарій, ніж ЗМП СНЧ. Виявлені відмінності в біологічному дії вивчених факторів можуть бути пов'язані зі зміною властивостей води під їх впливом

Ключові слова: електромагнітне випромінювання вкрай високої частоти, змінне магнітне поле наднизької частоти, регенерація, швидкість руху, інфрадіанна ритміка, планарії.

Tumanyants K.N. Influence of weak electromagnetic fields of extreme frequency ranges on dynamics and infradian rhythmic of regeneration at planary *Dugesia tigrina* / K.N. Tumanyants, N.S. Yarmolyuk // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 3. – P. 215-221.

It is shown that low-intensive electromagnetic factors of extreme frequency ranges stimulate regeneration of planarian, change infradian rhythmic of their regeneratory processes. Extent of stimulation of regeneratory processes at planarian weak electromagnetic radiations of extreme frequency ranges isn't identical. The increase in an index of regeneration, speed of movement at planarian treated to action of a variation magnetic field by frequency of 8 Hz by an induction 50 nTl, than electromagnetic radiation in length of a wave 7,1 mm is more expressed. Changes of rhythmic of regeneratory processes lasting many days under the influence of EM of factors consists in reorganization of structure of ranges, peak and phase relationship. Electromagnetic radiation of the highest frequency causes more expressed changes of infradian rhythmic of regeneratory processes in planarian, than a variation magnetic field of ultralow frequency. Distinctions in biological action of the studied factors are found can be connected with change of properties of water under their influence.

Keywords: electromagnetic radiation of the highest frequency, variation magnetic field of ultralow frequency, regeneration, speed of movement, infradian rhythmic, planarian.

Поступила в редакцію 19.09.2012 г.