

УДК 612.014.42:595.123

ДИНАМИКА И ИНФРАДИАННАЯ РИТМИКА РЕГЕНЕРАТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA* ПРИ ДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ЭМП КРАЙНИХ ЧАСТОТНЫХ ДИАПАЗОНОВ

Туманянц К.Н.

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

Показано, что низкоинтенсивные электромагнитные поля крайних частотных диапазонов стимулируют регенерацию планарий и изменяют инфрадианную ритмику регенераторных процессов. При этом степень стимуляции неодинакова. Увеличение индекса регенерации и скорости движения более выражено в условиях электромагнитного экранирования. Тогда как инфрадианная ритмика регенераторных процессов больше изменяется при действии электромагнитного излучения крайне высокой частоты. При этом наблюдается перестройка структуры спектров и амплитудно-фазовых соотношений. Выявленные различия в действии изучаемых факторов, возможно, связаны с изменением свойств воды.

Ключевые слова: регенерация, скорость движения, инфрадианная ритмика, электромагнитное экранирование, электромагнитное излучение крайне высокой частоты, планарии.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы для решения актуальных проблем физиологии и биофизики все чаще применяются беспозвоночные животные, что отвечает современным этическим требованиям. На плоских червях (планариях) изучена не только феноменология электромагнитных воздействий, но и некоторые механизмы их действия [1–3]. Использование этих животных в биофизике перспективно и для изучения роли воды в электромагнитных воздействиях. Ранее нами [4] было показано, что инфрадианная ритмика (ИР) параметров регенерации планарий при действии ЭМИ СЧ и КВЧ, обладающими различной проникающей способностью в воде, изменяется неодинаково, что подтверждает роль воды в электромагнитных воздействиях. Для развития этих представлений целесообразно сравнить эффекты и других факторов с различной проникающей способностью.

В связи с изложенным, целью исследования явилось сравнительное изучение влияния электромагнитного экранирования (ЭМЭ) и ЭМИ 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 [5].

Для экспериментов использовали животных длиной $\approx 9 \pm 1$ мм, у которых движение осуществляется за счет ресничек, а не мускулатуры [6].

Планарий отбирали для опыта через три-четыре дня после кормления. Было проведено две серии экспериментов. В первой серии изучалось действие ЭМИ КВЧ, во второй – ЭМЭ. 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 7,1 мм по 30 минут ежедневно. Планарии экспериментальной группы второй серии наблюдения содержались в условиях слабого ЭМЭ в течение 23 часов в сутки. Продолжительность эксперимента определялась сроком регенерации головного конца тела планарий и составила 15-16 суток.

Методика изучения регенераторных процессов описана ранее [7].

Определялись следующие параметры регенерации: индекс регенерации (ИНР) [8] и скорость движения (СД) [9], а также их инфрадианная 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 ЭМИ 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.

Ослабление электромагнитного поля достигалось применением экранирующей камеры, изготовленной из железа «Динамо». Коэффициент экранирования постоянной компоненты магнитного поля (МП), составлял по вертикальной составляющей 4,4, по горизонтальной – 20. Коэффициент экранирования внутри камеры для частот от 10^{-4} до 30 Гц находится в пределах трех-четырех, на промышленной частоте 50 Гц и кратных гармониках 150 и 250 Гц – около трех. На более высоких частотах имела место лишь тенденция к ослаблению [10].

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 [11, 12].

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 [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты проведенных исследований, влияние слабых электромагнитных факторов приводит к стимуляции регенераторных процессов планарий и изменению их ИР. КЭ, рассчитанный как по ИнР, так и по СД максимально возрастают при обоих воздействиях на 2-3 сутки эксперимента. В дальнейшие сроки наблюдения стимулирующий эффект ЭМ факторов снижается и на 15–17 сутки приближается к нулю. В обоих случаях отмечена положительная корреляционная связь между СД и ИнР.

Однако, степень стимуляции регенераторных процессов у планарий при действии различных электромагнитных факторов неодинакова. Более выражено увеличение и ИнР, и СД у планарий, содержащихся в условиях ЭМЭ, нежели при действии ЭМИ КВЧ. Если у животных, подвергнутых действию ЭМЭ, КЭ, рассчитанные по ИнР и СД возрастают на 3 сутки на 33% и 38%, то при действии ЭМИ КВЧ коэффициенты возрастают только на 21% и 10% соответственно (рис. 1, 2).

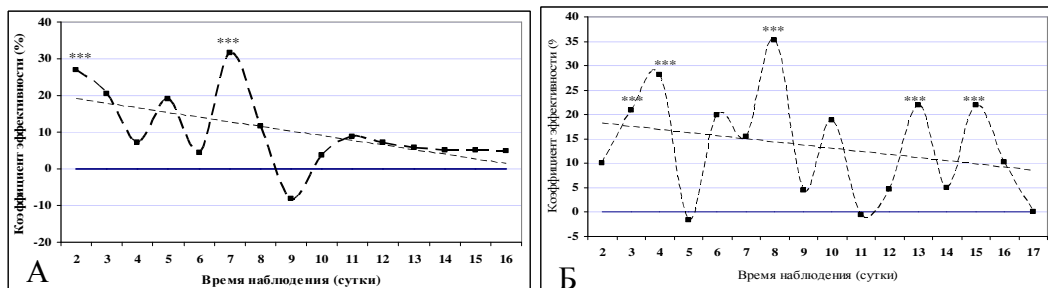


Рис. 1. Динамика ($\bar{x} \pm S\bar{x}$) коэффициентов эффективности (%) ЭМИ КВЧ, рассчитанных по индексу регенерации (А) и скорости движения (Б) планарий.

Примечание: * – достоверность различий относительно контрольных значений *** – ($p < 0,05$).

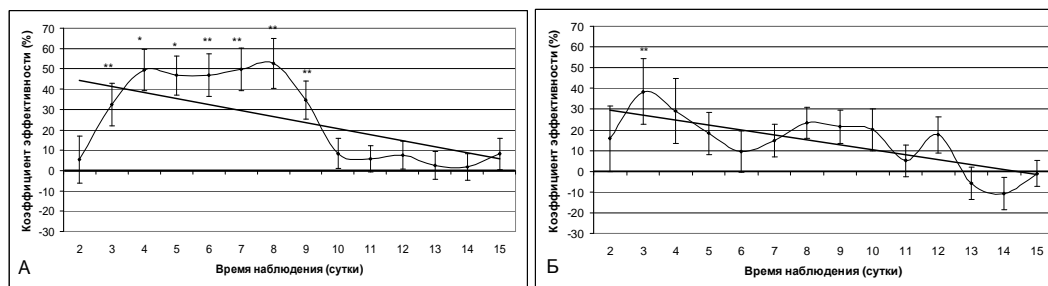


Рис. 2. Динамика ($\bar{x} \pm S\bar{x}$) коэффициентов эффективности (%) ЭМЭ, рассчитанного по индексу регенерации (А) и скорости движения (Б) планарий.

Примечание. * – достоверность различий относительно контрольных значений: * – ($p < 0,001$); ** – ($p < 0,01$).

Однако стимулирующий эффект ЭМИ КВЧ прогрессивно уменьшается с увеличением числа воздействий, а в условиях ЭМЭ сохраняется с четвертых по восьмые сутки, а затем резко снижается с 10 дня до 2-5%. Таким образом, слабое ЭМЭ более выражено стимулирует регенераторные процессы планарий, чем ЭМИ КВЧ.

Анализируя результаты проведенных исследований, следует отметить и изменения ИР под влияние слабых электромагнитных факторов, которые заключаются в перестройке структуры спектров и амплитудно-фазовых взаимоотношений.

При воздействии ЭМИ КВЧ имеет место более выраженные изменения ИР: перестает выявляться период $4,6^d$ в спектрах обоих показателей, а амплитуда других выделенных ритмов резко снижается, особенно в спектре СД, когда они близки к 0 (рис. 3).

В условиях ЭМЭ наблюдается обеднение спектров ИнР, когда перестают выявляться периоды $\approx 3,1^d$ и $\approx 4,4^d$, однако появляется новый период $\approx 3,8^d$. При этом амплитуды большинства выделенных ритмов достоверно не отличаются от таковых контрольной группы (рис. 4, А). Тогда как спектр ИР СД планарий становится более насыщенным, когда отмечается новый период $\approx 4,0^d$, при этом амплитуда периода $\approx 3,3^d$ снижается относительно уровня контрольной группы ($p < 0,05$).

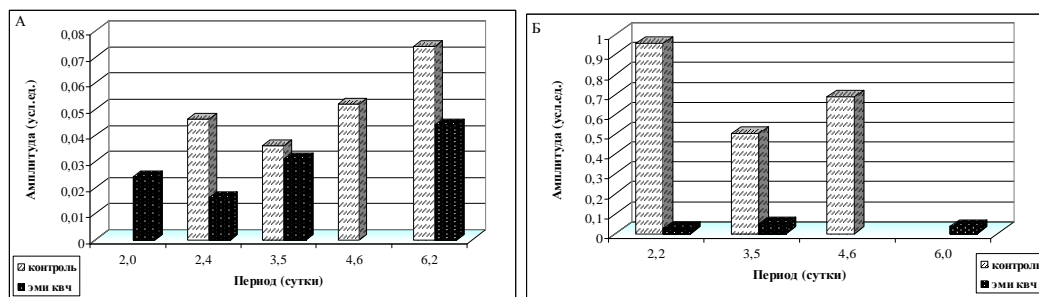


Рис. 3. Спектры периодов инфрадианных ритмов индекса регенерации (А) и скорости движения (Б) интактных планарий и животных, подвергнутых действию ЭМИ КВЧ.

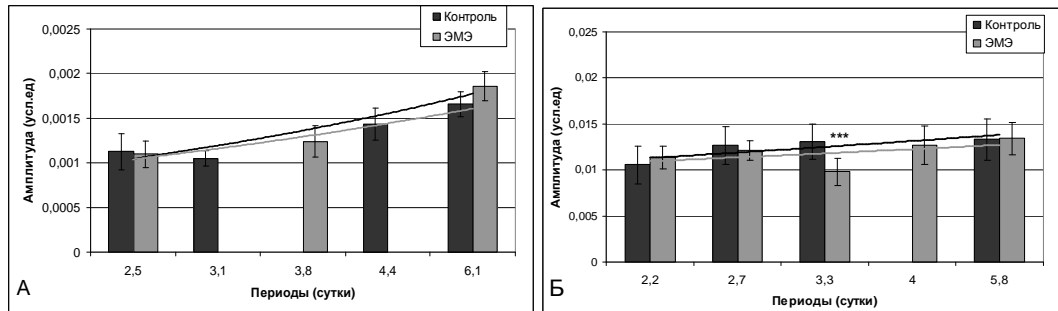


Рис. 4. Спектры периодов инфрадианных ритмов индекса регенерации (А) и скорости движения (Б) планарий в условиях ЭМЭ.

Примечание. * – достоверность различий относительно контрольных значений: *** – ($p < 0,05$).

Таким образом результаты проведенного исследования свидетельствуют об изменении динамики и инфрадианной ритмики ИнР и СД планарий в условиях ЭМЭ и при действии ЭМИ КВЧ. Однако под влиянием последнего изменения ИР регенераторных процессов у планарий более выражены.

Так, в ранее опубликованных исследованиях показана способность низкоинтенсивных ЭМИ КВЧ изменять состояние биологических систем различной степени сложности. ЭМИ частотой 62 МГц стимулировало регенерацию большеберцовой кости у крыс после экспериментальной травмы [14], а также у мышей [15]. Кроме того, обнаружена стимуляция регенераторных процессов в седалищном нерве крысы после его перерезки [16]. Обнаружено изменение скорости деления клеток. Направленность изменений этого процесса зависела от параметров излучения [17]. Также известно, что слабые электромагнитные факторы изменяют и временную организацию физиологических систем. Так, О.Б. Московчук (2003) проанализированы перестройки параметров ИР показателей поведения крыс в «открытом поле» под влиянием ЭМИ КВЧ [18]. А двухнедельное пребывание инбредных мышей в гипомагнитной камере, ослабляющей постоянное МП Земли в 10^4 раз, существенно десинхронизировало циркадианные ритмы функционирования лимфоидной системы [19]. Нами выявлено, что ИР регенераторных процессов планарий изменяется больше под влиянием ЭМИ КВЧ, 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. Слабые электромагнитные факторы стимулируют регенераторные процессы планарий и изменяют ИР параметров их регенерации.
2. Степень стимуляции регенерации планарий под влиянием ЭМЭ и ЭМИ КВЧ неодинакова. Более выражено увеличение ИнР, СД у планарий подвергнутых действию ЭМЭ, 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 планарий, чем ЭМЭ.

Список литературы

1. Магнитный параметрический резонанс в биосистемах: экспериментальная проверка предсказаний теории с использованием регенерирующих планарий *Dugesia tigrina* в качестве тест-системы / В.В. Леднев, Л.К. Сребницкая, Е.Н. Ильясова [и др.] // Биофизика – 1996. – Т. 41, Вып. 4 – С. 815–825.
2. Новиков В.В. Биологические эффекты слабых и сверхслабых магнитных полей : авторефер. дис. на соискание учен. степени докт. биол. наук / В.В. Новиков – Москва, 2005. – 43 с.
3. Темуриянц Н.А. Динамика скорости движения планарий *Dugesia tigrina*, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования в различные сезоны года / Н.А. Темуриянц, Н.А. Демцун, М.М. Баранова // Физика живого. – 2009. – Т. 17, № 1. – С. 112–118.
4. Туманянц К.Н. Влияние слабых ЭМП крайних частотных диапазонов на динамику и инфрадианную ритмику регенераторных процессов у планарий *Dugesia tigrina* / К.Н. Туманянц, Н.С. Ярмлюк // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия» – 2012. – Т. 25(64), №3. – С. 215–221.
5. Демцун Н.А. Динамика скорости движения планарий, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования / Н.А. Демцун, Н.А. Темуриянц, М.М. Баранова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 2. – С. 24–32.
6. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных: приспособление и среда / Шмидт-Ниельсен К. – М: «Мир», 1982. – Т.2. – С. 555–643.
7. Демцун Н.А. Влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на регенерирующих планарий *Dugesia tigrina* / Н.А. Демцун, К.Н. Туманянц, Н.А. Темуриянц // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология. Химия». – 2009. – Т.22 (61), №2. – С. 33–40.
8. Морфогенез планарий *Dugesia tigrina* / И.М. Шейман, Н.Д. Крещенко, З.В. Седельников [и др.] // Онтогенез, 2004. – Т. 35, №4 – С. 285–290
9. Патент 48095 України МПК51 А 01 К 61/00. Спосіб визначення швидкості руху інтактних і регенеруючих планарій / Темуриянц 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.
10. 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.
11. 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.
12. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. / Боровиков В. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
13. Емельянов И.П. Формы колебания в биоритмологии / Емельянов И.П. – Новосибирск: Наука, 1976. – 127 с.
14. Оценка репаративной регенерации кости по данным макроэлементного анализа в условиях облучения электромагнитными волнами крайне высокой частоты / В.Г. Ковешников, В.И. Лунин, Н.Ф. Недоступ [и др.] // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2000. – № 2. – С. 116–117.
15. Светлова С.Ю. Отдаленные результаты воздействия низкоинтенсивного излучения КВЧ-диапазона на биообъект: эксперименты на животных / С.Ю. Светлова, Т.И. Субботина, А.А. Яшин // Вестник новых медицинских технологий. – 2001.– Т.8, № 1. – С. 43–45.

16. Влияние низкоинтенсивного КВЧ-излучения на формирование лейкоцитоза у крыс / С.В. Дзасохов, Л.Г. Казакова, Т.И. Субботина [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. – 1999. – Т. 6, № 2. – С. 15–18.
17. Кузнецов А.П. Фактор дискретности при КВЧ-воздействии на живые клетки / А.П. Кузнецов, М.Б. Голант, Т.П. Божанова // Сб. докл. 10-го Российского симпозиума с междунар. участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: МТА КВЧ. – 1995. – С. 102–105.
18. Московчук О.Б. Вплив низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвичайно високої частоти на інфрадіанну ритміку фізіологічних процесів : автореф. дис. на здобуття наук. Ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.13 «Фізіологія людини і тварин» / О.Б. Московчук – Сімферополь, 2003. – 20 с.
19. Бородин Ю.И. Реакция циркадианных ритмов лимфоидной системы на глубокое экранирование от геомагнитного поля Земли / Ю.И. Бородин, А.Ю. Летагин // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 1990. – №2. – С. 191–193.

Туманянц К.М. Динаміка і інфрадіанна ритміка регенераторних процесів планарії *Dugesia tigrina* при дії низькоінтенсивного ЕМВ вкрай частотного діапазону / К.М. Туманянц // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 202-208.

Показано, що низькоінтенсивні електромагнітні поля крайніх частотних діапазонів стимулюють регенерацію планарій і змінюють інфрадіанну ритміку регенераторних процесів. При цьому ступінь стимуляції неоднакова. Збільшення індексу регенерації і швидкості руху більш виражено в умовах електромагнітного екранування. Тоді як інфрадіанна ритміка регенераторних процесів більше змінюється при дії електромагнітного випромінювання надвисокої частоти. При цьому спостерігається перебудова структури спектрів і амплітудно-фазових взаємин. Виявлені відмінності в дії досліджуваних чинників, можливо, пов'язані зі зміною властивостей води.

Ключові слова: регенерація, швидкість руху, інфрадіанна ритміка, електромагнітне екранування, електромагнітне випромінювання вкрай високої частоти, планарії.

Tumanyants K.N. Dynamics and infradian rhythmic regenerator processes for planarians *Dugesia tigrina* to low-EMF frequency extremes ranges / K.N. Tumanyants // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 202-208.

It is shown that low-intensity electromagnetic fields extreme frequency ranges stimulate the regeneration of planarians and change the rhythm infradian regenerative processes. The degree of stimulation varies. Increase in the index and the speed of recovery is more pronounced in the electromagnetic shielding. While infradian rhythm regenerative processes more changes under the action of electromagnetic radiation of extremely high frequency. In this case, there is the restructuring of the spectra and the amplitude and phase relationships. The differences in the action of the studied factors that may be associated with changes in the properties of water.

Keywords: regeneration, speed, rhythm infradian, electromagnetic shielding, electromagnetic radiation of extremely high frequency planar.

Поступила в редакцію 22.11.2012 г.