

УДК 591.169.1:595.123+615.849.11

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ НА РЕГЕНЕРАЦИЮ ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA* С РАЗЛИЧНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИЕЙ

Ярмолюк Н.С.

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

У планарий с различной функциональной асимметрией обнаружены различия параметров регенерации. Электромагнитное экранирование вызывает у них одинаковые изменения регенераторных процессов, но степень их выраженности различна.

Ключевые слова: планарии, *Dugesia tigrina*, асимметрия, регенерация.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем экологической биофизики является исследование феномена гиперчувствительности к действию различных факторов. Установлено, что гиперчувствительность, как и устойчивость к действию различных факторов определяются рядом индивидуальных особенностей и, в частности, функциональными асимметриями [1 – 4]. Как показали исследования последних лет, функциональная асимметрия свойственна не только позвоночным животным и человеку, но и беспозвоночным: пчелам, жукам, муравьям [5], моллюскам [6], ракам [7], крабам [8]. Описана функциональная асимметрия и у плоских червей – планарий [9], которых отличает исключительная способность к регенерации. Регенерирующие планарии в настоящее время являются тест-системой, широко используемой для изучения биологического действия различных экологических факторов [10]. Однако особенности регенерации у животных «правшей» и «левшей» не изучены, равно как и влияние на этот процесс электромагнитного экранирования (ЭМЭ). В связи с изложенным, целью настоящего исследования явилось сравнительное изучение влияния ослабленного магнитного поля на регенерацию планарий с различной функциональной асимметрией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения функциональной асимметрии планарий применяли методику свободного выбора направления в Т-образном лабиринте [9]. Для этого использовали стеклянный лабиринт, состоящий из коридоров, расположенных Т-

образно длиной 6 см глубиной 1 см, шириной 5 мм, свободно открывающихся наружу. Лабиринт помещали в кристаллизатор с водой, которая заполняла его на 2/3 глубины (рис.1).

Освещенность при проведении опыта была равномерной и постоянно контролировалась. Температура воздуха в лаборатории колебалась в пределах 18-23°C.

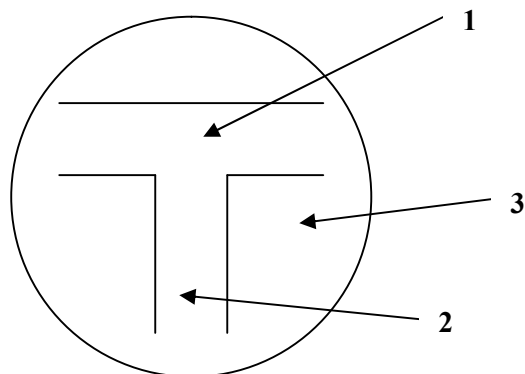


Рис. 1. Т – образный лабиринт, где 1 – коридор свободного выбора направления; 2 – стартовый коридор; 3 - кристаллизатор с водой.

В работе использовали животных длиной $\approx 10 \pm 1$ мм, у которых движение осуществлялось за счет ресничек, а не мускулатуры [11]. Во время опыта манипуляции проводили с помощью пипетки. Опыт состоял из десяти проб. Планарию помещали в стартовый коридор головным концом в направлении развилки. После выбора одного из направлений её вновь переносили в стартовый коридор, и так десять проб подряд. Затем животное возвращали в затененный стаканчик и заменяли следующей особью. После того, как заканчивали серию на пяти особях, лабиринт протирали ватой для удаления слизи и начинали следующую серию.

В итоге отмечали направление каждого сделанного планарией выбора. Суммировали число правых и левых поворотов в целом за весь опыт, что дало нам возможность разделить животных на две группы симметриков и асимметриков, а асимметриков разделить на «правшей» (R) и «левшей» (L). Далее каждую группу выделенных асимметриков делили на 2 подгруппы по 25 особей в каждой. Разделенных планарий помещали в стеклянные стаканы, содержащие по 50 мл воды.

Следующим этапом в работе под бинокулярным микроскопом глазным скальпелем в нестерильных условиях производилась ампутация 1/5 части головного конца тела планарий, содержащей головной ганглий, непосредственно под «ушами».

Первую подгруппу составил контроль, регенерация у них протекала без каких-либо дополнительных воздействий. Животных второй подгруппы содержали в экранирующей камере после декапитации в течение пятнадцати дней по 23 часа в сутки. Ежедневно в течение одного часа (всегда в одно и тоже время с 10 до 11 час.) проводили контроль регенерационных процессов, фиксацию изображения, измерение температуры воды и т.д.

Для оценки динамики роста регенерационной почки (бластемы) планарии применяли метод прижизненной морфометрии, использующий компьютерные технологии анализа изображений [12, 13].

Подробное описание установки для прижизненной морфометрии, используемой в настоящем исследовании, описано ранее [14].

В качестве количественного показателя роста планарии нами использован индекс регенерации (ИР) $R=S_1/S_2$, где S_1 - площадь бластемы, S_2 - площадь всего тела регенерата в данный момент времени [12].

Для определения скорости движения (СД) планарий видеоизображения движущихся в воде червей регистрировались с частотой 30 кадров 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. Подробное описание этого способа представлено ранее [15].

Ослабление электромагнитного поля достигалось применением экранирующей камеры, которая представляет собой комнату размером 2 x 3 x 2 м, изготовленную из железа «Динамо». Коэффициент экранирования постоянной составляющей магнитного поля, измеренный с помощью феррозондового магнитометра, составлял по вертикальной составляющей 4,375, по горизонтальной – 20. Измерялась также спектральная плотность магнитного шума в камере как в области ультранизких (от 2 10-4Гц до 0,2 Гц), так и в области радиочастот (от 15 Гц до 100 кГц). В области сверхнизких частот измерения производились с помощью феррозондового магнитометра в паре со спектроанализатором, в области радиочастот – индукционным методом. Внутри камеры для частот выше 170 Гц и в области частот от 2 10-3 до 0,2 Гц уровень спектральной плотности магнитного шума ниже 10 нТл/Гц0.5. Магнитное поле существенно проникает внутрь камеры на частотах 50 и 150 Гц и ниже 2 10-3Гц. Коэффициент экранирования камеры на частотах 50 и 150 Гц порядка 3.

Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью U-критерия Манна-Уитни и Вилкоксона. Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel [16].

Для анализа различий параметров регенерации у планарий с различной функциональной асимметрией, а также между интактными животными и животными, подвергнутыми действию ЭМЭ, выводился коэффициент модификации [17]:

$$KM = ((A - B) / A) \cdot 100\%;$$

где KM – коэффициент модификации, A – среднее значение изучаемых показателей в группе планарий «правшей» (индекс регенерации и скорость движения). B – среднее значение изучаемых показателей в группе «левшей».

Коэффициент выводился в каждый день эксперимента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате тестирования 350 планарий в Т-образном лабиринте выделяли следующие группы животных: RL-формы (или «симметрики»), не обнаружившие достоверного предпочтения одного какого-либо направления движения, они составили 60% популяции, вторую группу составили R+L-формы (или

«асимметрики») – группа, в которую входили R-формы (или «правши») предпочитающие правый поворот, и L-формы (или «левши»), предпочитающие левый поворот, их насчитывалось 40% популяции. Среди асимметриков преобладают «правши», их количество составило 57%, когда в свою очередь «левшей» насчитывалось 43%. Таким образом, полученные нами данные о распределении «симметриков» и «асимметриков» в популяции согласуются с имеющимися литературными данными [9].

Результаты проведенного исследования выявили некоторые различия регенераторных процессов у интактных животных с разной функциональной асимметрией. Так, в контрольной группе «правшей» ИР со 2-х суток эксперимента возрастал с 0,0147 усл.ед. до 0,0907 усл.ед. на 15-е сутки наблюдения. В группе «левшей» значения ИР увеличивались с 0,0157 усл.ед. на 2-е до 0,0941 усл.ед. на 15-е сутки эксперимента. Таким образом, следует заметить, что ИР в группе «левшей» несколько превышает значения аналогичного показателя в группе «правшей». При этом на 10-е сутки наблюдения для планарий обеих групп отмечена остановка роста ИР.

Анализ коэффициента модификации ИР «правшей» относительно «левшей» показал, что ИР правшей был ниже аналогичного показателя у левшей на 2-е, 5-е и 7-е сутки на 7,02%, 17,76% и 19,03% соответственно. Начиная с 10-х суток и до конца эксперимента, коэффициент модификации стал ниже нуля и варьировал от -2,94% до -5,27, что свидетельствует о снижении ИР в группе «правшей» относительно «левшей» и о начале остановки роста ИР.

Скорость движения интактных животных во все сроки наблюдения, за исключением 3-х, 7-х и 13-х суток, была выше у «правшей», чем у «левшей» на 7-21% (рис. 2, А).

Коэффициент корреляции между ИР и СД интактных животных в группе «правшей» и «левшей» был одинаковый и составил 0,8 ($p < 0,001$).

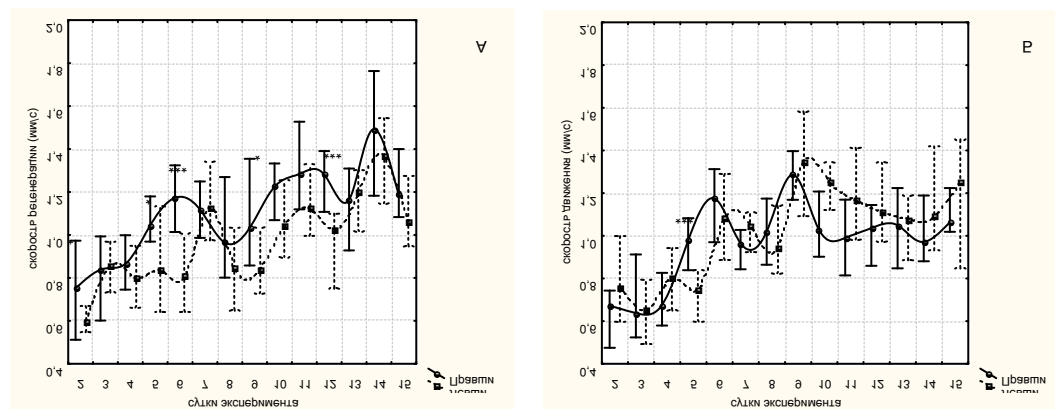


Рис.2. Динамика скорости движения планарий «правшей» и «левшей», где А – в контрольной группе; Б – в группе длительного ЭМЭ.

Примечание:

* - ($p < 0,05$) достоверность различий между данными «правшей» и «левшей».

** - ($p < 0,001$) достоверность различий между данными «правшей» и «левшей».

Таким образом выявлены некоторые различия параметров регенерации у интактных «правшей» и «левшей». У «левшей» отмечен более высокий ИР, но и более низкая СД, чем у «правшей».

Анализ результатов проведенных исследований свидетельствует о том, что ИР планарий, содержащихся в условиях экранирования, в группе «правшей» был выше, чем в группе «левшей». Так, в группе «правшей» этот показатель возрастал от 0,0192 усл.ед. на 2-е сутки до 0,0971 усл.ед. на 15-е, когда в группе «левшей» значения колебались от 0,017 усл.ед. на 2-е сутки до 0,0929 усл.ед. на 15-е. В период проведения эксперимента наблюдалась остановка регенерации на 8-е сутки, т.е. в этот день, значения ИР отличались совсем незначительно от аналогичного показателя в предыдущие сутки наблюдения. Начиная с десятых суток эксперимента в группе «правшей» рост ИР практически был остановлен. Тогда, как в группе «левшей» остановка роста ИР начала наблюдаться на одиннадцатые сутки.

При анализе коэффициента модификации индекса регенерации «правшей» относительно «левшей» в группе животных, содержащихся в условиях длительного ЭМЭ можно сказать, что индекс регенерации в группе «правшей» превышал аналогичные значения в группе «левшей». Так, его максимальное значение наблюдалось на 3-е сутки и оно составило 31,24%. В последующие сутки наблюдается некоторое снижение показателя, на 4-е сутки он был выше значений группы «левшей» на 23%, а с 5-х по 10-е сутки колебался в пределах от 1,34% до 11,82%. Таким образом, под действием ЭМЭ индекс регенерации у «правшей» возрастал относительно значений в группе «левшей».

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что в условиях длительного ЭМЭ скорость движения «левшей» колеблется от 0,6505 мм/с до 1,3423 мм/с, что превышает изучаемые значения в группе «правшей», где показатель колебался от 0,6380 мм/с до 1,2866 мм/с (рис.2, Б).

Коэффициент корреляции между ИР и СД животных, содержащихся в условиях длительного ЭМЭ несколько снижается в группе «правшей» и составляет 0,6 ($p < 0,05$), а в группе «левшей» он был 0,7 ($p < 0,001$).

ЭМЭ изменяет СД «правшей» и «левшей» разнонаправлено. У «правшей» фиксируется её снижение на 2 – 5-е и 10 – 15-е сутки наблюдения относительно контрольных значений на 6-24% и на 10-35% соответственно, тогда как для левшей характерно наоборот возрастание СД на 8 – 12-е сутки на 4-60% и снижение на 3-е, 13-е и 14-е сутки эксперимента на 24%, 10% и 20% соответственно (рис.3). Результатом является уменьшение различий СД «правей» и «левшей», подвергнутых действию ЭМЭ, при этом в группе «левшей» наблюдается преобладание в СД.

Таким образом, у интактных планарий с различной функциональной асимметрией обнаружены различия регенераторных процессов: у «правшей» ИР ниже уровня ИР «левшей», а скорость движения «левшей» ниже скорости движения в группе «правшей». В то время как в условиях ЭМЭ ИР «правшей» увеличился относительно ИР «левшей», а скорость движения «левшей» возросла относительно аналогичного показателя «правшей».

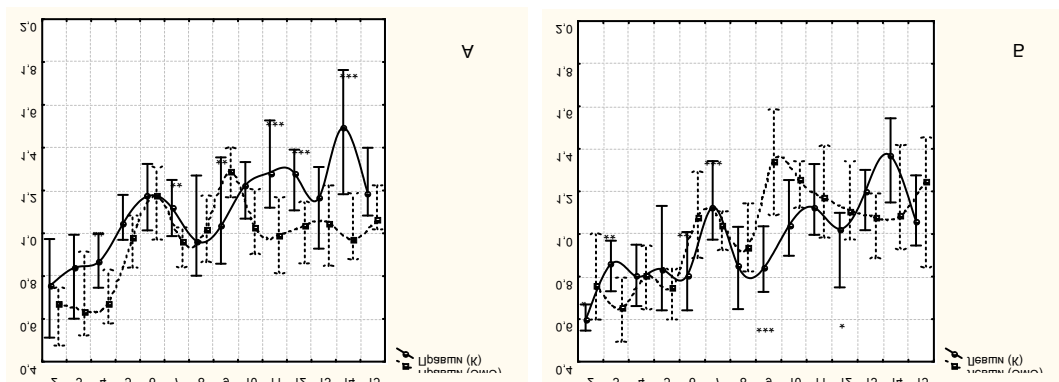


Рис.3. Динамика скорости движения планарий контрольной и экспериментальной групп, где А – «правшей»; Б – левшей.

Примечание:

* - ($p < 0,05$) достоверность различий между данными контрольной и экспериментальной групп.

** - ($p < 0,01$) достоверность различий между данными контрольной и экспериментальной групп.

*** - ($p < 0,001$) достоверность различий между данными контрольной и экспериментальной групп.

В опытах на животных, а также наблюдениях на волонтерах показано, что МПА в значительной степени определяет эффективность адапционных процессов к изменяющимся условиям среды. Полученные нами данные о различиях регенераторных процессов у планарий «правшей» и «левшей» в условиях электромагнитного экранирования позволяют распространить эти положения и на беспозвоночных.

ЦНС в филогенетическом ряду впервые возникло у плоских червей. Их ключевая позиция в эволюционном ряду определяется концентрацией нервных элементов в ортогон и выделением головного конца нервной системы в парный ганглий [18, 19], а также появлением билатерально-симметричной организации тела.

Известно, что индивидуально-типологические характеристики нервной системы, являющейся одной из самых чувствительных систем к воздействию факторов различной интенсивности, в том числе, и к ЭМИ различных параметров [20 – 25], находят свое отражение в МПА головного мозга, а, следовательно, и в ИПФА человека и животных [3, 26 – 30].

Показано, что здоровые испытуемые и интактные животные, различающиеся профилем функциональной моторной и сенсорной асимметрии, отличаются и особенностями функционирования нервной системы. Так, у волонтеров с различной сенсорной латерализацией выявлены определенные различия в развитии психофизиологических функций. Например, у испытуемых с ведущими Пг и Пу наблюдались наиболее высокие показатели объемов механической, слуховой, зрительной памяти и коэффициента умственной продуктивности. Смысловая память лучше развита у испытуемых с сенсорным фенотипом ЛгПу, а объем зрительной

информации больше у испытуемых с сенсорным фенотипом ЛгЛу. Полученные данные согласуются с представлением о том, что МПА головного мозга является фактором, лимитирующим проявление высших психических функций [31]. При этом достоверных различий между показателями биологической активности головного мозга у представителей разных сенсорных фенотипов не выявлено.

Крысы, имеющие разный профиль моторной асимметрии, отличались и индивидуально-типологическими особенностями поведения в тесте «открытого поля» [4]. В литературе есть данные о том, что у животных, различающихся по индивидуально-типологическим особенностям поведения, имеются и существенные различия в характере энергетического, белкового и других видов метаболизма [32 – 37], активности окислительно-восстановительных ферментов [38], перекисного окисления липидов [39 – 41] и других физиологических и биохимических показателей. Установлено также, что и в основе формирования латеральной специализации мозга у человека и животных лежит биохимическая асимметрия [42, 43].

Проведенные исследования показали, что и у беспозвоночных – планарий с различной функциональной асимметрией, существуют различия показателей функционального состояния, и в частности параметров регенерации. Воздействие на них ослабленного ЭМП вызывает изменения регенераторных процессов, но направленность и степень их выраженности различна.

ВЫВОДЫ

1. У планарий с различной функциональной асимметрией выраженность параметров регенерации неодинакова. В группе интактных животных регенерация проходит несколько быстрее у «левой», нежели у «правой», а скорость движения выше у «правой», чем у «левой».
2. Обнаружена зависимость выраженности изменений регенераторных процессов у планарий различной функциональной асимметрией под действием ЭМЭ. В группе «правой» наблюдается увеличение индекса регенерации относительно группы «левой», но скорость движения «правой» падала относительно скорости движения «левой».

Список литературы

1. Ast M. Constitutional Predisposition to Central Nervous System (CNS) Disease Determined by Tesis of Lateral Asymmetry. A Preliminary Report / M. Ast, S. Rosenberg, E. Metzиг // *Neuropsychobiology*. – 1976. – № 4. – P. 269–275.
2. Гюрджиан А.А. Роль функциональной асимметрии центральной нервной системы и летной деятельности / А.А. Гюрджиан, А.Г. Федорук // *Космическая биология и авиационная медицина*. – 1980. – № 4. – С. 41–44.
3. Брагина Н.Н. Функциональные асимметрии человека / Н.Н. Брагина, Т.А. Доброхотова – М.: Медицина, 1981. – 286 с.
4. Чуян Е.Н. Изменение содержания мелатонина в крови крыс под влиянием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты / Е.Н. Чуян // *Ученые записки ТНУ*. – 2004. – № 1. – С. 12–20
5. Бианки В.Л. Асимметрия мозга животных / Бианки В.Л. – Л.: Наука, 1985. – 295 с.
6. Салимова Н.Б. Действие 5,6 – окситриптамина на поведение в лабиринте улитки. / Н.Б. Салимова, И. Милошевич, Р.М. Салимов // *Ж. высш. нервн. деят.* – 1984 – Т.34, № 5. – С. 941–947.

7. Удалова Г.П. Асимметрия направления движения у гаммарусов *Gammarus oceanicus* в тесте открытого поля. / Г.П. Удалова, А.Я. Карась, М.И. Жуковская // Ж. высш. нервн. деят. – 1990 – Т. 40, № 1. – С. 93–100.
8. Карась А.Я. Пространственно – моторная асимметрия у краба *Carcinus meanas* при реакции активного избегания / А.Я. Карась, Г.П. Удалова // Вестник ЛГУ. – 1988 – Сер.3, № 2. – С. 116–119.
9. Бианки В.Л. Предпочтение направления движения в Т-образном лабиринте у планарий / В.Л. Бианки, И.М. Шейман, Е.В. Зубина // Журн. высш. нервн. деят. 1990. – Т.40, №.1. – С. 102–107.
10. Влияние слабого комбинированного магнитного поля на скорость регенерации планарий *Dugesia tigrina* / Х.П. Тирас, Л.К. Сребницкая, Е.Н. Ильасова [и др.] – Биофизика. – 1996 – Т.41, вып. 4, С. 826 – 831.
11. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных: приспособление и среда / К. Шмидт-Ниельсен – М: «Мир», 1982. – С. 555–643
12. Тирас Х.П. Прижизненная морфометрия планарий / Х.П. Тирас, Н.Ю. Сахарова // Онтогенез. – 1984. – Т.15 (1). – С. 42–48.
13. Тирас Х.П. Критерии и стадии регенерации у планарий / Х.П. Тирас, В.И. Хачко // Онтогенез. – 1990. – Т 21. – С. 620–624.
14. Установка для прижизненной морфометрии регенерации планарий / В.Т. Вишневский, М.М. Махонина, Н.А. Демцун [и др.] // Ученые записки ТНУ. – 2007. – Т. 20 (59), №4. – С. 18–21.
15. 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. – Т. 17, № 1. – 2009. – С. 112–118.
16. 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.
17. 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 (4). – P. 287–301.
18. Беклемишев В.Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных / Беклемишев В.Н. – М.: Наука. – Т. 1, Проморфология, 1964. – 432 с.
19. Богута К.К. Отношение симметрии в нервной системе низших *Bilateria* / К.К. Богута // Зоол. журн. – 1978. – Т.57, № 12. – С. 1765–1770.
20. Холодов Ю.А. Реакция нервной системы на электромагнитные поля / Холодов Ю.А. – М.: Наука, 1975. – 207 с.
21. Сидякин В.Г. Влияние глобальных экологических факторов на нервную систему / Сидякин В.Г. – Киев: Наукова думка, 1986. – 160 с.
22. Темуриянц Н.А. Нервные и гуморальные механизмы адаптации к действию неионизирующих излучений: автореф. дисс. д-ра биол. наук / Н.А. Темуриянц – М., 1989. – 44 с.
23. Хромова С.В. Модификация миллиметровыми излучениями поведенческих реакций крыс: автореф. дисс. канд. биол. наук / С.В. Хромова – М., 1990. – 20 с.
24. Чуян Е.Н. Влияние миллиметровых волн нетепловой интенсивности на развитие гипокинетического стресса у крыс с различными индивидуальными особенностями: автореф. дисс. канд. биол. наук / Е.Н. Чуян – Симферополь, 1992. – 25 с.
25. Лебедева Н.Н. Экспериментально-клинические исследования в области биологических эффектов миллиметровых волн (обзор, часть 1) / Н.Н. Лебедева, Т.И. Котковская // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 3 (15). – С. 3–15
26. Нейропсихология индивидуальных различий / [Хомская Е.Д., Ефимова Н.В., Будыка Е.В., Ениколопова Е.В.] – М.: Росс. пед. агентство, 1997. – 281 с.
27. Семенович А.В. Межполушарная организация психических процессов у левшей / А.В. Семенович – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 95 с.
28. Семенович А.В. Нейропсихологический подход к типологии онтогенеза / А.В. Семенович, А.А. Цыганок // Нейропсихология сегодня. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 170–183.
29. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды: [монография] / Т.К. Бреус, С.М. Чибисов, Р.М. Баевский, К.В. Шебзухов – М.: изд-во Российского университета дружбы народов, 2002. – 232 с.

30. Трофимова Е.В. Особенности межполушарного взаимодействия у правой и левой по данным когерентного анализа ЭЭГ / Е.В. Трофимова // ЖВНД. – 2000. – Т. 50, № 6. – С. 943–951.
31. Шанина Г.Е. Межполушарная асимметрия как фактор, лимитирующий проявления высших психических функций (Обзор литературы отечественных и зарубежных авторов) / Г.Е. Шанина // Теория и практика физической культуры. – 2002. – № 6. – С. 45–48.
32. Особенности некоторых биохимических процессов в печени крыс с различными типами поведения в открытом поле / М.Э. Краковский, Ц.Л. Каменецкая, Г.И. Трemasова [и др.] // ЖВНД. – 1989. – Т. 39, № 3. – С. 506.
33. Морфохимическая характеристика мозга крыс линии Вистар, различающихся по локомоторной активности в открытом поле / Л.М. Герштейн, А.С. Камышева, Т.Л. Чеботарева [и др.] // ЖВНД. – 1991. – Т. 41, № 2. – С. 300–305.
34. Егорова Л.К. Нейрохимические особенности крыс, различающихся по поведению в тесте эмоционального резонанса. Циклический аденозин монофосфат в структурах мозга крыс / Л.К. Егорова, М.Ю. Степаничев, Н.В. Гуляева // ЖВНД. – 1995. – Т. 45, № 5. – С. 999–1004.
35. Активность NO-синтазы и генерация активных форм кислорода в мозге старых крыс: соотношение с индивидуальным поведением / М.В. Онуфриев, М.Ю. Степаничев, Н.А. Лазарева [и др.] // Бюлл. эксперим. биол. и мед. – 1995. – Т. 120, № 8. – С. 145.
36. Гуляева Н.В. Биохимические корреляты индивидуально-типологических особенностей поведения крыс / Н.В. Гуляева, М.Ю. Степаничев // ЖВНД. – 1997. – Т. 47, вып. 2. – С. 329–338.
37. Strek K.F. Manipulation of serotonin protects against an hypoxia-induced deficit of passive avoidance response in rats / K.F. Strek // Pharmacol. Biochem. Behav. – 1989. – Vol. 33. – P. 241.
38. Краковский М.Э. Активность узловых окислительно-восстановительных ферментов у кроликов с разными типологическими особенностями / М.Э. Краковский // ЖВНД. – 1987. – Т. 37, № 3. – С. 457.
39. Влияние хронического эмоционального стресса на состояние перекисного окисления липидов в тканях и крови эмоциональных и неэмоциональных крыс / Н.А. Бондаренко, Т.А. Девяткина, О.Н. Воскресенский [и др.] // Бюлл. эксперим. биол. и мед. – 1985. – Т. 100, № 5. – С. 12–17.
40. Левшина И.П. Зависимость влияния острого стресса на латерализацию продуктов перекисного окисления липидов в мозге от типологических особенностей поведения крыс / И.П. Левшина, Н.В. Гуляева // Бюлл. эксперим. биол. и мед. – 1995. – Т. 106. – С. 568–576.
41. Нейрохимические особенности крыс, различающихся по поведению в тесте эмоционального резонанса. Свободнорадикальные процессы и липиды коры больших полушарий мозга старых крыс / М.Ю. Степаничев, М.В. Онуфриев, Н.А. Лазарева [и др.] // ЖВНД. – 1995. – Т. 45, № 5. – С. 990–995.
42. Варганян Г.А. Химическая симметрия и асимметрия головного мозга / Г.А. Варганян, Б.И. Клементьев – М.: Медицина, 1991. – 190 с.
43. Абрамов В.В. Асимметрия нервной, эндокринной и иммунной систем / В.В. Абрамов, Т.Я. Абрамова – Новосибирск, 1996. – 267 с.

Ярмолюк Н.С. Вплив електромагнітного екранування на регенерацію планарій *Dugesia tigrina* з різною функціональною асиметрією / Н.С. Ярмолюк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 302-310.

У планарій з різною функціональною асиметрією виявлені відмінності параметрів регенерації. ЕМЕ викликає у них однакові зміни регенераторних процесів, але ступінь їх вираженості різний.

Ключові слова: планарії, *Dugesia tigrina*, асиметрія, регенерація..

Yarmolyuk N.S. Influence of the electromagnetic shielding on the regeneration of planarian *Dugesia tigrina* with different functional asymmetry / N.S. Yarmolyuk // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 302-310.

At planarian with different functional asymmetry found out distinctions of parameters of regeneration. EMF causes the identical changes of processes of regenerators for them, but the degree of their expressed is different..

Keywords: planarian, *Dugesia tigrina*, asymmetry, regeneration.

Поступила в редакцію 11.12.2009 г.