

УДК: 591.169:595.12:615.84

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАНАРИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДЕЙСТВИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Темурьянц Н.А., Демцун Н.А., Ярмолюк Н.С., Туманянц К.Н.

Представлен обзор литературных данных об изменениях интенсивности регенерации, бесполого размножения планарий, а также направления их движения под влиянием разнообразных экологических факторов.

**Ключевые слова:** регенерация, электромагнитное поле, планарии.

Планарии относятся к типу плоских червей (*Platyhelminthes*), классу ресничных червей (*Turbellaria*), отряду *Tricladida*.

Класс *Turbellaria* представлен свободноживущими организмами, которые считаются наиболее примитивными представителями современной фауны, обладающими двойной симметрией, централизованной нервной системой и сформированным мозгом [1]. Особая значимость планарий в изучении эволюции животных определяется их уникальной способностью к регенерации целого организма из мельчайших фрагментов тела и относительной простотой структурно-функциональной организации [2 – 5]. Новая особь восстанавливается из 1/300 части тела материнского организма или, приблизительно, из  $10^4$  клеток [6]. Благодаря этой уникальной регенерационной способности, Далилл назвал этих животных бессмертными «под ударом ножа и возраста».

Согласно классификации, основанной на экологических и морфологических критериях [7], отряд *Tricladida* подразделяется на водные (*Haploneura*) и почвенные (*Diploneura*) формы. В свою очередь водные формы подразделяются на морские (*Maricola*) и пресноводные (*Padicola*) виды. Последние представлены тремя семействами: *Dugesiidae*, *Planariidae*, *Dendrocoeliidae*, в которые входят более 300 видов. Виды *Dugesia gonocephala*, *Dugesia lugubris*, *Dugesia tigrina*, *Polycelis nigra*, *Polycelis felina* и *Dendrocoelum lacteum* широко используются в качестве моделей для изучения проблем морфогенеза и регенерации на организменном, клеточном и молекулярном уровнях.

Кроме того, планарии широко используются для изучения феноменологии и механизмов действия различных экологических факторов и в частности электромагнитных излучений. Целью настоящей работы явилось обобщение имеющихся литературных данных об этих влияниях.

В большинстве магнитобиологических работ переменное магнитное поле (ПеМП) используется на фоне локального постоянного магнитного поля (ПМП) Земли и, следовательно, наблюдаемые эффекты являются результатом воздействия на биосистемы модулированного или комбинированного магнитного поля (КМП), в

котором постоянная и переменная компонента могут быть ориентированы друг относительно друга произвольным образом. Поэтому биоэффекты чисто ПемП и чисто ПМП можно рассматривать как частные случаи эффектов КМП.

Впервые КМП с коллиарно направленными постоянной и переменной компонентами поля использовал А.Р. Liboff [8], который выдвинул теорию ионного циклотронного резонанса. Согласно этой теории первичными мишенями воздействия МП на биообъекты являются ионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Биологически активная частота переменной компоненты КМП соответствовала «циклотронной» частоте  $f_c$  данного иона, т.е. частоте  $f_c$  вращения иона с зарядом  $q$  и массой  $m$  в постоянном магнитном поле  $B_{DC}$  в вакууме. Было показано, что КМП на частотах циклотронного резонанса оказывают влияние на различные биологические процессы [9 – 12]. Исследование влияния КМП было выполнено и на планариях *Dugesia tigrina* [13]. В этих работах исследовано действие КМП на скорость регенерации планарий, о которой судили по времени развития у животных глаз, а также по частоте появления у них аномалий развития. Было обнаружено, что КМП (постоянная компонента – 78,4 мТл, переменная –  $f = 60$  Гц, 10 мТл, по мнению автора настроенная на циклотронную частоту для  $\text{Ca}^{2+}$ ) вызывает задержку регенерации глаз на 34%. Кроме того, в этом случае увеличивалось число животных с аномалиями развития [14]. Этот эффект был наиболее выражен при интенсивности поля в интервале 1,0 – 8 мТл. Пороговым значением интенсивности ПемП, при котором появляется эффект, являлся  $5 \mu\text{v}/\text{m}$  (электрическая составляющая).

Было обнаружено также, что экспонирование регенерирующих планарий в магнитном поле, настроенном на циклотронную частоту для  $\text{K}^+$  (на вторую субгармонику «циклотронной» частоты для  $\text{Ca}^{2+}$ ) не влияет на скорость их регенерации. Ещё одним важным выводом этих работ явилось то, что эффект поля, настроенного на «циклотронный» резонанс для  $\text{Ca}^{2+}$ , имеет место только при ориентации длинных осей планарий вдоль направления магнитного поля.

Эти результаты вызвали большой интерес, но во многих лабораториях они не были воспроизведены. В частности, они не воспроизведены в экспериментах В.В. Леднева с соавтр [15]. В связи с этим была предложена новая интерпретация эффектов КМП в области «циклотронных» частот ионов, исходя из представлений о воздействии таких полей на скорость некоторых  $\text{Ca}^{2+}$ -зависимых киназ [15, 16]. Эти представления явились основой теории магнитного параметрического резонанса (МПР) в биосистемах.

При экспериментальной проверке этой теории было показано, что экспонирование регенерирующих планарий в КМП  $B_{DC} = 20,9$  мкТл,  $B_{AC} = 38,6$  мкТл и  $f = 16$  Гц, соответствующей настройке КМП на основную (циклотронную) частоту для  $\text{Ca}^{2+}$ , сопровождается увеличением скорости регенерации планарий, которое проявляется как в увеличении числа митозов в постбластеме, так и в ускорении роста бластемы [15, 17].

Таким образом, результаты работ Х.П. Тираса и др. [17] с одной стороны и К.А. Jengow et al [13, 14] с другой – противоречивы. Анализируя причины этих противоречий, В.В. Леднев и др. [15] подчеркивают, что они могут быть обусловлены неправильным выбором параметров воздействующих КМП, а также

неверной интерпретацией данных. Согласно расчетам В.В. Леднева и др. [15], максимальное увеличение митотического индекса в постбластеме регенерирующих планарий наблюдается при  $V_{AC}/V_{DC} = 1,8$ , а нулевые значения – когда это соотношение равно 0 и 3,8. У К.А. Jenrow et al [13] использовано в работе соотношение  $V_{AC}/V_{DC} = 0,127$ , что недостаточно для того, чтобы вызвать биологический эффект.

Было обнаружено [15], что активация пролиферативной активности необластов КМП имеет выраженный резонансный характер: полуширина на половине высоты пиков частотной зависимости биоэффектов равна соотношению 1,6 и 2,6 Гц.

По параметрам регенерации планарий была описана биологическая активность крайне слабых ПемП – нано ( $V_{AC} = 134$  нТл,  $f_{AC} = 3, 4, 5$  Гц); и даже пикотестового диапазона ( $V_{AC} = 640$  пТл,  $f_{AC} = 10$  Гц). При таких параметрах ПемП оказывает ингибирующее влияние на скорость регенерации планарий [18].

Важный результат экспериментальных исследований состоит в том, что биоэффекты «нанотесловых» и «микротесловых» полей проявляются лишь при определенных соотношениях амплитуды и частоты поля. В частности, в поле с амплитудой 134 нТл, биоэффекты поля наблюдаются на частотах 3 и 5 Гц, в то время как на частоте 4 Гц эффект отсутствует. При одновременном увеличении как амплитуды так и частоты поля в 3 раза ( $V_{AC} = 420$  нТл,  $f_{AC} = 9, 12, 15$  Гц), характер зависимости величины биоэффекта от частоты поля не изменяется – эффект поля наблюдается на частотах 9 и 15 Гц и отсутствует на частоте 12 Гц. При дальнейшем увеличении амплитуды поля до «микротесловых» значений ( $V_{AC} = 1608$  нТл) «двугорбый» характер зависимости величины биоэффекта от частоты поля сохраняется, однако, в этом случае наблюдается сдвиг положения минимума («нулевого» эффекта) от значения  $V_{AC}/f_{AC} = 33,5$  (при амплитудах 134 – 402 нТл) до значения  $V_{AC}/f_{AC} = 44,7$  (при амплитуде 1608 нТл).

Описана зависимость степени стимуляции регенерации планарий от величины ПМП. В.В. Леднев и др. [15] обнаружили, что митотический индекс у планарий, находившихся в нулевом магнитном поле (камера из  $\mu$ -металла) по сравнению с животными, находившимися в локальном магнитном поле с различным  $V_{DC}$  ( $V_{DC} = 42$  мкТл,  $0,20 \pm 0,06$ ; 3,5; 42; 100 и 200 мкТл) возрастал в различных сутках экспериментов на  $37 \pm 12\%$ . Значения митотического индекса у планарий, экспонированных в поле с перечисленными величинами магнитной индукции, совпадают в пределах стандартной ошибки.

Зависимость эффективности слабых и сверхслабых ПМП от их напряженности показана не только при изучении регенерации планарий, но и при исследовании интенсивности их бесполого размножения – деления [19]. В этих исследованиях в диапазоне от 0 до 3000 нТл отмечался различный эффект. При практически полной компенсации поля (индукция  $\pm 5$  мкТл) интенсивность деления планарий не отличается от данных контрольной группы. При последовательном увеличении поля до 300 нТл отмечается выраженный стимулирующий эффект (коэффициент стимуляции (КС) – 1,5 – 1,8), который исчезает в диапазоне интенсивности 400 и 600 нТл. Далее, с 800 нТл вплоть до 1500 нТл стимулирующий эффект снова проявляется, а при  $V_{DC} = 3000$  нТл снова исчезает. Таким образом, по параметрам

регенерации планарий выявлена определенная закономерность биологически активных КМП, настроенных на резонанс для  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ .

В.В. Новиковым [20] описаны подобные закономерности для КМП, настроенных на частоту циклотронного резонанса для ионных форм молекул ряда заряженных в естественных условиях аминокислот при соотношении величин  $V_{\text{ПМП}}/V_{\text{ПеМП}} = 500 - 1000$  и индукции ПМП 20 – 100 мкТл. Установлено, что КМП таких параметров увеличивает интенсивность бесполого размножения планарий *Dugesia tigrina*. Эффект более выражен при  $V_{\text{ПМП}} = 42$  мкТл,  $f_{\text{ПеМП}} = 3,7$  Гц при интенсивности 40, 120, 160, 640 нТл. Узкие диапазоны эффективных амплитуд в ряде случаев сменяются столь же узкими участками неэффективных. При интенсивности 0,1; 1,0; 10; 20; 80; 640 нТл эффект не выявлен, а самые значительные изменения обнаружены при 40 нТл. В зоне сверхслабых амплитуд ПеМП (0,1; 1 нТл) отмечен слабо выраженный стимулирующий эффект. Стимуляция интенсивности бесполого размножения планарий наиболее выражена на частотах 1; 3,7 и 32 Гц.

Увеличение продолжительности воздействия КМП с переменной компонентой, равной 1 нТл, от 4 до 8 или 18 часов не привело к увеличению степени выраженности эффекта. Наличие сопутствующих техногенных полей (50 Гц 30 нТл) также не оказывало заметного влияния на эффекты слабых МП с очень малой переменной компонентой на этих частотах. При реализации эффектов слабых МП существенное значение имели обе компоненты МП: отсутствие одной из них приводило к смене знака эффекта на противоположный.

Заслуживают внимания результаты экспериментов при различной последовательности манипуляций – воздействия МП и отсечения головы [19]. В случае действия МП после перерезки стимуляция регенерации планарий составляет приблизительно 30%. Если МП действует до перерезки – эффект стимуляции достигает 60%. Эти результаты согласуются с данными [21 – 23] об отсутствии или ослаблении эффекта при применении физических и химических факторов после перерезки планарий и наличии выраженного действия при их применении перед перерезкой. Эти зависимости остаются слабо изученными.

В связи с трактовкой результатов этих исследований необходимо рассмотреть влияние рентгеновского облучения на планарий перед ампутацией их головного конца [24, 25]. Планарии, облученные целиком не реагировали вообще, но животные, у которых облучали переднюю треть тела, регенерировали с задержкой, пропорциональной длине животного. Эта задержка, по мнению авторов, отражала расстояние от задней необлученной части тела планарий до головной. На основании этих данных был сделан вывод о формировании бластемы за счет миграции необластов из удаленных от раневой поверхности частей тела.

Таким образом, воздействие МП, предшествующее перерезке, ингибирует какие-то звенья регенерационных процессов, изменяя интенсивность этого процесса.

Эксперименты на водных планариях заслуживают внимания и в связи с развиваемыми в настоящее время представлениями о том, что слабые ПеМП могут оказывать воздействие на свойства воды и других физико-химических систем, содержащих водно-солевую компоненту. Это означает, что в основе этих

биоэффектов может лежать взаимодействие ПеМП с водной компонентой биосистем [26, 27]. В связи с этими представлениями были выполнены эксперименты [28], в которых смесь водопроводной и дистиллированной воды (1:1) для культивирования планарий, обрабатывали КМП  $V_{DC} = 42$  мкТл,  $V_{AC} = 0,1 - 640$  нТл, частотой 3,7 Гц. В этих условиях также наблюдалась стимуляция деления планарий. Однако оказалось, что величина стимулирующего эффекта воды, обработанного слабыми КМП, почти в 2 раза ниже величины прямого эффекта при амплитуде ПеМП 40 нТл, соответствующей основному максимуму. ПеМП амплитудой 1 нТл практически не оказывает воздействия на биологическую активность воды в использованной тест-системе. В прямых опытах ПеМП такой интенсивности вызывало слабо выраженный эффект. В диапазоне 40 – 320 нТл обращает на себя внимание отсутствие выраженных максимумов и минимумов, характерных для действия ПеМП на планарий, находящихся в водной среде. При использованных значениях амплитуд ПеМП в этом диапазоне значения коэффициента стимуляции были равны  $\approx 3$ . Данные биологической активности ПеМП через вводно-солевую компоненту получены и В. Ледневым с соавт. [18].

Таким образом, возможна частичная передача эффекта КМП на планарии через предварительно обработанную ими водную среду.

В.В. Новиков и др. [19] исследовал и влияние миллиметрового (мм) излучения частотой 36 Гц плотностью потока мощности  $100$  мкВт/см<sup>2</sup> на регенерацию планарий, осуществленного до и после отсечения головы. В этом случае также был обнаружен стимулирующий эффект, определяемый по соотношению площадей бластем регенерирующих планарий в отдельные сутки наблюдения. Этот эффект при 10 минутной обработке мм-волнами перед перерезкой достигал 30%, после перерезки отмечена стимуляция регенерации только на  $\approx 5\%$ . Таким образом, мм излучение, как и КМП, стимулирует регенерационные процессы у планарий, но этот эффект выражен меньше, чем для КМП. Кроме того, как и в случае действия КМП, эффект больше выражен при воздействии электромагнитным фактором до отсечения головы.

Планарии используются для тестирования биологического действия не только электромагнитных факторов. В последние годы эти животные успешно применяются для изучения биологического действия факторов космического полета. Г.И. Горгиладзе [29] исследовал регенерацию планарий в условиях космического полета. У животных отсекали головной и хвостовой части тела, помещали фрагменты в 20-миллиметровые флаконы из полиэтилена, заполненные водой. Два контейнера, содержащих три таких флакона доставлялись на пилотируемом космическом корабле – Союз ТМА-7 на международную космическую станцию. Продолжительность орбитальных полетов составила десять суток. Животных наземных синхронных групп размещали в аналогичных «полетным» контейнерах, в которых температура газовой среды была близка к регистрируемой в полете. Исследовались изображения интактных планарий и их фрагментов перед полетом, а также полученного материала после полета. У полетных фрагментов планарий, как и в контроле, отмечалось восстановление недостающих частей тела. У регенерировавших планарий обеих групп

локомоторная активность путем плавного скольжения, либо последовательного сокращения-распрямления тела, а также пищевое поведение были в пределах нормы. Получение результата свидетельствует о том, что комплекс факторов, действующих при космическом полете, включающий отсутствие силы тяжести не является лимитирующим фактором для регенерации.

Американские специалисты [30] по космической биологии также используют в своих исследованиях планарий. В исследованиях, проведенных по программе NASA, изучалось влияние гипергравитации (-3g, 4 дня) на регенерацию планарий и их поведение. Изменения изученных показателей зависели от сроков действия гипергравитации. Следует заметить, что в условиях центрифуги на животных действует не только гипергравитация, а комплекс факторов.

Для изучения влияния различных физических факторов на планарий используется не только их феноменальные способности к регенерации.

В более ранних исследованиях для этих целей изучалась их способность определять направление движения. В частности в многочисленных экспериментах F. Brown показана способность этих животных ориентироваться по магнитному полю Земли.

В первой серии экспериментов [31, 32] была обнаружена способность планарий различать стороны света и ориентацию искусственного ПМП 10Э. Планарии отклонялись вправо (по часовой стрелке) от полярной оси при её ориентации на север и юг и влево при ориентации на запад и восток; в опытах с различной ориентацией искусственного МП отклонения носили соответственно противоположный характер. Отмечены отклонения пути планарий в искусственном поле 4Э, направленном на север или на восток, при ориентации полярной оси шкалы на север. В последующих экспериментах было обнаружено отклонение влияние от направления движения под влиянием магнитного поля напряженностью от 0,05 – 4 гаусс. Направленность МП Земли в месте проведения экспериментов была равна 0,17 гаусс. Зарегистрирован эффект последствия, заключающийся в сохранении изменений направления движения в течение 20 – 30 минут после прекращения действия поля. Кроме того, был выявлен 29,5 суточный ритм в ответных реакциях червей на действие МП. Эти результаты были получены в 32.400 наблюдениях за 1350 планариями. Взаимосвязанность изменения направления движений и их периодичности позволили F. Brown сделать вывод о тесной взаимосвязи механизмов биологических часов и ориентации-навигации.

Электростатическое поле также влияет на планарий. Под влиянием электростатического поля напряженностью всего  $2 \text{ В/см}$  направление движений животных также менялось [31, 32].

Планарии оказались способны различать и направление линий электростатического поля. Под влиянием вертикально направленного электростатического поля с напряженностью  $15 \text{ В/см}$  [32], обнаружено изменение скорости движений планарий, плавающих в горизонтально расположенной горизонтальной трубке.

Была обнаружена также чувствительность планарий *Dugesia dorotocephala* к действию  $\gamma$ -излучения радиоактивного цезия: животные удалялись от источника

радиоактивного излучения при движении к северу или югу. Этого эффекта не замечено, если они двигались на восток или запад. Обнаружены месячные, лунные и сезонные ритмы в этом явлении. Электростатическое поле изменяло ответ планарий на действие  $\gamma$ -излучения. Кроме того, черви оказались способны определять локализацию и интенсивность источника  $\gamma$ -излучения [33, 34].

Свет также изменяет направление движения планарий [35]. И в этих экспериментах была обнаружена зависимость степени изменений от направления движений (север, юг), а также месячная ритмика этого явления.

Таким образом, планарии чувствительны к действию разнообразных физических факторов. Замечателен тот факт, что эти животные чувствительны к слабым и крайне слабым электромагнитным факторам. По-видимости, именно поэтому ориентационные эффекты планарий (ориентация по «компасу», по слабым МП и электростатическим полям) «великолепно приспособлены к интенсивности магнитного поля Земли» [36]. Заслуживают внимания отрицательные результаты многих экспериментов, в которых применялись МП высоких интенсивностей [37]. Эти данные находятся в полном соответствии с современными представлениями о биологическом действии микродоз [38, 39, 40].

Результаты экспериментов на этих животных позволили сделать важные обобщения в области магнитобиологии, биоритмологии, бионавигации. Обобщение и анализ этих результатов позволяет значительно расширить возможности экспериментальных исследований в области экологической физиологии и биофизики.

## **ВЫВОД**

Проведенный анализ литературных данных об изменениях интенсивности регенерации, бесполого размножения планарий, а также направления их движения под влиянием разнообразных экологических факторов показал, что планарии являются чувствительными к действию электромагнитных факторов.

## **Список литературы**

1. Photoperiodic modulation of cephalic melatonin in planarians / [Morita M., Hall F., Best J.B, Gern W.] – J Exp Zool 241, 1987. – P. 383 – 388.
2. Baguna, J. Quantitative analysis of cell types during growth, degrowth and regeneration in the planarians *Dugesia mediterranea* and *Dugesia tigrina* / Baguna, J., Romero R., *Hydrobiologia* 84 – 1981. – P. 181-194
3. Planarian regeneration: achievements and future directions after 20 years of research / [Salo Emili, Abril Josep F, Adell Teresa, Cebria Francesc, Eckelt Kay, Fernandez-Taboada Enrique, Handberg-Thorsager Mette, Iglesias Marta, Molina M Dolores and Rodriguez-Esteban Gustavo]. – 2008 – (Int.J.Biol.52)
4. From Planarians to Mammals – the many faces of regeneration / [Moraczewski Jerzy, Archacka Karolina, Brzoska Edyta, Ciemerych Maria-Anna, Grabowska Iwona, Janczyk-Ilach Katarzyna, Streminska Wladyslawa and Zimowska Malgorzata]. – 2008 – P. 219 – 227 (Int.J.Dev.Biol.52).
5. Gremigni V. (1988) Planarian regeneration: An overview of some cellular mechanisms / Gremigni V – *Zool Sci* 5 – 1988 – P. 1153 – 1163.
6. Montgomery J.R. On the minimal size of a planarian capable of regeneration / Montgomery J.R, Coward S.J. – *Trans Am Microsc Soc* 93 – 1974 – P. 386 – 391.
7. Ball I.R. A contribution to the phylogeny and biogeography of the freshwater triclads (Platyhelminthes Turbellaria) / Ball I.R – In: “Biology of the Turbellaria”, McGraw-Hill, New York. – 1974 – P.339 – 401.

8. Liboff A.R. Cyclotron resonance in membrane transport. In: Interactions between Electromagnetic Fields and Cells / Liboff A.R. (Chiabrera A, Nicolini C, Schwan H.P. eds.) Plenum Press, New York – 1985 – P. 281 – 296.
9. McLeod B.R. Calcium and potassium cyclotron resonance curves and harmonics in diatoms (*A. coffeaeformis*) / McLeod B.R, Smith S.D, Liboff A.R. – J. Bioelectricity V. 6, 1987b – P. 153 – 168.
10. Calcium cyclotron resonance and diatom mobility / [Smith S.D, McLeod B.R, Liboff A.R, Cooksey K.]. – Bioelectromagnetics V. 8, 1987 – P. 215 – 227.
11. Ca<sup>2+</sup> – 45 cyclotron resonance in human lymphocytes / [Liboff A.R, Rozek R.J, Sherman M.L, McLeod B.R, Smith S.D.] – J Bioelect V. 6, 1987 – P. 13 – 22.
12. Liboff A.R. Intensity threshold for 60-Hz magnetically induced behavioral changes in rats / Liboff A.R, Thomas J.R, Schrot J. – Bioelectromagnetics V. 10, 1989 – P. 111 – 113.
13. Jenrow K.A. Weak Extremely Low Frequency Magnetic Fields and Regeneration in the Planarian *Dugesia tigrina* / Jenrow K.A., Smith C.H., Liboff A.R. – Bioelectromagnetics V. 16, 1995 – P. 106 – 112.
14. Jenrow K.A. Weak Extremely Low Frequency Magnetic Field – Induced Regeneration Anomalies in the Planarian *Dugesia tigrina* / Jenrow K.A., Smith C.H., Liboff A.R. – Bioelectromagnetics 17, 1996 – P. 467 – 474.
15. Магнитный параметрический резонанс в биосистемах: экспериментальная проверка предсказаний теории с использованием регенерирующих планарий *Dugesia tigrina* в качестве тест – системы / [Леднев В.В., Сребницкая Л.К., Ильясова Е.Н., Рождественская З.Е., Климов А.А., Белова Н.А., Тирас Х.П.] – Биофизика, Т.41, вып. 4, 1996, С. 815 – 825.
16. Lednev V.V. Possible mechanism of the effect of weak magnetic field on biosystems / Lednev V.V., Bioelectromagnetics V. 12, 1991 – P. 71 – 75.
17. Влияние слабого комбинированного магнитного поля на скорость регенерации планарий *Dugesia tigrina* / [Тирас Х.П., Сребницкая Л.К., Ильясова Е.Н., Климов А.А., Леднев В.В.] – Биофизика. – 1996 – Т.41, вып. 4, С. 826 – 831.
18. Леднев В.В. Биоэффекты слабых переменных магнитных полей и биологические предвестники землетрясений / Леднев В.В., Белова Н.А., Рождественская З.Е., Тирас Х.П. – Геофизические процессы и биосфера. – 2003. – Т.2, № 1. с. 3 – 11.
19. Влияние слабых и сверхслабых комбинированных постоянного и низкочастотного переменного магнитных полей и миллиметровых волн низкой интенсивности на регенерацию планарий *Dugesia tigrina* / Новиков В.В., Шейман И.М., Клюбин А.В., Фесенко Е.Е. – Биофизика – 2007 – Т.52, вып. 2, С. 372 – 375.
20. Новиков В.В. Биологические эффекты слабых и сверхслабых магнитных полей: авторефер. дис... докт. биол. наук. Москва, 2005. – 43 с
21. Kohl D.M. The role of DNA synthesis in the determination of axial polarity of regenerating planarians / Kohl D.M, Flickinger R.A. – Biol Bull 131, 1966 – P. 323 – 330
22. Gabriel A. Action of actinomycin D on regeneration and the metabolism of ribonucleic acid in the planaria *Dugesia gonoccephala* (Turbellaria, Tricladida) / Gabriel A. – C R Acad Sci Hebd Seances Acad Sci D 266, 1968 – P. 406 – 409
23. Морфогенез планарий *Dugesia tigrina* / [Шейман И.М., Крещенко Н.Д., Седельников З.В., Грозный А.В.]. – Онтогенез, 2004. – Т. 35, №4, С. 285 – 290
24. Wolff E. Sur la migration des cellules de regeneration chez les planaires / Wolff E, Dubois F. – Rev Suisse Zool 55, 1948, P. 219 – 227
25. Wolff E. Recent researches on the regeneration of planaria. In: Regeneration / Wolff E. – 20th Growth Symposium, (Rudnick D ed): Ronald press, New York, 1962 – P. 53 – 84
26. Семихина Л.П. Исследование влияния слабых магнитных полей на свойства воды и льда. Автореферат дисс. канд. физ.-мат. наук. Москва, 1989
27. Киселев В.Ф. Структурные изменения в воде после воздействия слабых переменных магнитных полей / Киселев В.Ф, Салецкий А.М, Семихина Л.П. – Вестн. Моск. ун-та, серия 3, 31(2), 1990 – С. 53 – 58
28. Новиков В.В. Влияние слабых и сверхслабых магнитных полей на интенсивность бесполого размножения планарий *Dugesia tigrina* / Новиков В.В., Шейман И.М., Фесенко Е.Е. – Биофизика, 2002, Т.47, вып. 1, С. 125 – 129



29. Горгиладзе Г.И. Регенерационная способность у планарий GIRARDIA TIGRINA и улиток HELIX LUCORUM, экспонированных в невесомости в орбитальном полете на международной космической станции / Горгиладзе Г.И. – Доклады Академии наук, 2008, Т. 421, №1, С. 131 – 134
30. The effects of hypergravity on planarian regeneration morphology, and behavior / [Zhang X., He T., Lin C., Tseng N., Durati A., Johns R., Rayl N., and Smith J] – ASGSB, 2005 – Annual Meeting Abstracts
31. Brown F. Responses of the planarian Dugesia and protozoan Paramecium to very weak horizontal magnetic fields./ Brown F. – Biol. Bull., 1962б, 264 p.
32. Brown F. Response of the planarian Dugesia to very weak horizontal electrostatic fields / Brown F. – Biol. Bull., 1962в, 282 p.
33. Brown F. How animals respond to magnetism / Brown F. 1963б – Discovery, Nov
34. Brown F. An orientational response to weak gamma radiation / Brown F., 1963в – Biol. Bull., 206 p.
35. Brown, Frank A. “Association-Formation Between Photic and Subtle Geophysical Stimulus Patterns: A New Biological Concept.”/ Brown, Frank A., Jr., and Young H. Park – Biologacal Bulletin 132, no. 3, 1967 – P. 311 – 319.
36. Шмидт-Нельсон К. Физиология животных: приспособление и среда / Шмидт-Нельсон К – М.: Мир, 1982. Т. 2. С. 662 – 663, Т. 2. 799 с.
37. Brown F.A. Adaptation of the magnetoreceptive mechanism of meed snails to geomagnetic strength. / Brown F.A, Jr., Barnwell F.H., Webb H.M. – Biol. Bull. 1964, V.127, P. 221 – 231
38. Бурлакова Е.Б. Особенности действия сверхмалых доз биологически активных веществ и физических факторов низкой интенсивности / Бурлакова Е.Б. – Российский химический журнал. – 1999. – Т. XLIII, № 5. – С. 3 – 11
39. Бурлакова Е.Б. Сверхслабые воздействия химических соединений и физических факторов на биологические системы / Бурлакова Е.Б., Кондратов А.А., Мальцева Е.Л. – Биофизика. – 2004 . – Т. 49, № 4. – С. 551 – 564
40. Golovin Yu.I. Low Doses in Physics of Real Crystals / Golovin Yu.I. – Biophysics. – 2004. – Vol. 49, Suppl. 1. – P. 127 – 154

*Темур'янц Н.А., Демцун Н.О., Ярмолюк Н.С., Туманянц К.Н. Дослідження планарій для вивчення дії екологічних факторів // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т.22 (61). – № 1. – С. 78-86.*

Представлено огляд літературних даних про зміни інтенсивності регенерації, бесполого розмноження планарій, а також виправлення їх руху під впливом різноманітних фізичних факторів.

**Ключові слова:** регенерація, елетромагнітне поле, планарії.

*Temuryants N.A, Demtsun N.A, Yarmolyuk N.S., Tumanyants K.N. Planaria as a model for study of effects of ecological factors // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2009. – V.21 (61). – № 1. – P. 78-86.*

A summary of scientific literature on the changes of regeneration intensity, asexual reproduction of planaria, as well as correction of their movement under the influence of various physical factors.

**Keywords:** regeneration, electromagnetic field, planaria.

*Поступила в редакцію 11.05.2009 г.*