



Краткие сообщения / Brief reports  
Оригинальная статья / Original article  
УДК 611.013.537.63  
DOI: 10.18470/1992-1098-2016-1-199-203

## ВЛИЯНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА МОРФОЛОГИЧЕСКУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГОЛОВАСТИКОВ МАЛОАЗИАТСКОЙ ЛЯГУШКИ (*RANA MACROCNEMIS*) ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЕРИОД РАЗВИТИЯ С НЕЙРУЛЫ ДО ВЫХОДА ИЗ ОБОЛОЧЕК

Инга Т. Гацалова

кафедра зоологии, биоэкологии и биотехнологии, Северо-Осетинский  
государственный университет имени К.Л. Хетагурова,  
Владикавказ, Россия, gatsalova.inga@yandex.ru

**Резюме. Цель.** Исследовать морфологическое разнообразие головастика малоазиатской лягушки после непрерывного воздействия магнитного поля разной интенсивности в период эмбрионального развития с нейрулы до выхода из яйцевых оболочек. **Методы.** Гипермагнитные условия создавали, увеличивая напряженность естественного магнитного поля. Гипомагнитные условия создавали, помещая чашку Петри с фрагментами кладки икры в контейнер (20,5x17x9) низкоуглеродистой стали. Снаружи контейнер был покрыт оболочкой из листовой меди. **Результаты.** У полученных в первом варианте опыта головастика малоазиатской лягушки, по сравнению с контролем, наблюдалось достоверное увеличение длины хвоста и длины тела. Во втором опыте у головастика наблюдалось увеличение длины хвоста и длины тела. В третьем варианте опыта по сравнению с контролем различий нет. В четвертом опыте наблюдается увеличение длины хвоста и длины тела. В пятом варианте опыта у головастика происходило увеличение длины хвоста и длины тела. **Выводы.** Влияние магнитных полей на период зародышевого развития со стадии нейрулы до выхода из яйцевых оболочек показал, что длина туловища является более стабильным признаком, длина хвоста увеличивается в опытах, и только в третьем опыте остается неизменным по сравнению с контролем. **Ключевые слова:** гипомагнитное поле, гипермагнитное поле, малоазиатская лягушка, эмбрионы, нейрула, длина туловища, длина хвоста, длина тела, высота хвоста.

**Формат цитирования:** Гацалова И.Т. Влияние магнитных полей разной интенсивности на морфологическую изменчивость головастика малоазиатской лягушки (*Rana Macrocnemis*) после воздействия на период развития с нейрулы до выхода из оболочек // Юг России: экология, развитие. 2016. Т.11, N1. С.199-203. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-1-199-203

## INFLUENCE OF MAGNETIC FIELDS OF VARYING INTENSITY ON THE MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF LONG-LEGGED WOOD FROG LARVAE (*RANA MACROCNEMIS*) AFTER THE EXPOSURE PERIOD FROM NEURULA TO HATCHING

Inga T. Gatsalova

Department of Zoology, bio-ecology and biotechnology,  
K.L. Khetagurov North Ossetian State University,  
Vladikavkaz, Russia, gatsalova.inga@yandex.ru

**Abstract. Aim.** The aim is to study morphological diversity of long-legged wood frog larvae after continuous exposure to a magnetic field of varying intensity during embryonic development from neurula to leaving the egg membranes. **Methods.** We have created hypermagnetic conditions by increasing the tension of the natural magnetic field. Petri dish with fragments of laid eggs has been placed in a low carbon steel container (20,5x17x9). Outside, the container has been covered with a shell made of sheet copper. **Results.** *Rana macrocnemis*, obtained in the first experiment, compared with the control specie, showed a significant increase in tail and body length. The second experiment showed an increase in tail and body length. The third experiment, compared to the control specie, showed no difference. The fourth experiment showed an increase in tail and body length. The fifth experiment also showed an increase in tail and body length. **Conclusions.** The effect of magnetic fields on the embryonic development period



from neurula to hatching showed that the length of the trunk is a more stable feature, the tail length increases in the experiments, and only in the third experiment it remained unchanged compared to control species.

**Keywords:** hypomagnetic field, hypermagnetic field, long-legged wood frog, embryos, neurula, trunk length, tail length, body length, tail height.

**For citation:** Gatsalova I.T. Influence of magnetic fields of varying intensity on the morphological variability of long-legged wood frog larvae (*Rana Macrochemis*) after the exposure period from neurula to hatching. *South of Russia: ecology, development*. 2016, vol. 11, no. 1, pp. 199-203. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2016-1-199-203

## ВВЕДЕНИЕ

Известно, что магнитное поле Земли является необходимым фактором для нормальной жизнедеятельности организмов, и понижение или повышение природных показателей поля вызывает аномалии, как в эмбриогенезе, так и в постэмбриогенезе [1, 2].

Воздействие магнитных полей на водных животных вызывает дистрофию и снижение функциональной активности клеток [3]. Отклонение значений геомагнитного поля от нормальных ведет к изменению содержания в крови форменных элементов и к снижению количества белка, глюкозы в крови глюкозы [4]. Действие магнитных полей на ранний онтогенез различных биообъектов может приводить к изменениям физиологических и биохимических показателей и формированию фенотипов [5]. Действие слабых магнитных полей на биологические системы зависит частоты и амплитуды поля [6]. Влияние полей на ранние периоды эмбрионального развития рыб приводит к снижению размерно-массовых показателей, а также вызывает изменения и аномалии

морфологических признаков у молоди [5, 7]. Наибольшие морфометрические изменения вызываются при воздействии поля на отрезок эмбриогенеза от гаструляции до вылупления, меньшие эффекты характерны при обработке в предгаструляционный период и постэмбриогенезе [8].

Биологический прогресс и стабильность видов обусловлены совокупностью оптимальных факторов воздействующих на организмы, которые реагируют на любые отклонения от зоны оптимума. Реакция может быть в виде физиологических изменений, патологии, эволюционных вариаций. Самыми реактивными системами организма на воздействие магнитных аномалий считают: нервную, репродуктивную, сердечно-сосудистую [9].

Проведенные нами ранее опыты показали, что воздействие магнитного поля эмбриональное развитие амфибий приводит к уменьшению морфометрических показателей (длины тела, длины туловища, длины хвоста и высоты хвоста у корня) и повышает вариабельность бластомеров [10, 11].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для определения морфологической изменчивости головастика малоазиатской лягушки после воздействия магнитных полей разной интенсивности (ГрМП, ГпМП) на эмбриональный период развития с нейрулы до выхода из яйцевых оболочек поставили серию опытов. В первом опыте зародышей помещали в ГпМП (0,4 м/Тл) с нейрулы до выхода из яйцевых оболочек; во втором опыте – зародыши находились в ГрМП (11,5 м/Тл) средней интенсивности с нейрулы до выхода из яйцевых оболочек; в третьем опыте воздействие ГрМП (8 м/Тл) слабой интенсивности эмбрионы испытывали с нейрулы до выхода; в четвертом варианте опыта – зародыши развивались в вертикаль-

ном ГрМП (11,5 м/Тл) со стадии нейрулы до выхода из яйцевых оболочек; в пятом опыте зародыши находились в ГрМП (18 м/Тл) сильной интенсивности – с нейрулы до выхода из галерт. Эмбрионы развивались в отстоянной водопроводной воде до начала воздействия магнитных полей. Сразу после выклева головастика фиксировали в 10% растворе формалина. У фиксированных головастика измеряли следующие морфологические признаки: длину туловища, длину хвоста, длину тела и высоту хвоста. Статистическая обработка проведена с использованием программы «Stadia».

**Изменение магнитных условий в опытах.** Гипермагнитные условия (ги-



пермагнитное поле, ГрМП) создавали, увеличивая напряженность естественного магнитного поля. Для этого чашку Петри с фрагментами кладки размещали на равном расстоянии (9 см) между противоположными полюсами двух постоянных магнитов цилиндрической формы. Северный магнитный полюс был сверху, южный снизу чашки. При таком расположении магнитов величина магнитной индукции в зависимости от используемых магнитов составляла 8 м/Тл, 11,5 м/Тл, 18 м/Тл.

Гипомагнитные условия (гипомагнитное поле, ГМП) создавали следующим обра-

зом. Чашку Петри с фрагментами кладок икры помещали в контейнер (20,5x17x9) со стенками из низкоуглеродистой стали (марка 10864), толщиной 0,5 см. Снаружи контейнер был покрыт оболочкой, выполненной из листовой меди, предназначенной для экранирования от электрических полей. Значение напряженности магнитного поля Земли внутри контейнера составляло 0,4 м/Тл.

Измерения напряженности магнитного поля в разных вариантах опытов проведены научными сотрудниками «НОЦ ФГБОУ ВПО СОГУ имени К.Л. Хетагурова».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Опыт №1. Влияние гипомагнитного поля ГМП (0,4 м/Тл) на зародыши малоазиатской лягушки со стадии нейрулы до выхода из оболочек.** В первом опыте и в контрольной группе распределение частот всех исследованных признаков отличается от статистически нормального, кроме длины тела. В контроле и опыте все признаки по коэффициенту вариации изменчивы в слабой степени ( $C_v$ , до 10 %). У полученных в первом варианте опыта головастиков малоазиатской лягушки, по сравнению с контролем, наблюдалось достоверное увеличение длины хвоста, по длине туловища и высоте хвоста у корня различий нет. Сравнение медиан распределений по критериям Вилкоксона и Ван-дер-Вардена показало, что есть достоверные отличия ( $P < 0,001$ ) по длине хвоста. По критериям Фишера и Стьюдента достоверных отличий по длине тела ( $P > 0,05$ ) не установлено. По диагностированным признакам разброс значений по критерию Ансари - Бредли ( $P > 0,05$ ) не показал достоверных отличий.

**Опыт №2. Влияние гипермагнитного поля (ГрМП 11,5 м/Тл) средней интенсивности на зародыши малоазиатской лягушки со стадии нейрулы до выхода из оболочек.** Во втором опыте и в контрольной группе распределение частот всех исследованных признаков отличается от статистически нормального, кроме длины тела. В контроле и опыте все признаки по коэффициенту вариации изменчивы в слабой степени ( $C_v$ , до 10 %). У полученных во втором варианте опыта головастиков малоазиатской лягушки, по сравнению с контролем, наблюдалось достоверное увеличение длины

хвоста и длины тела. Сравнение медиан распределений по критериям Вилкоксона и Ван-дер-Вардена показало, что есть достоверные отличия по длине хвоста ( $P < 0,05$ ). По критерию Ансари - Бредли ( $P > 0,05$ ) не обнаружено достоверных отличий. По длине тела не установлено отличий по Фишеру и Стьюденту ( $P > 0,05$ ).

**Опыт №3. Влияние гипермагнитного поля (ГрМП 8 м/Тл) слабой интенсивности на зародыши малоазиатской лягушки со стадии нейрулы до выхода из оболочек.** В третьем опыте и в контрольной группе распределение частот всех исследованных признаков отличается от статистически нормального. В контроле и опыте все признаки по коэффициенту вариации изменчивы в слабой степени ( $C_v$ , до 10 %). У полученных в третьем варианте опыта головастиков малоазиатской лягушки, по сравнению с контролем, по длине хвоста, длины тела, по длине туловища и высоте хвоста у корня различий нет. Между дисперсиями признаков контрольных экземпляров и первого варианта опыта не обнаружены достоверные различия. Сравнение медиан распределений по критериям Вилкоксона и Ван-дер-Вардена показало, что есть достоверные отличия по длине хвоста. Сравнение медиан распределений по критериям Вилкоксона и Ван-дер-Вардена показало, что по исследованным признакам достоверных отличий по не выявлено ( $P > 0,05$ ). По критерию Ансари - Бредли ( $P > 0,05$ ) не обнаружено достоверных отличий.

**Опыт №4. Влияние вертикального гипермагнитного поля (ГрМП 11,5 м/Тл) слабой интенсивности на зародыши ма-**



лоазиатской лягушки со стадии нейрулы до выхода из оболочек. В четвертом опыте и в контрольной группе распределение частот всех исследованных признаков отличается от статистически нормального, кроме длины тела. В контроле и опыте все признаки по коэффициенту вариации изменчивы в слабой степени ( $C_v$ , до 10 %). По сравнению с контролем наблюдается увеличение длины хвоста и длины тела. Сравнение медиан распределений по критериям Вилкоксона и Ван-дер-Вардена показало, что есть достоверные отличия по длине хвоста ( $P < 0,001$ ). По параметрическому критерию Ансари - Бредли ( $P > 0,05$ ) не обнаружено достоверных отличий. По критерию Стьюдента длина тела ( $P < 0,05$ ) достоверно отличается.

**Опыт №5. Влияние гипермагнитного поля (ГрМП 18 м/Тл) сильной интенсивности, на зародыши малоазиатской лягушки со стадии нейрулы до выхода из**

**оболочек.** В пятом опыте и в контрольной группе распределение частот всех исследованных признаков отличается от статистически нормального, кроме длины тела. В контроле и опыте все признаки по коэффициенту вариации изменчивы в слабой степени ( $C_v$ , до 10 %). У полученных в пятом варианте опыта головастиков малоазиатской лягушки, по сравнению с контролем, наблюдалось достоверное увеличение (рис. 1) длины хвоста и длины тела, по длине туловища и высоте хвоста у корня различий нет. Сравнение медиан распределений по критериям Вилкоксона и Ван-дер-Вардена показало, что есть достоверные отличия по длине туловища ( $P < 0,05$ ) и длине хвоста ( $P < 0,001$ ). По критерию Стьюдента обнаружены достоверные отличия по длине тела ( $P < 0,05$ ). По критерию Стьюдента длина тела ( $P < 0,05$ ) достоверно отличается.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Влияние магнитных полей на период зародышевого развития со стадии нейрулы до выхода из яйцевых оболочек показал, что длина туловища является более стабильным признаком, длина хвоста увеличивается в

опытах. И только в третьем опыте, где зародыши испытывали действие слабых магнитных полей (ГрМП 8 м/Тл) слабой интенсивности длина хвоста остается неизменным по сравнению с контролем.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ломаев Г.В., Емельянова М.С., Влияние вариаций магнитного поля Земли на эмбриональное развитие *G. Gallus* // Интеллектуальные системы в производстве. 2014. N1(23). С. 127-131.
2. Рябов Ю.Г., Ломаев Г.В., Емельянова М.С. Фактор геомагнитного поля в железобетонных сооружениях // Интеллектуальные системы в производстве. 2013. N2(22). С. 181-184.
3. Коломийцев А.К. Морфологические методы в изучении влияния магнитного поля на живые организмы // Известия ЮФУ. Технические науки. 1998. N4(10). С. 115-116.
4. Горбунова Е.Л., Сухова О.Р. Определение интенсивности магнитного поля земли и его влияния на организм животных в условиях свиноводческого хозяйства Увельского района челябинской области // Молочнохозяйственный вестник: сетевой журнал. 2014. N1(13). С. 13-19. URL: <http://molochnoe.ru/journal/ru/node/395> (дата обращения: 01.12.2015).
5. Крылов В.В., Изюмов Ю.Г., Чеботарева Ю.В. Влияние типичной магнитной бури и низкочастотных магнитных полей на *Rutilus rutilus* (L.) (сравнение экспериментальных данных). Том 1 «Экологическая физиология и биохимия водных организмов». Петрозаводск: Изд-во Карельского научного центра РАН, 2010а. 88 с.
6. Бинги В.Н. Магнитобиология: эксперименты и модели. М.: Изд-во МИЛТА, 2002. 592 с.
7. Крылов В.В., Чеботарева Ю.В. Инкубация икры плотвы *Rutilus rutilus* (L.) в переменном электромагнитном поле частотой 500 Гц вызывает аномалии осевого скелета у сеголеток // Экология пресноводных экосистем и состояние здоровья населения. Оренбург: Димур. 2006. С. 80-86.
8. Чеботарева Ю.В., Изюмов Ю.Г., Крылов В.В. Влияние переменного электромагнитного поля на раннее развитие плотвы *Rutilus rutilus* (Cyprinidae, Cypriniformes) // Вопросы ихтиологии. 2009, Т. 49, N3. С. 422-428.
9. Григорьев Ю.Г. Ослабление геомагнитного поля как фактор риска при работе в экранированных помещениях // Медицина труда и промышленная экология. 1995. N4. С. 7-12.
10. Калабеков А.Л., Гацалова И.Т., Цховребова А.И. Совместное влияние глины и магнитного поля на эмбриогенез и морфологическую изменчивость головастиков малоазиатской лягушки (*Rana macrocnemis*/BOUL) // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. N52(4). С. 369-372.



11. Калабеков А.Л., Гассиева В.В., Гацалова И.Т. Изменчивость спинных левых и правых микро- и макромеров зародышей обыкновенного тритона *Triturus*

*vulgaris* в естественных и искусственных магнитных условиях // Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. N51(3). С.306-310.

## REFERENCES

1. Lomaev G.V., Yemelyanova M.S. Effects of variations in Earth's magnetic field on embryonic development of *G. gallus*. *Intellectual'nye sistemy v proizvodstve* [Intelligent systems in manufacturing]. 2014, no. 1(23), pp. 127-131. (In Russian)
2. Ryabov Yu.G., Lomaev G.V., Emelyanova M.S. Factor of geomagnetic field in reinforced concrete structures. *Intellectual'nye sistemy v proizvodstve*. [Intelligent systems in manufacturing]. 2013, no. 2(22), pp. 181-184. (In Russian)
3. Kolomiitsev A.K. Morphological methods in the study of magnetic field effect on living organisms. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering sciences]. 1998, no. 4(10), pp. 115-116. (In Russian)
4. Gorbunova E.L., Sukhova O.R. Definition of intensity of the magnetic earth field and its influence on the animal organisms under the conditions of a pig-raising farm in Uvelsky district of Chelyabinsk region. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik* [Molochnokhozyaistvennyi vestnik]. 2014, no. 1(13), pp. 13-19. (In Russian) Available at: <http://molochnoe.ru/journal/ru/node/395>. (accessed 01.12.2015)
5. Krylov V.V., Izyumov Yu.G., Chebotareva Yu.V. *Vliyanie tipichnoi magnitnoi buri i nizkочастотnykh magnitnykh polei na Rutilus rutilus (L.) (sravnenie eksperimental'nykh dannyykh)* [The effect of a typical magnetic storm and low-frequency magnetic fields *Rutilus rutilus* (L.) (comparison of experimental data)]. «*Ekologicheskaya fiziologiya i biokhimiya vodnykh organizmov*». [Environmental physiology and biochemistry of aquatic organisms]. Petrozavodsk, Karelian research Centre of RAS Publ., 2010a, Vol. 1, 88 p. (In Russian)
6. Bingi V.N. *Magnitobiologiya: eksperimenty i modeli* [Magnetobiology: experiments and models]. Moscow, MILTA Publ., 2002. 592 p. (In Russian)
7. Krylov V.V., Chebotareva Yu.V. *Inkubatsiya ikry plotvy Rutilus rutilus (L.) v peremennom elektromagnitnom pole chastotoi 500 Gts vyzyvaet anomalii osevoego skeleta u segoletok* [Incubation of eggs of the roach *Rutilus rutilus* (L.) in an alternating electromagnetic field at a frequency of 500 Hz causes anomalies of the axial skeleton among the yearlings]. *Ekologiya presnovodnykh ekosistem i sostoyaniye zdorov'ya naseleniya* [Ecology of freshwater ecosystems and the health of the population]. Orenburg, Dimur Publ., 2006. pp. 80-86. (In Russian)
8. Chebotareva Y.V., Izyumov Y.G., Krylov V.V. The effect of an alternating electromagnetic field upon early development in roach (*rutilus rutilus*: Cyprinidae, cypriniformes). *Voprosy ikhtiologii* [Journal of Ichthyology]. 2009, vol. 49, no. 3, pp. 422-428. (In Russian)
9. Grigor'ev Yu.G. Mild geomagnetic field as a risk factor of work in screened buildings. *Meditina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational medicine and industrial ecology]. 1995, no. 4, pp. 7-12. (In Russian)
10. Kalabekov A.L., Gatsalova I.T., Tskhovrebova A.I. The combined influence of clay and magnetic fields on embryogenesis and morphological variability of tadpoles Iranian long-legged wood frog (*Rana macrocnemis*/BOUL) *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Journal of proceedings of the Gorsky SAU]. 2015, no. 52(4). pp. 369-372. (In Russian)
11. Kalabekov A.L., Gassieva V.V., Gatsalova I.T. The variability of the dorsal left and right micro- and macromeris germ ordinary *Triton Triturus vulgaris* in natural and artificial magnetic conditions. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Journal of proceedings of the Gorsky SAU]. 2014, vol. 50(3). pp. 306-310. (In Russian)

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

### Принадлежность к организации

**Инга Т. Гацалова** - аспирант кафедры зоологии, биоэкологии и биотехнологии СОГУ им. К.Л. Хетагурова, тел. (8672) 53-52-00.  
ул. Ватутина, 46, г. Владикавказ, Северная Осетия-Алания, Россия, e-mail: [gatsalova.inga@yandex.ru](mailto:gatsalova.inga@yandex.ru)

### Критерии авторства

Инга Т. Гацалова провела эксперимент, проанализировала материал, написала рукопись и несет ответственность за плагиат.

### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

## AUTHOR INFORMATION

### Affiliations

**Inga T. Gatsalova** - a post-graduate student, Department of Zoology, bio-ecology and biotechnology, K.L. Khetagurov North Ossetian State University, tel.8(8672) 53-52-00, 46 Vatulina St., Vladikavkaz, North Ossetia-Alania, Russia. e-mail: [gatsalova.inga@yandex.ru](mailto:gatsalova.inga@yandex.ru)

### Contribution

Inga T. Gatsalova conducted an experiment, analyzed the material, wrote the manuscript and is responsible for avoiding the plagiarism.

### Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Поступила 04.12.2015

Received 04.12.2015