

УДК 597.828:535.625
AGRIS: F40

ВЛИЯНИЕ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА РАННЕЕ РАЗВИТИЕ ЗЕМНОВОДНЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

©Ручин А. Б., ORCID: 0000-0003-2653-3879, д-р. биол. наук,
Объединенная дирекция Мордовского государственного природного заповедника
им. П. Г. Смидовича и национального парка «Смольный»,
г. Саранск, Россия, sasha_ruchin@rambler.ru

EFFECT OF MONOCHROMATIC LIGHT ON EARLY DEVELOPMENT OF AMPHIBIANS IN EXPERIMENTS

©Ruchin A., ORCID: 0000-0003-2653-3879, Dr. habil.,
Joint Directorate of the Mordovia State Nature Reserve and National Park “Smolny”,
Saransk, Russia, sasha_ruchin@rambler.ru

Аннотация. Изучено влияние цвета освещения на раннее развитие трех видов Amphibia (*Triturus cristatus*, *Rana arvalis* и *Rana temporaria*). Скорость развития икры *Triturus cristatus* увеличивалась при зелено-голубом освещении. Цвет освещения не влиял на скорость эмбрионального развития видов с коротким периодом раннего развития (*Rana arvalis* и *Rana temporaria*). Смертность на эмбриональных стадиях различалась у разных видов. У всех видов красное освещение отрицательно сказалось на выживаемости развивающейся икры. Личинки, перешедшие на активное питание, всех трех видов были крупнее при зелено-голубом освещении, чем при белом и, тем более красном освещении.

Abstract. We studied the impact of environmental color on the early development of two species of Anura (*Rana arvalis*, *Rana temporaria*) and one Caudata species (*Triturus cristatus*). The development rate of *Triturus cristatus* eggs increased with green-blue light. The illumination color did not affect the rate of embryonic development in species with a short period of early development (*Rana arvalis* and *Rana temporaria*). Mortality at embryonic stages varied in different species. In all species red light negatively affected the survival rate of developing eggs. The larvae that started active feeding of all three species were larger in green-blue light than with white and, naturally, red, light.

Ключевые слова: цвет освещения, развитие, эмбрионы, *Triturus cristatus*, *Rana arvalis*, *Rana temporaria*, смертность.

Keywords: light spectrum, development, embryos, *Triturus cristatus*, *Rana arvalis*, *Rana temporaria*, mortality.

Введение

Свет является одним из основных факторов, воздействующих на разнообразные стороны жизнедеятельности водных низших позвоночных животных. Нашими предыдущими работами показано, что при определенных световых воздействиях физиологические процессы этих групп животных улучшаются, а при других — ухудшаются [1–13]. В условиях круглосуточного освещения личинки лягушки *Rana catesbeiana* росли лучше [14]. В то же время как круглосуточное освещение, так и круглосуточная темнота негативно сказывались

на росте и задерживали метаморфоз *Xenopus laevis* [15]. При этом некоторые эффекты фотопериода могут изменяться под действием гормонов [16, 17]. Помимо прочего свет оказывает влияние на поведение, время активности, репродукцию амфибий [18–21].

Относительно действия цвета света на земноводных имеется несколько исследований. Например, изучалось влияние цвета освещения на рост и развитие личинок нескольких видов бесхвостых амфибий [22–26].

Цель наших исследований — определить роль цвета освещения в раннем развитии нескольких видов амфибий.

Материал и методы исследований

В своих экспериментах мы исследовали воздействие освещенности на раннее развитие и смертность икры и предличинок четырех видов хвостатых и бесхвостых земноводных, которые отличаются длительностью развития икры в естественных водоемах.

Гребенчатый тритон *Triturus cristatus* (Laurenti, 1768) (Caudata: Salamandridae) являются обычным видом в Средней полосе России [27]. Кладка икры осуществляется одиночными яйцами в завернутый задними конечностями самки листок высшей водной растительности. Остромордая лягушка *Rana arvalis* (Nilsson, 1842) и травяная лягушка *Rana temporaria* Linnaeus, 1758 (Anura: Ranidae) относятся к группе бурых лягушек. Это виды с коротким периодом эмбрионального (5-15 суток) и личиночного развития (до 65 суток). Кладки у травяной лягушки всегда находятся в больших скоплениях, представляя собой своеобразные «маты», которые препятствуют хищникам и способствуют повышению температуры внутри. У остромордой лягушки в отличие от травяной кладки обычно более рыхлые [28, 29].

Для исследований икру отбирали в нерестовых водоемах непосредственно после оплодотворения из-под одной пары производителей (для одного опыта), что помимо прочего облегчало идентификацию видов. В каждый вариант (на одну чашку Петри) одной серии помещали по 10-20 икринок из одной кладки. Температуру поддерживали на уровне $20 \pm 0,01^\circ\text{C}$, содержание кислорода в воде 7,0-7,5 мг/л. Стадии развития регистрировали через 2-4 ч, определяя их по методикам, указанным ранее [30]. Темп развития рассчитывали, как время прохождения той или иной стадии каждой особи в эксперименте. Ежедневно проводили отбор погибших икринок (учитывали смертность). Смертность рассчитывалась по относительному числу погибших особей к общему числу особей в эксперименте. Опыт прекращали после перехода личинок на активное питание. Длина тела выклюнувшихся личинок измерялась с помощью окуляр-микрометра с точностью 0.01 мм.

Опыты проведены в 4-7-кратной повторности. Данные в таблицах усреднялись по всем сериям опытов. Освещение создавали люминесцентными лампами, которые мало нагреваются в процессе работы и дают достаточно мощный световой поток. Описание создания цветов освещения описано ранее [31, 32]. Статистический анализ проводили с помощью критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Эмбриональное развитие гребенчатого тритона при освещении зеленой и голубой зоной спектра достоверно сокращалось. В остальных вариантах скорость развития мало отличалась от контроля (Рисунок 1). Как и в других экспериментах (Ruchin, 2018), основная гибель гребенчатого тритона приходилась на период эмбрионального развития. При этом при желтом освещении она достоверно возрастала на 25.1% ($p < 0.05$), а при голубом — снижалась на 15.7% ($p < 0.05$) (Рисунок 2). Также было замечено, что в желтом свете погибли мелкие особи и средние размеры выживших личинок, указанные в Рисунке 3, стали достоверно

выше ($p < 0.05$). При красном освещении длина личинок достоверно снижалась на 5,5% ($p < 0.05$), при голубом освещении возрастала, как и в режиме с желтым освещением.

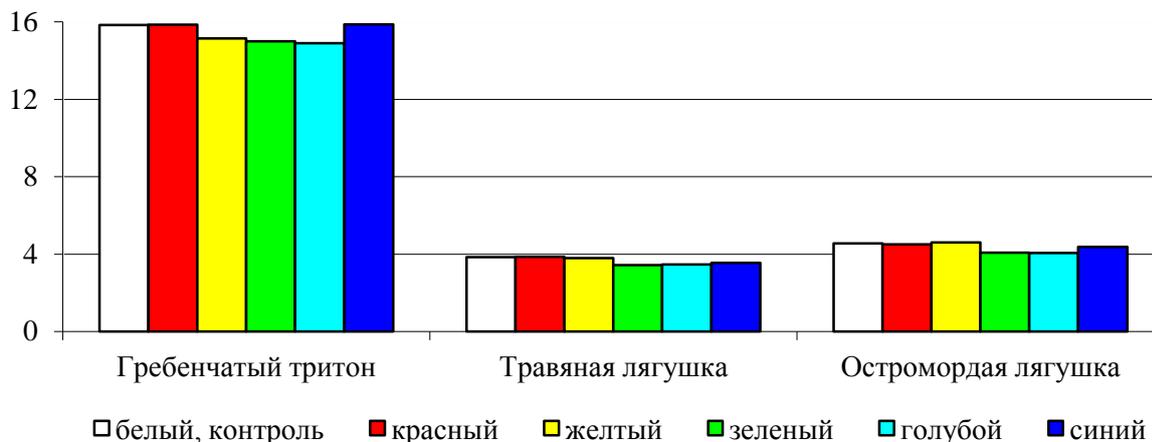


Рисунок 1. Продолжительность раннего развития земноводных до появления предличинок при различном цвете освещения (в сутках от оплодотворения).

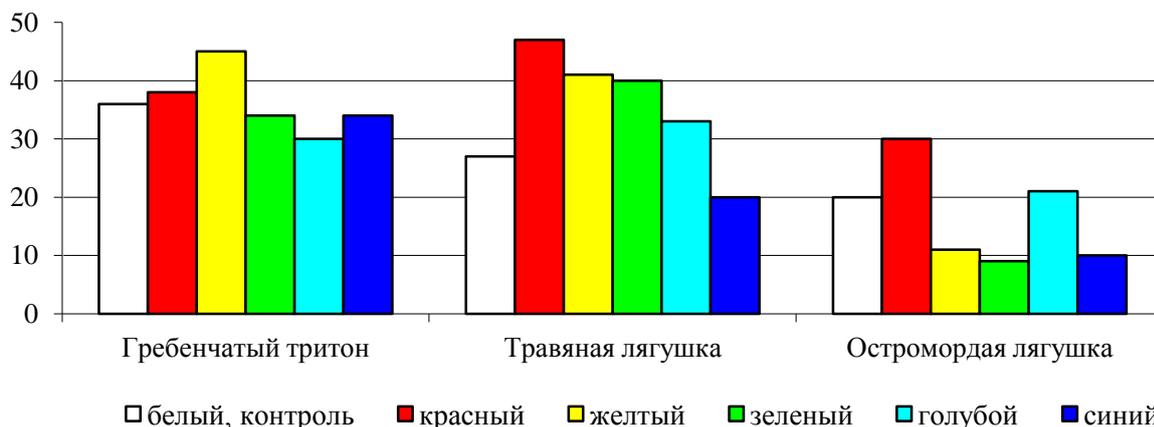


Рисунок 2. Смертность (%) икры земноводных на эмбриональных стадиях при различном цвете освещения.

В отличие от гребенчатого тритона на продолжительность раннего развития травяной лягушки отдельные монохроматические зоны спектра не оказали достоверного влияния (Рисунок 1). Некоторая тенденция к сокращению времени развития прослеживалась при зеленом, голубом и синем освещении. В отличие от продолжительности развития смертность эмбрионов и предличинок травяной лягушки достоверно увеличивалась при красном и желтом освещении. При этом в первом из указанных режимов длина личинок снижалась на 16,5% ($p < 0.01$). Зеленое освещение наиболее благоприятно повлияло на раннее развитие травяной лягушки. В данном режиме снижалась смертность и увеличивались длина личинок.

Как и в опытах на травяной лягушке, продолжительность раннего развития остромордой лягушки, мало отличалась в различных вариантах (Рисунок 1). Смертность на эмбриональных стадиях в опытах с остромордой лягушкой достоверно снижалась при зеленом и синем освещении. После вылупления значительный отход особей наблюдался только в контроле и при красном освещении. Достоверное увеличение ($p < 0.05$) длины личинок остромордой лягушки зарегистрировано при зеленом и голубом освещении, тогда как при красном освещении этот показатель достоверно снижался ($p < 0.01$).

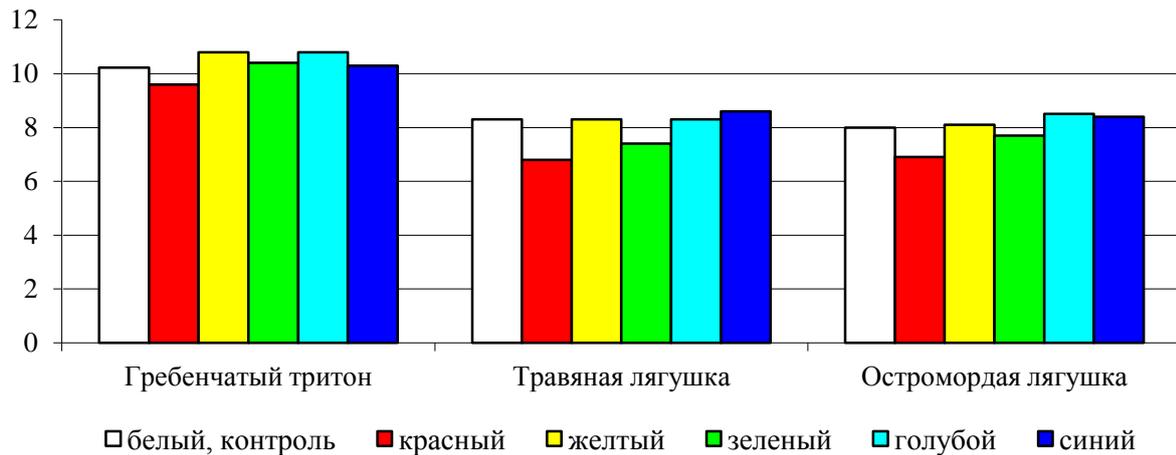


Рисунок 3. Длина тела (мм) выклюнувшихся личинок земноводных при различном цвете освещения.

Обсуждение

Изученные нами виды амфибий откладывают свою икру в верхние слои воды на глубину не более 15-20 см. С учетом того, что в это время вода в нерестовых водоемах прозрачная, лучи разной длины волны хорошо проникают в воду и должны сказываться на эмбриональном развитии видов. В связи с тем, что ультрафиолетовые лучи в таких условиях хорошо проникают в воду и воздействуют на икру земноводных, подобных исследований достаточно много [33–36] и практически нет сведений о воздействии видимой части спектра. Например, Терентьев [37] отмечал, что икра травяной лягушки при прочих равных условиях развивается в темноте с такой же скоростью, что и на свету. Сытина и Никольская [38] экспериментально доказали, что, несмотря на повышение температуры в центре кладки, быстрее развиваются и первыми выклеваются зародыши этого вида из более верхних освещенных слоев, несмотря на меньшую температуру во время их развития. В экспериментах Ankley et al. [39] интенсивный солнечный свет вызвал высокую смертность развивающихся зародышей.

Наши эксперименты показывают, что цвет освещения влияет на развитие икры земноводных. Однако его влияние на разные параметры развития и на разные виды отличается, а также зависит от длительности эмбрионального развития вида. Например, скорость прохождения отдельных этапов эмбриогенеза бесхвостых амфибий с коротким эмбриональным развитием (*R. temporaria* и *R. arvalis*) не зависела от цвета освещения. С другой стороны, икра тритонов, которая развивается в 4 раза дольше икры бесхвостых амфибий, при воздействии зеленого и голубого цвета освещения развивалась быстрее, чем контроле. Видимо, для проявления стимулирующего или негативного эффекта цвета освещения необходимо определенное время. Хорошие сведения получены нами при анализе выживаемости икры при различных световых воздействиях. Оказалось, что смертность эмбрионов и предличинок повышается при освещении длинноволновой частью спектра и снижается при зелено-синем освещении. К сожалению, сведений о воздействии спектра света на икру амфибий немного. Но наши сведения согласуются с полученными на некоторых видах рыб данными [32, 40, 41]. Развитие икры *Acipenser baerii*, *Dicentrarchus labrax*, *Gadus morhua* and *Scophthalmus maximus* улучшалось при воздействии зелено-синими лучами спектра.

Полученные данные коррелируют с результатами наших предыдущих экспериментов [4, 24], в которых было показано улучшение роста и развития личинок некоторых видов амфибий при сине-зеленом освещении. Таким образом, показатели раннего развития этих

видов так же, как и длительное личиночное развитие, зависели от цвета освещения. Частично полученные результаты согласуются с выводом Юнга [Jung, 1878, цит. по: 22] о негативном влиянии красного света на рост головастиков.

Заключение

Таким образом, влияние монохроматического освещения в видимой части спектра для разных видов специфично. Это также подтверждено экспериментами на четырех сходных по биологии видов *Anura* [42]. Авторы показали, что влияние интенсивности света на рост и развитие личинок зависит от вида. Мы показали, что цвет освещения не влияет на скорость эмбрионального развития видов с коротким периодом раннего развития, но воздействует на виды с длительным эмбриональным периодом. В то же время различные зоны спектра по-разному влияют на такие важные показатели развития, как выживаемость и размеры перешедших на активное питание личинок. Общим для трех видов земноводных является более благоприятное влияние зелено-голубого освещения на эти показатели.

Список литературы:

1. Константинов А. С., Вечканов В. С., Кузнецов В. А., Ручин А. Б. Астатичность абиотической среды как условие оптимизации роста и развития личинок травяной лягушки *Rana temporaria* L. // Доклады Академии наук. 2000. Т. 371. №4. С. 559-562.
2. Ручин А. Б. Влияние колебаний освещенности на рост молоди некоторых видов рыб и личинок травяной лягушки (*Rana temporaria*) // Зоологический журнал. 2000. Т. 79. №11. С. 1331-1336.
3. Ручин А. Б. Особенности роста и энергетики карпа (*Cyprinus carpio*) при различной освещенности // Зоологический журнал. 2001. Т. 80. №4. С. 433-437.
4. Ручин А. Б. Действие монохроматического освещения на рост и развитие личинок травяной лягушки *Rana temporaria* L. // Известия Российской академии наук, серия биологическая. 2003. №5. С. 582-585.
5. Ручин А. Б. Влияние света на лейкоцитарную формулу крови карпа *Cyprinus carpio* L. // Известия Российской академии наук, серия биологическая. 2006. Т. 45. № 6. С. 634-637.
6. Ручин А. Б. Влияние фотопериода на рост, физиологические и гематологические показатели молоди сибирского осетра *Acipenser baerii* // Известия Российской академии наук, серия биологическая. 2007. №6. С. 698-704.
7. Ручин А. Б. Зависимость интенсивности и суточного ритма питания молоди серебряного карася (*Carassius auratus* (L.)) при различном освещении в эксперименте // Биология внутренних вод. 2007. №2. С. 84-87.
8. Ручин А. Б. Влияние постоянной и переменной освещенности на рост, физиологические и гематологические показатели мальков сибирского осетра (*Acipenser baerii*) // Зоологический журнал. 2008. Т. 87. №8. С. 964-972.
9. Кузнецов В. А., Ручин А. Б. Влияние колебаний рН и освещенности на рост и развитие личинок озерной лягушки, *Rana ridibunda* // Зоологический журнал. 2001. Т. 80. №10. С. 1246-1251.
10. Ручин А. Б., Вечканов В. С., Кузнецов В. А. Рост и интенсивность питания молоди карпа *Cyprinus carpio* при различном постоянном и переменном монохроматическом освещении // Вопросы ихтиологии. 2002. Т. 42. №2. С. 236-241.
11. Ручин А. Б., Лобачев Е. А., Рыжов М. К. Влияние абиотических факторов среды на скорость роста ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 // Биология внутренних вод. 2004. №4. С. 79-83.

12. Ручин А. Б., Кузнецов В. А. Влияние колебаний рН и освещенности на рост молоди группы *Poecilia reticulata* // Биология внутренних вод. 2003. №3. С. 88-92.
13. Ruchin A. B., Vechkanov V. S., Kuznetsov V. A. Influence of photoperiod on growth and intensity of Feeding of fry of some fish species // Hydrobiological Journal. 2005. V. 41. №2. P. 103-109. DOI: 10.1615/HydrobJ.v41.i2.80.
14. Bambozzi A. C., Filho J. T., Thomaz L. A., Oshiro L. M. Y. Effect of the photoperiod on bullfrog (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) tadpoles development // Revista Brasileira de Zootecnia. 2004. V. 33 №1. P. 1-7. DOI: 10.1590/S1516-35982004000100001.
15. Delgado M. J., Gutiérrez P., Alonso-Bedate M. Melatonin and Photoperiod alter growth and larval development in *Xenopus laevis* tadpoles // Comparative Biochemistry Physiology, 1987. V. 86A. №3. P. 417-421.
16. Wright M. L., Jorey S. T., Blanchard L. S., Basso C. A. Effect of a light pulse during the dark on photoperiodic regulation of the rate of thyroxine-induced, spontaneous, and prolactin-inhibited metamorphosis in *Rana pipiens* tadpoles // Journal of Experimental Zoology. 1988. V. 247. P. 99-108. DOI: 10.1111/j.1440-169X.1988.00315.x.
17. Rose M. F., Rose S. R. Melatonin accelerates metamorphosis in *Xenopus laevis* // Journal of Pineal Research. 1998. V. 24. P. 90-95. DOI: 10.1111/j.1600-079X.1998.tb00372.x.
18. Laurila A., Pakkasmaa S., Merilä J. Influence of seasonal time constraints on growth and development of common frog tadpoles: a photoperiod experiment // Oikos. 2001. V. 95. P. 451-460. DOI: 10.1034/j.1600-0706.2001.950310.x.
19. Baker B. J., Richardson J. M. L. The effect of artificial light on male breeding-season behaviour in green frogs, *Rana clamitans melanota* // Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie. 2006. V. 84. P. 1528-1532.
20. Buchanan B. W. 2006. Observed and potential effects of artificial night lighting on anuran amphibians. Chapter 9. // Rich C. and T. Longcore (Eds). Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Island Press. P. 192-220.
21. Wise S. E., Buchanan B. W. Influence of artificial illumination on the nocturnal behavior and physiology of salamanders // Ecological consequences of artificial night lighting. 2006. P. 221-251.
22. Беркович Е. М. Влияние белого и монохроматического света на животный организм // Успехи современной биологии. 1954. Т. 36. №1 (4). С. 43-63.
23. Eichler V. B., Gray L. S. The influence of environmental lighting on the growth and prometamorphic development of larval *Rana pipiens* // Development, Growth & Differentiation. 1976. V. 18. P. 177-182.
24. Ручин А. Б. Влияние монохроматического освещения на рост и развитие личинок шпорцевой лягушки // Зоологический журнал. 2002. Т. 81. №6. С. 752-756.
25. Ручин А. Б. Влияние постоянной и переменной освещенности на личиночное развитие шпорцевой лягушки // Зоологический журнал. 2003. Т. 82. №7. С. 834-838.
26. Ручин А. Б. Изучение действия температуры и освещенности на рост и развитие личинок травяной лягушки (*Rana temporaria*) // Зоологический журнал. 2004. Т. 83. №12. С. 1463-1467.
27. Ручин А. Б., Рыжов М. К., Артаев О. Н., Лукиянов С. В. Амфибии и рептилии города: видовой состав, распределение, численность и биотопы (на примере г. Саранска) // Поволжский экологический журнал. 2005. №1. С. 47-59.
28. Ручин А. Б., Лукиянов С. В., Рыжов М. К., Чихляев И. В. Биология остромордой лягушки *Rana arvalis* в Мордовии. Сообщение 2. Размножение, активность и питание // Биологические науки Казахстана. 2008. №2. С. 24-33.

29. Ручин А. Б. Экология земноводных и пресмыкающихся Мордовии. Сообщение 2. Травяная лягушка, *Rana temporaria* Linnaeus, 1758 // Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П. Г. Смидовича. 2015. №14. С. 344-358.
30. Ruchin A. B. The effects of illumination on the early development of amphibians (Amphibia: Anura and Caudata) // Periódico Tchê Química. 2018. V. 15. №30. P. 152-159.
31. Ruchin A. B. Influence of colored light on growth rate of juveniles of fish // Fish Physiology and Biochemistry. 2004. V. 30. № 2. P. 175-178. DOI 10.1007/s10695-005-1263-4
32. Ruchin A. B. Effect of light on the development of the hard roe of *Acipenser baerii* Brandt, 1869 // Indian Journal of Science and Technology. 2016. V. 9. №29. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i29/89110.
33. Anzalone C. R., Kats L. B., Gordon M. S. Effects of solar UV-B radiation on embryonic development in *Hyla cadaverina*, *Hyla regilla*, and *Taricha torosa* // Conservation Biology. 1998. V. 12. P. 646-653.
34. Cummins C. P., Greenslade P. D., McLeod A. R. A test of the effect of supplemental UV-B radiation on the common frog, *Rana temporaria* L., during embryonic development // Global Change Biology. 1999. V. 5. P. 471-479.
35. Langhelle A., Lindell M. J., Nystrom P. Effects of ultraviolet radiation on amphibian embryonic and larval development // Journal of Herpetology. 1999. V. 33. P. 449-456.
36. Blaustein A. R., Belden L. K. 2003. Amphibian defenses against ultraviolet-B radiation // Evolution and Development. V. 5. P. 89-97.
37. Терентьев П. В. Лягушка. М.: Сов. наука, 1950. 346 с.
38. Сытина Л. А., Никольская Н. Г. Индивидуальная изменчивость скорости развития зародышей травяной лягушки *Rana temporaria* L. в природе и эксперименте // Эколого-морфологические исследования раннего онтогенеза позвоночных. М.: Наука, 1984. С. 70-96.
39. Ankley G. T., Tietge J. E., Holcombe G. W., DeFoe D. L., Diamond S. A., Jensen K. M., Degitz S. J. Effects of laboratory ultraviolet radiation and natural sunlight on survival and development of *Rana pipiens* // Canadian Journal of Zoology. 2000. V. 78. №6. P. 1092-1100. DOI: 10.1139/z00-040.
40. Villamizar N., Blanco-Vives B., Migaud H., Davie A., Carboni S., Sánchez-Vázquez F. J. Effects of light during early larval development of some aquacultured teleosts: a review // Aquaculture. 2011. V. 315. P. 86–94. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2010.10.036.
41. Sierra-Flores R., Davie A., Grant B., Carboni S., Atack T., Migaud H. Effects of light spectrum and tank background colour on Atlantic cod (*Gadus morhua*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae performances // Aquaculture. 2016. V. 450. P. 6-13. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.06.041.
42. Ding G. H., Lin Z. H., Zhao L. H., Fan X. L., Wei L. Effects of light intensity on activity in four sympatric anuran tadpoles // Zoological Research. 2014. V. 35. №4. P. 332-337. DOI: 10.13918/j.issn.2095-8137.2014.4.332.

References:

1. Konstantinov, A. S., Vechkanov, V. S., Kuznetsov, V. A., & Ruchin, A. B. (2000). Variations in the abiotic environment as a prerequisite for optimal *Rana temporaria* L. larval development. *Doklady Akademii nauk*, 371(4), 559-562.
2. Ruchin, A. B. (2000). The effect of light oscillations on the growth of fish juveniles and the brown frog (*Rana temporaria*). *Zoologicheskii Zhurnal*, 79(11), 1331-1336.
3. Ruchin, A. B. (2001). Some specific features of growth and energetic in young carp (*Cyprinus carpio*) under various illumination. *Zoologicheskii Zhurnal*, 80(4), 433-437.

4. Ruchin, A. B. (2003). Effect of monochromatic light on the growth and development of brown frog (*Rana temporaria* L.) larvae. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk, seriya biologicheskaya*, 30(5), 482-484.
5. Ruchin, A. B. (2006). Effect of light on white blood cell count in carp *Cyprinus carpio* L. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk, seriya biologicheskaya*, 33(5), 517-520, doi:10.1134/S1062359006050153.
6. Ruchin, A. B. (2007). Effect of photoperiod on growth, physiological and hematological indices of juvenile Siberian Sturgeon *Acipenser baerii*. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk, seriya biologicheskaya*, 34(6), 583-589.
7. Ruchin, A. B. (2007). Dependence of intensity and daily rhythms of feeding of young silver crucian (*Carassius auratus* (L.)) at various illumination in experiment. *Inland Water Biology*, (2), 84-87.
8. Ruchin, A. B. (2008). The effects of permanent and variable illumination on the growth, physiological and hematological parameters of the Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) juveniles. *Zoologicheskii Zhurnal*, 87(8), 964-972.
9. Kuznetsov, V. A., & Ruchin, A. B. (2001). Effect of pH and illumination oscillations on growth rate and development of *Rana ridibunda* larvae. *Zoologicheskii Zhurnal*, 80(10), 1246-1251.
10. Ruchin, A. B., Vechkanov, V. S., & Kuznetsov, V. A. (2002). Growth and feeding intensity of young carp *Cyprinus carpio* under different constant and variable monochromatic illuminations. *Voprosy ikhtiologii*, 42(2). 236-241.
11. Ruchin, A. B., Lobachev E. A., & Ryzhov M. K. (2004). Influence of abiotic factors of the environment on growth rate *Perccottus glenii* Dybowski, 1877. *Inland Water Biology*, (4), 79-83.
12. Ruchin, A. B., & Kuznetsov, V. A. (2003). Effects of oscillations temperature and illumination on growth *Poecilia reticulata*. *Inland Water Biology*, (3), 88-92.
13. Ruchin, A. B., Vechkanov, V. S., & Kuznetsov, V. A. (2005). Influence of photoperiod on growth and intensity of Feeding of fry of some fish species. *Hydrobiological Journal*, 41(2), 103-109. doi:10.1615/HydrobJ.v41.i2.80.
14. Bambozzi, A. C., Filho, J. T., Thomaz, L. A., & Oshiro, L. M. Y. (2004). Effect of the photoperiod on bullfrog (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) tadpoles development. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(1), 1-7. doi:10.1590/S1516-35982004000100001.
15. Delgado, M. J., Gutiérrez, P., & Alonso-Bedate, M. (1987). Melatonin and photoperiod alter growth and larval development in *Xenopus laevis* tadpoles. *Comparative Biochemistry Physiology*, 86A(3), 417-421.
16. Wright, M. L., Jorey, S. T., Blanchard, L. S., & Basso, C. A. (1988). Effect of a light pulse during the dark on photoperiodic regulation of the rate of thyroxine-induced, spontaneous, and prolactin-inhibited metamorphosis in *Rana pipiens* tadpoles. *Journal of Experimental Zoology*, 247, 99-108. doi:10.1111/j.1440-169X.1988.00315.x.
17. Rose, M. F., & Rose, S. R. (1998). Melatonin accelerates metamorphosis in *Xenopus laevis*. *Journal of Pineal Research*, 24, 90-95. doi:10.1111/j.1600-079X.1998.tb00372.x.
18. Laurila, A., Pakkasmaa, S., & Merilä J. (2001). Influence of seasonal time constraints on growth and development of common frog tadpoles: a photoperiod experiment. *Oikos*, 95, 451-460. doi:10.1034/j.1600-0706.2001.950310.x.
19. Baker, B. J., & Richardson, J. M. L. (2006). The effect of artificial light on male breeding-season behaviour in green frogs, *Rana clamitans melanota*. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie*, 84, 528-1532.
20. Buchanan, B. W. (2006). Observed and potential effects of artificial night lighting on anuran amphibians. Chapter 9. Rich, C. and T. Longcore (Eds). *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Island Press; 192-220.

21. Wise, S. E., & Buchanan, B. W. (2006). Influence of artificial illumination on the nocturnal behavior and physiology of salamanders. *Ecological consequences of artificial night lighting*, 221-251.
22. Berkovich, E. M. (1954). Influence of white and monochromatic light on animal organisms. *Biology Bulletin Reviews*, 36(1), 43-63.
23. Eichler, V. B., & Gray, L. S. (1976). The influence of environmental lighting on the growth and prometamorphic development of larval *Rana pipiens*. *Development, Growth & Differentiation*, 18, 177-182.
24. Ruchin, A. B. (2002). Effects of monochromatic light on growth and development of the clawed frog *Xenopus laevis* larvae. *Zoologicheskii Zhurnal*, 81(6), 752-756.
25. Ruchin, A. B. (2003). Effects of permanent and variable illumination on development of the clawed frog *Xenopus laevis* larvae. *Zoologicheskii Zhurnal*, 82(7), 834-838.
26. Ruchin, A. B. (2004). Effects of temperature and illumination on growth and development of brown frog larvae (*Rana temporaria*). *Zoologicheskii Zhurnal*, 83(12), 1463-1467.
27. Ruchin, A. B., Ryzhov, M. K., Lukyanov, S. V., & Artaev, O. N. (2005). Urban amphibians and reptiles: their specific structure, distribution, number, and biotopes (with an example of Saransk City). *Povolzhskiy Journal of Ecology*, (1), 47-59.
28. Ruchin, A. B., Lukyanov, S. V., Ryzhov, M. K., & Chikhlyayev, I. (2008). Biology of *Rana arvalis* in Mordovia. Information 2. Reproduction, activity and food. *Biologicheskie nauki Kazakhstana*, (2), 24-33.
29. Ruchin, A. B. (2015). Ecology of amphibians and reptiles of Mordovia. Information 2. *Rana temporaria* Linnaeus, 1758. *Proceedings of the Mordovia State Nature Reserve*, (14), 344-358.
30. Ruchin, A. B. (2018). The effects of illumination on the early development of amphibians (Amphibia: Anura and Caudata). *Periódico Tchê Química*, 15(30). 152-159.
31. Ruchin, A. B. (2004). Influence of colored light on growth rate of juveniles of fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 30(2), 175-178. doi:10.1007/s10695-005-1263-4.
32. Ruchin, A. B. (2016). Effect of light on the development of the hard roe of *Acipenser baerii* Brandt, 1869. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(29), doi:10.17485/ijst/2016/v9i29/89110.
33. Anzalone, C. R., Kats, L. B., & Gordon, M. S. (1998). Effects of solar UV-B radiation on embryonic development in *Hyla cadaverina*, *Hyla regilla*, and *Taricha torosa*. *Conservation Biology*, 12, 646-653.
34. Cummins, C. P., Greenslade, P. D., & McLeod, A. R. (1999). A test of the effect of supplemental UV-B radiation on the common frog, *Rana temporaria* L., during embryonic development. *Global Change Biology*, 5, 471-479.
35. Langhelle, A., Lindell, M. J., & Nystrom, P. (1999). Effects of ultraviolet radiation on amphibian embryonic and larval development. *Journal of Herpetology*, 33, 449-456.
36. Blaustein, A. R., & Belden, L. K. (2003). Amphibian defenses against ultraviolet-B radiation. *Evolution and Development*, 5, 89-97.
37. Terentiev, P. V. (1950). Lyagushka [Frog]. Moscow, Sovremennaya nauka.
38. Sytina, L. A. & Nikolskaya, N. G. (1984). Individual variability of embryos development rate of common frog *Rana temporaria* L. in nature and experiment. *Ecological and morphological studies of early ontogenesis of vertebrates. Moscow, Nauka*, 70-96.
39. Ankley, G. T., Tietge, J. E., Holcombe, G. W., DeFoe, D. L., Diamond, S. A., Jensen, K. M., & Degitz, S. J. (2000). Effects of laboratory ultraviolet radiation and natural sunlight on survival and development of *Rana pipiens*. *Canadian Journal of Zoology*, 78(6), 1092-1100. doi:10.1139/z00-040.

40. Villamizar, N., Blanco-Vives, B., Migaud, H., Davie, A., Carboni, S., & Sánchez-Vázquez, F.J. (2011). Effects of light during early larval development of some aquacultured teleosts: a review. *Aquaculture*, 315, 86-94. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.10.036.

41. Sierra-Flores, R., Davie, A., Grant, B., Carboni, S., Atack, T. & Migaud, H. (2016). Effects of light spectrum and tank background colour on Atlantic cod (*Gadus morhua*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae performances. *Aquaculture*, 450, 6-13. doi:10.1016/j.aquaculture.2015.06.041.

42. Ding, G. H., Lin, Z. H., Zhao, L. H., Fan, X. L., & Wei, L. (2014). Effects of light intensity on activity in four sympatric anuran tadpoles. *Zoological Research*, 35(4). 332-337. doi:10.13918/j.issn.2095-8137.2014.4.332.

*Работа поступила
в редакцию 22.07.2018 г.*

*Принята к публикации
26.07.2018 г.*

Ссылка для цитирования:

Ручин А. Б. Влияние монохроматического освещения на раннее развитие земноводных в эксперименте // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №8. С. 18-27. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/ruchin> (дата обращения 15.08.2018).

Cite as (APA):

Ruchin, A. (2018). Effect of monochromatic light on early development of Amphibians in experiments. *Bulletin of Science and Practice*, 4(8), 18-27.