

УДК 576.895

**СВЕТ И ТЕМПЕРАТУРА — ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ
В ОПРЕДЕЛЕНИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ЭМИССИИ
ЦЕРКАРИЙ *HIMASTHLA ELONGATA*
(TREMATODA, DIGENEA, HIMASTHLIDAE)**

© В. В. Прокофьев,¹ И. А. Левакин,² К. Е. Николаев,²
К. В. Галактионов^{2, 3*}

¹ Псковский государственный педагогический университет им. С. М. Кирова
пл. Ленина, 2, Псков, 2180760

² Зоологический институт РАН

Университетская наб., 1, С.-Петербург, 199034

* E-mail: kirill.galaktionov@zin.ru; kirill.galaktionov@gmail.com

³ Санкт-Петербургский государственный университет

Университетская наб., 7/9, С.-Петербург, 199034

Поступила 07.07.2017

Экспериментально изучено совместное влияние дробного диапазона температур и трех градаций освещенности на эмиссию церкарий *Himasthla elongata* из литоральных моллюсков *Littorina littorea* Белого моря. Выяснено, что температурный оптимум эмиссии церкарий лежит в пределах 18—20 °С (18 °С < t_{opt} < 20 °С). Это перекрывает средний диапазон температур воды в литоральной зоне в районе исследования. Свет стимулирует эмиссию церкарий при температуре воды выше 14 °С, но при 20 и 22 °С (крайнее из тестированных значений температуры) интенсивность выхода церкарий при высокой освещенности ниже, чем при более низкой. Полученные данные обсуждаются в свете возможного влияния на трансмиссию дигеней потепления климата.

Ключевые слова: трематоды, дигеней, церкарии, эмиссия церкарий, температура, освещенность, морская литораль, климатические изменения, трансмиссия трематод.

Эмиссия церкарий из моллюсков-хозяев — процесс, как правило, ритмический. У большинства исследованных к настоящему времени видов дигеней массовый выход церкарий приурочен к определенному времени суток и ритм эмиссии циркадный (Combes, Théron, 1977). Регулируется эта ритмика, главным образом, двумя абиотическими факторами — температурой и освещенностью (см. обзоры: Гинецинская, 1968; Smyth, Halton, 1983; Combes et al., 1994; Théron, 2015). Оба они могут служить как триггерами или, наоборот, ингибиторами эмиссии, так и влиять на суммарную суточную продукцию церкарий зараженным моллюском (число личинок, эмитированных в течение суток). Разграничить влияние этих факторов

при натуральных наблюдениях сложно, поскольку в естественной обстановке они, как правило, скоррелированы (Прокофьев, 1990, 1996; Prokofiev et al., 2016). Поэтому при экспериментальном исследовании эмиссии церкарий либо задают свето-температурный режим, отличный от естественного, либо варьируют одним из факторов (температурой или освещенностью) при константном значении другого (Атаев, 1991; Craig, 1975; Théron, 1975; Evans, 1985; Lewis et al., 1989; Fried et al., 2002). Таким образом, удастся дифференцировать влияние на процесс эмиссии температуры и освещенности.

Однако представляет интерес оценить синергический эффект воздействия этих факторов, что в большей степени отражает природную ситуацию. Исследования комплексного влияния абиотических факторов на различные стороны биологии церкарий интенсифицировались в последние годы (Mouritsen, 2002; Studer et al., 2012; Studer, Poulin, 2013; Harland et al., 2015). При этом оказалось, что значение фактора 1, благоприятствующее эмиссии при каком-то значении фактора 2, при другом значении фактора 2 может проявляться слабее или даже оказывать противоположенное воздействие. Такой эффект обнаружен в серии поставленных нами экспериментов по оценке триггерного воздействия света и температуры на выход церкарий ряда видов трематод из морских литоральных моллюсков (Прокофьев и др., в печати). При одной и той же температуре свет оказывал различное влияние на эмиссию церкарий — от стимулирующего до нейтрального и даже ингибирующего. Наши эксперименты (Прокофьев и др., в печати) выполнены при трех значениях температуры (10, 20 и 25 °С) в темноте и на свету (8000 лк), а экспозиция моллюсков при экспериментальном воздействии была кратковременной (2 ч). Какое влияние на продукцию церкарий оказывает взаимодействие этих факторов при их дробной градации оставалось невыясненным. Настоящая работа призвана в определенной степени заполнить этот пробел.

Объектом исследования послужил вид *Himasthla elongata* (Mehlis, 1831) Dietz, 1909, циркулирующий в прибрежье Белого моря. Партеногенетические поколения этих трематод паразитируют в литоральных моллюсках рода *Littorina* Férussac. Роль второго промежуточного хозяина играют мидии *Mytilus edulis* Linnaeus, а окончательного — чайки разных видов (Werding, 1969). Ранее нами установлено, что эмиссия церкарий *H. elongata* регулируется и светом, и температурой (Prokofiev et al., 2016). Целью настоящего исследования стало выяснение синергического влияния этих факторов на суточную продукцию церкарий при дробном диапазоне температур и разной освещенности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Моллюски *Littorina littorea* (Linnaeus) собраны в литоральной лагуне на мысе Красный (губа Чупа, Кандалакшский залив Белого моря) в июле 2016 г. Для выявления зараженных группировками редий *H. elongata* особей, моллюсков сразу после сбора рассаживали поодиночке в сосуды с морской водой, которые помещали под лампу накаливания при средней освещенности 20 000—30 000 лк или на открытой для солнца площадке. Через 0.5—1 ч чашки просматривали под стереомикроскопом МСП-1 и от-

бирали литторин, выделивших церкарий. При идентификации церкарий *H. elongata* использовали описание, приведенное в работе Вердинг (Werdning, 1969). Инвазированных *H. elongata* моллюсков отсаживали в отдельный сосуд и использовали в дальнейшей работе.

Перед постановкой эксперимента зараженных особей *L. littorea* содержали в течение суток в сменяемой морской воде естественной солености (23 ‰) с кормом (фрагменты талломов ламинарий *Saccharina latissima* (Linnaeus)) при температуре 16 °С и постоянной освещенности (2500 лк). Такая температура обычна для литоральной зоны Белого моря в июне—июле, а световой режим примерно соответствует освещенности в пасмурный день (см. ниже). Эксперименты проводили в программируемом воздушном термостате ТВЛ-К (ЗАО Инсовет) с возможностью регулировки температуры от –10 °С до +60 °С. В термостатах устанавливали светодиодные осветители, позволявшие регулировать интенсивность освещенности от 0 до 3000 лк. Контроль за значениями температуры воды и освещенности проводили при помощи дата-логгера НОВО UA-002-08 Pendant Temp/Light.

Эмиссию церкарий исследовали при трех режимах освещенности (0, 1300 и 2500 лк) и восьми разных температурах (8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 и 22 °С), начиная с самой низкой (8 °С). Перед началом опыта моллюсков акклиматизировали в течение 12 ч при освещенности 2500 лк в сменяемой морской воде выбранной температуры в присутствии корма. Относительно небольшое время акклиматизации выбрано потому, что литоральные моллюски в ней практически не нуждаются (Vladimirova, 2000). Связано это с тем, что в ходе приливного цикла они постоянно подвергаются внезапным и частым изменениям температуры, и это не сказывается на их физиологическом состоянии, тестируемом по респираторной активности (Vladimirova, 2000). Затем в течение 6 ч определяли количество церкарий, эмитированных при температуре акклиматизации. Моллюсков при этом содержали индивидуально в емкостях (100 мл) с морской водой выбранной температуры, каждые 2 ч перенося в новые емкости и определяя количество церкарий в емкостях, из которых были извлечены моллюски.

Моллюсков разделили на 3 равные группы по 8 особей (всего 24 моллюска, на раковины моллюсков были нанесены индивидуальные метки). В течение первых двух часов первую группу содержали в темноте (0 лк), вторую содержали при 1300 лк, а третью — при 2500 лк. В течение следующих двух часов первую группу содержали при 2500 лк, вторую в темноте (0 лк), а третью — при 1300 лк. В течение последних двух часов первую группу содержали при 1300 лк, вторую при 2500 лк, а третью в темноте (0 лк). После окончания шестичасового определения количества церкарий, выходящих из зараженных моллюсков при выбранной температуре, моллюсков содержали 12 ч при освещенности 2500 лк в емкости с кормом в сменяемой морской воде с температурой на 2 °С выше использовавшейся. Затем опыт повторяли по вышеописанной схеме, но уже при новой температуре.

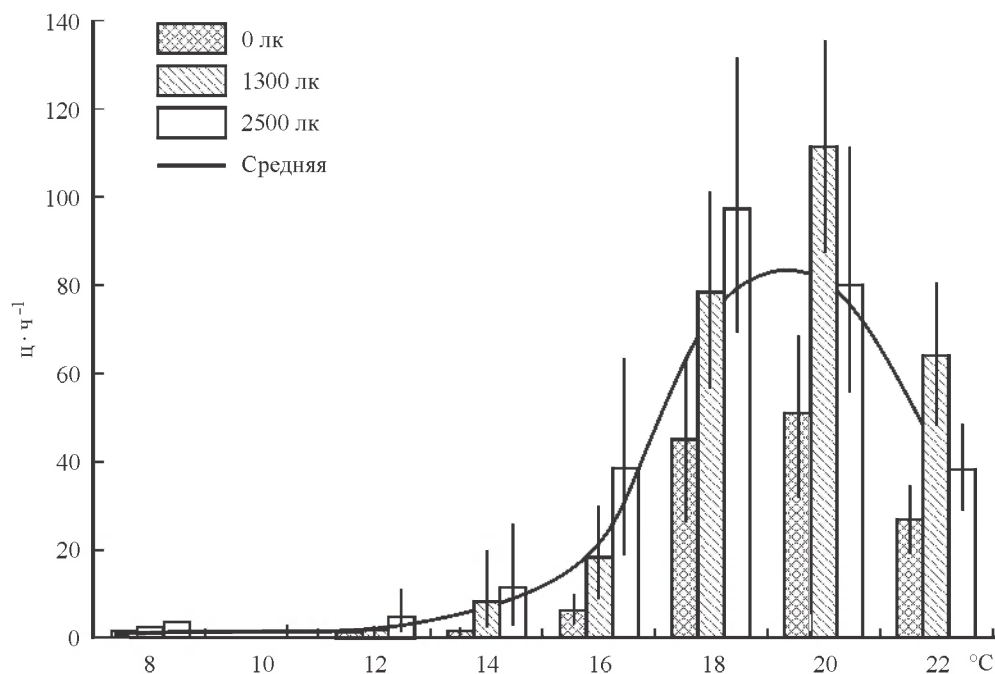
При обработке результатов экспериментов рассчитывали среднее число церкарий, выделенных за 1 ч ($\text{ц} \cdot \text{ч}^{-1}$) группой подопытных моллюсков при данных условиях температуры и освещенности. Поскольку выборочные распределения далеки от нормального и их адекватная нормализация невозможна (выборочные коэффициенты асимметрии отличались более чем на порядок), для обработки данных использовали непараметрические ме-

тоды. Средние значения эмиссии церкарий и границы их доверительных интервалов (приведены в скобках после среднего значения) вычисляли, используя бутстрап $N = 100\,000$ (Efron, 1979). Оценку значимости различий выборки проводили при помощи медианного теста.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выход церкарий *H. elongata* из моллюсков *L. littorea* при температурах 8, 10 и 12 °С не отличался, составляя в среднем 1.8 (1.2—2.8) ц · ч⁻¹ и варьируя от 0 до 63 ц · ч⁻¹. При 14 °С выход церкарий возрастал ($P < 0.05$) до 7.1 (3—13.3) ц · ч⁻¹, варьируя от 0 до 136 ц · ч⁻¹. При 16 °С выход церкарий повышался до 21.4 (13.2—31.4) ц · ч⁻¹, варьируя от 0 до 183 ц · ч⁻¹. При 18 и 20 °С выход церкарий повышался ($P < 0.01$) до максимальных значений 77.6 (67.6—88.3) ц · ч⁻¹, варьируя от 0 до 323 ц · ч⁻¹. Интенсивность эмиссии церкарий при 18 °С и при 20 °С достоверно не отличалась. При повышении температуры до 22 °С выход церкарий снижался ($P < 0.01$) до 43.1 (36.1—51) ц · ч⁻¹, варьируя от 2 до 174 ц · ч⁻¹.

Освещение достоверно ($P < 0.05$) увеличивало выход церкарий *H. elongata* при температурах выше 14 °С (см. рисунок). Влияние интенсивности



Зависимость интенсивности выхода церкарий *Himasthla elongata* (ц · ч⁻¹) из зараженных моллюсков *Littorina littorea* от температуры воды при разной освещенности. По оси абсцисс — температура воды, по оси ординат — значения интенсивности выхода церкарий (ц · ч⁻¹); столбцы на диаграмме: точечная штриховка — 0 лк, косая штриховка — 1300 лк, без штриховки — 2300 лк; толстая линия — средняя интенсивность эмиссии церкарий.

Dependence of intensity of cercaria *Himasthla elongata* emergence (cercariae · h⁻¹) from infected periwinkles *Littorina littorea* on the water temperature under different illumination.

освещения зависело от температуры: при 16 и 18 °С наблюдалась тенденция к увеличению выхода церкарий *H. elongata* при более высокой интенсивности освещения, в то же время при 20 °С наблюдалась тенденция к снижению выхода церкарий *H. elongata* при высокой интенсивности освещения (2500 лк) по сравнению с более низкой (1300 лк). При 22 °С выход церкарий при высокой интенсивности освещения был достоверно ($P < 0.01$) ниже, чем при более низкой.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований показали, что влияние света на эмиссию церкарий различается в разном температурном диапазоне. Температурный оптимум эмиссии церкарий *H. elongata* при использованных в наших экспериментах значениях освещенности лежит в пределах 18—20 °С ($18\text{ °С} < t_{\text{опт}} < 20\text{ °С}$), что перекрывает средний диапазон температур в литоральной зоне губы Чупа в самый теплый сезон (июль—август) — 16—19 °С (наши данные, основанные на показаниях дата-логгеров за 2012—2016 гг.). Именно в это время создаются наиболее благоприятные условия для эмиссии церкарий. Следует отметить, что и в июле—августе температура воды на литорали Белого моря часто на несколько дней опускается существенно ниже, до 10—14 °С. При таких температурах стимулирующее влияние света на эмиссию церкарий малозначимо. В то же время при более сильном прогреве воды до 21—25 °С, что так же не редок в летние дни (особенно в остающихся во время отлива литоральных ваннах и лужах) и выходит в супраоптимальный температурный диапазон, свет стимулирует эмиссию в значительно меньшей степени, чем в интервале 16—20 °С. Судя по полученным нами данным, при освещенности 2500 лк интенсивность эмиссии церкарий при супраоптимальной температуре 22 °С соответствует таковой при субоптимальной в 16 °С (см. рисунок). Следует учитывать, что использованные нами в экспериментах значения освещенности в 1300 и 2500 лк не слишком велики и примерно соответствуют освещенности в пасмурный день (Schlyter, 2006). В солнечный же день освещенность может достигать 110 000—130 000 лк (Schlyter, 2006), что, очевидно, еще в большей степени ослабит ее стимулирующий эффект на эмиссию церкарий.

Исходя из вышесказанного, несколько по-иному представляется возможное влияние потепления климата на процесс трансмиссии трематод. По крайней мере у исследованного нами вида *H. elongata*, обладающего узким диапазоном оптимальных для эмиссии церкарий температур, повышение температуры воды летом и переход ее значения в супраоптимальную область приведет не к повышению, как предполагалось ранее (Marcogliese, 2001; Galaktionov et al., 2006; Poulin, 2006), а наоборот, к некоторому ее угнетению. Сходные результаты получены для близкородственного вида *Himasthla quissetensis* (Miller et Northup, 1926) Stunkard, 1938, циркулирующего в бухте Аркашон (Arcachon Bay) на юго-западном Атлантическом побережье Франции (de Montaudouin et al., 2016a). Максимальных значений эмиссия церкарий этого вида из моллюсков *Nassarius reticulatus* (Linnaeus) достигала при 20 °С и значимо понижалась уже при

22 °С. Математическая модель, предложенная де Монтодуэном и др. (de Montaudouin et al., 2015b) на основе полученных ими материалов предсказывает, что увеличение температуры в диапазоне +0.5—+6 °С (такой диапазон дают разные сценарии потепления климата в текущем столетии (IPCC, 2013)) не приведет к заметному увеличению поступления церкарий *H. quissetensis* в исследованную ими экосистему бухты Аркашон, поскольку в самое теплое время года температура воды будет выше оптимальной для эмиссии церкарий. Это приведет к ее угнетению, которое не сможет компенсировать пролонгация «окна трансмиссии», т. е. теплого сезона, на протяжении которого возможна эмиссия церкарий и заражение ими вторых промежуточных хозяев — бивальвий (de Montaudouin et al., 2016b).

В модели де Монтодуэна и др. (de Montaudouin et al., 2015b) влияние освещенности не учтено, поскольку выделение церкарий *H. quissetensis* происходит в темное время суток. В случае *H. elongata*, как и для большинства других трематод, учет этого фактора в его взаимодействии с температурой, как показали приведенные в настоящей статье данные, необходим. Это значительно усложняет создание прогностической модели для трематод, эмиссия церкарий у которых происходит в светлое время суток. Следует принимать в расчет и высокую акклиматизационную способность трематод, что определяет широкое варьирование оптимального температурного диапазона для трансмиссии их личинок на разных широтах (Morley, Lewis, 2013, 2015). Так, оптимальная температура для эмиссии церкарий *H. quissetensis* на Атлантическом побережье Франции, как указывалось выше, составляет 20 °С, а в теплых прибрежных водах Южной Калифорнии — 25 °С (Craig, 1975). При этом значения дневной продукции церкарий в этих двух географических регионах сопоставимы (de Montaudouin et al., 2016a). Можно ожидать, что при градуальном повышении температуры вследствие глобальных климатических изменений произойдет сдвиг температурного оптимума эмиссии церкарий в область бывших супраоптимальных температур. В таком случае никаких существенных изменений в продукции церкарий трематод прибрежного комплекса в морях высоких широт, включая Белое море, не произойдет.

В заключение отметим, что имеющихся на сегодняшний день материалов недостаточно, чтобы представить объективный прогноз возможных последствий глобальных климатических изменений на трансмиссию трематод в прибрежье морей Субарктики и Арктики (Galaktionov, 2017). Помимо рассмотренных в настоящей статье температуры и освещенности, влияют и другие связанные с климатом факторы (понижение солености и рН воды, эрозия побережья, уменьшение площади ледового покрова и последствия этого процесса, повышенная гидродинамика и др.). Их синергический эффект на процессы трансмиссии трематод морского прибрежного комплекса, включая эмиссию церкарий, еще предстоит изучить.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-04-00753) и программы РАН «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации».

Список литературы

- Атаев Г. Л. 1991. Влияние температуры на развитие и биологию редий и церкарий *Philophthalmus rhionica* (Trematoda). Паразитология. 25 (4): 349—359.
- Гинецинская Т. А. 1968. Трематоды, их жизненные циклы, биология и эволюция. Л.: Наука. 410 с.
- Прокофьев В. В. 1990. Влияние факторов внешней среды на суточный ритм эмиссии церкарий некоторых видов литоральных трематод. В кн.: А. А. Добровольский, К. В. Галактионов, А. А. Стрелков (ред.). Морфология и экология паразитов морских животных. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. 85—92.
- Прокофьев В. В. 1996. Влияние температуры и освещенности воды на ритм суточной эмиссии церкарий *Podocotyle atomon* (Trematoda, Opencoealidae). Паразитология. 30 (1): 32—38.
- Прокофьев В. В., Левакин И. А., Галактионов К. В. Свет или температура? Что и как регулирует эмиссию церкарий трематод из моллюсков-хозяев. Журнал общей биологии (в печати).
- Combes C., Thèron A. 1977. Rythmes d'émergence des cercaires de Trématodes et leur intérêt dans l'infestation de l'homme et des animaux. Excerta Parasitologica en Memoria del Doctor Eduardo Caballero y Caballero. Universidad Nacional Autónoma México, Instituto de Biología Publicaciones Especiales. 4: 141—150.
- Combes C., Fournier A., Moné H., Thèron A. 1994. Behaviours in trematode cercariae that enhance parasite transmission: patterns and processes. Parasitology. 109: 3—13.
- Craig L. H. 1975. *Himasthla quissetensis* and *Lepocreadium setiferoides*: emergence patterns from their molluscan host, *Nassarius obsoletus*. Experimental Parasitology. 38: 56—63.
- de Montaudouin X., Blanchet H., Lavesque N., Desclaux-Marchand C., Bachelet G. 2016a. Cockle infection by *Himasthla quissetensis* — I. From cercariae emergence to metacercariae infection. Journal of Sea Research. 113: 99—107.
- de Montaudouin X., Blanchet H., Bazairi H., Nazik A., Desclaux-Marchand C., Bachelet G. 2016b. Cockle infection by *Himasthla quissetensis* — II. The theoretical effect of climate change. Journal of Sea Research. 113: 108—114.
- Efron B. 1979. Bootstrap methods: another look at the jackknife. The Annals of Statistics. 7 (1): 1—26.
- Evans N. A. 1985. The influence of environmental temperature upon transmission of the cercariae of *Echinostoma liei* (Digenea: Echinostomatidae). Parasitology. 90: 269—275.
- Fried B., La Terra R., Kim Y. 2002. Emergence of cercariae of *Echinostoma caproni* and *Schistosoma mansoni* from *Biomphalaria glabrata* under different laboratory conditions. Journal of Helminthology. 76: 369—371.
- Galaktionov K. V. 2017. Patterns and processes influencing helminth parasites of Arctic coastal communities during climate change. Journal of Helminthology. 91: 387—408.
- Galaktionov K. V., Irwin S. W. B., Prokofiev V. V., Saville D. H., Nikolaev K. E., Levakin I. A. 2006. Trematode transmission in coastal communities — temperature dependence and climate change perspectives. In: 11th International Congress of Parasitology (ICOPA XI). Proceedings of the 11th International Congress of Parasitology in Glasgow (Scotland, United Kingdom), August 6—11, 2006. Medimond International Proceedings. 85—90.
- Harland H., McLeod C. D., Poulin R. 2015. Non-linear effects of ocean acidification on the transmission of a marine intertidal parasite. Marine Ecology Progress Series. 536: 55—64.
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2013. Stocker T. F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P. M. (eds). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York. 1535 p.

- Lewis M. C., Welsford I. G., Uglem G. L. 1989. Cercarial emergence of *Proterometra macrostoma* and *P. edneyi* (Digenea: Azygiidae): contrasting responses to light: dark cycling. *Parasitology*. 99: 215—223.
- Marcogliese D. J. 2001. Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. *Canadian Journal of Zoology*. 79: 1331—1352.
- Morley N. J., Lewis J. W. 2013. Thermodynamics of cercarial development and emergence in trematodes. *Parasitology*. 140: 1211—1224.
- Morley N. J., Lewis J. W. 2015. Thermodynamics of trematode infectivity. *Parasitology*. 142: 585—597.
- Mouritsen K. N. 2002. The *Hydrobia ulvae*—*Maritrema subdolum* association: influence of temperature, salinity, light, water-pressure and secondary host exudates on cercarial emergence and longevity. *Journal of Helminthology*. 76: 341—347.
- Poulin R. 2006. Global warming and temperature-mediated increases in cercarial emergence in trematode parasites. *Parasitology*. 132: 143—151.
- Prokofiev V. V., Galaktionov K. V., Levakin I. A. 2016. Patterns of parasite transmission in polar seas: daily rhythms of cercarial emergence from intertidal snails. *Journal of Sea Research*. 113: 85—98.
- Schlyter P. 2006. Radiometry and photometry in astronomy FAQ. <http://stjarnhimlen.se/comp/radfaq.html#10>
- Smyth J. D., Halton D. W. 1983. *The Physiology of Trematodes*. 2nd edition. Cambridge: Cambridge University Press. 446 p.
- Studer A., Poulin R. 2013. Cercarial survival in an intertidal trematode: a multifactorial experiment with temperature, salinity and ultraviolet radiation. *Parasitology Research*. 112: 243—249.
- Studer A., Lamare M. D., Poulin R. 2012. Effects of ultraviolet radiation on the transmission process of an intertidal trematode parasite. *Parasitology*. 139: 537—546.
- Théron A. 1975. Chronobiologie des cercaires de *Ribeiroia marini* (Faust et Hoffmann, 1934) parasite de *Biomphalaria glabrata*: action de la photopériode sur le rythme d'émission. *Acta Tropica*. 32 (4): 309—316.
- Théron A. 2015. Chronobiology of trematode cercarial emergence: from data recovery to epidemiological, ecological and evolutionary implications. *Advances in Parasitology*. 88: 123—164.
- Vladimirova I. G. 2000. Relationship between respiration rate and temperature in Gastropods. *Biology Bulletin*. 27: 383—392.
- Werdning B. 1969. Morphologie, Entwicklung und Ökologie digener Trematoden-Larven der Strandschnecke *Littorina littorea*. *Marine Biology*. 3: 306—333.

LIGHT AND TEMPERATURE — INTERACTION OF FACTORS DETERMINING
THE INTENSITY OF EMERGENCE OF CERCARIAE OF *HIMASTHLA ELONGATA*
(DIGENEA, HIMASTHLIDAE)

V. V. Prokofiev, I. A. Levakin, K. E. Nikolaev, K. V. Galaktionov

Key words: trematodes, digenean, cercariae, cercariae emergency, temperature, light, marine intertidal, climate changes, trematode transmission.

SUMMARY

Joint impact of fractional temperature range and three values of light intensity on the emergence of cercariae of *Himasthla elongata* from intertidal molluscs *Littorina littorea* from the White Sea was studied experimentally. Temperature optimum of cercarial emergence was found to be in the range of 18—20 °C ($18\text{ °C} < t_{\text{opt}} < 20\text{ °C}$), which overlaps the average range of water temperatures at the intertidal in the study area. If the water temperature was higher than 14 °C, light stimulated cercarial emergence, but at 20 °C and at 22 °C

(the extreme temperature value tested) the intensity of cercarial emergence was lower when light intensity was higher. The obtained data are discussed in light of a possible influence of climate warming on the digenean transmission. We hypothesise that an increase in summer water temperature in northern seas and the transition of its values into the range supra-optimal for cercarial emergence from infected snails would not result in any noticeable intensification of trematode transmission.