

- Головина И.В., Бочко О.Ю. 2005. Влияние полихлорбифенилов на активность ферментов в тканях мидий *Mytilus galloprovincialis* // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С.45–48.
- Давыдова С.В., Черкашин С.А. 2007. Ихтиопланктон Восточного шельфа острова Сахалин и его использование как индикатора состояния среды // Вопросы ихтиологии. Т. 47, № 4. С. 494–505.
- Коваленко В.Ф. 2004. Влияние нефтепродуктов на газообмен у сеголеток карпа // Гидробиол. журнал. Т. 40, № 5. С. 65–70.
- Мензорова Н.И., Рассказов В.А. 2007. Использование различных тест-систем и биохимической индикации для мониторинга экологического состояния бухты Троицы (Японское море) // Биология моря. Т. 33, № 2. С. 144–149.
- Мионов О.Г., Миловидова Н.Ю., Щекатурина Т.Л. 1985. Некоторые особенности устойчивости черноморских мидий к углеводородному загрязнению // Экспериментальная водная токсикология. Вып. 10. Рига: Зинатне. С. 84–87.
- Михайлова Л.В. 2005. Регламентация нефти в донных отложениях (ДО) пресноводных водоемов // Современные проблемы водной токсикологии. Тез. докл. Междунар. конф Борок: ИБВВ РАН. С. 97–98.
- Немова Н.Н., Высоцкая Р.У. 2004. Биохимическая индикация состояния рыб. М.: Наука. 216 с.
- Павлов Д.С., Савваитова К.А., Соколов Л.И., Алексеев С.С. 1994. Редкие и исчезающие животные. Рыбы. М.: Высшая шк. 334 с.
- Патин С.А. 2001. Нефть и экология континентального шельфа. М.: Изд-во ВНИРО. 247 с.
- Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана. Т. 4. Влияние нефти и нефтепродуктов на морские организмы и их сообщества. 1985. / Под ред. О.Г. Мионова. Л.: Гидрометеиздат. 136 с.
- Яблоков А.Я., Остроумов С.А. 1985. Уровни охраны живой природы. Л.: Наука. 176 с.
- Aas E., Baussant T., Liewenborg B., Andersen O.K. 2000. PAH metabolites in bile, cytochrome P4501A and DNA adducts as environmental risk parameters for chronic oil exposure: a laboratory experimental with Atlantic cod // Aquat. Toxicol. Vol. 51, no. 2. P. 241–258.
- Teraoka H., Dong W., Tsujimoto Y., Iwasa H., Endoh D., Ueno N., Stegeman J.J., Peterson R.E., Hiraga T. 2003. Induction of cytochrome P-450 1A is regulated for circulation failure and edema by 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin in zebrafish // Biophys. Res. Commun. Vjl. 304, no. 2. P. 223–228.
- Willett K.L. 2000. Evidence for and against the presence of polynuclear aromatic hydrocarbon and 2,3,7,8-tetrachloro-p-dioxin binding hroteins in the marine mussels, *Bathymodiolus* and *Modiolus modiolus* // Aquat. Toxicol. Vol. 48. P. 51–64.
- Zwaan A., Eeterman R.H.M. 1996. Anoxic or aerial survival of Bivalves and other euryoxic Invertebrates as a useful response to environmental stress // Comp. Biochem. Physiol. Vol. 113 C, no. 2. P. 299–312.

СЕЗОННО-ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ТРАНСМИССИИ ПАРАЗИТОВ В ПРИБРЕЖЬЕ БЕЛОГО МОРЯ

К.В. Галактионов¹, К.Е. Николаев¹, В.В. Прокофьев², И.А. Левакин¹

¹ Учреждение Российской академии наук Зоологический институт РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия

² Псковский государственный педагогический университет, г. Псков
e-mail: kirill.galaktionov@gmail.com

Прибрежье Белого моря подвержено резким сезонным изменениям параметров среды (Бергер, 2008). Это сказывается на всех компонентах прибрежных экосистем, не исключая и паразитов, которые используют связанных с морским побережьем животных в качестве хозяев. На Белом море самые массовые паразиты – это трематоды, жизненные циклы которых проходят со сменой нескольких промежуточных и окончательного хозяев. Роль первого промежуточного хозяина всегда играют моллюски, второго – многие виды беспозвоночных и рыб, а окончательного – морские птицы, рыбы и млекопитающие.

На протяжении последних 10-ти лет на Беломорской биологической станции Зоологического института РАН (губа Чупа Кандалакшского залива Белого моря) исследуются сезонные и межгодовые изменения в зараженности трематодами популяций литоральных моллюсков (первых и вторых промежуточных хозяев) и экспериментально изучаются особенности биологии свободноживущих стадий этих паразитов – церкарий. Основное внимание уделяется моллюскам *Hydrobia* spp., *Littorina* spp., с которыми на Белом море связаны своими жизненными циклами более 20 видов трематод, использующих их в качестве первых промежуточных хозяев (Galaktionov, 2001). Наши ис-

следования показали, что паразитирующие в моллюсках фазы (партеногенетические поколения) формируют в своих хозяевах группировки (инфрапопуляции) двух типов – способные и неспособные к самообновлению. В первом случае речь идет о видах сем. Echinostomatidae, Notocotylidae, Heterophyidae и Hemiuridae, партениты которых представлены редиями, способными, наряду с производством церкарий, продуцировать и редий следующего поколения. Неспособные к самообновлению группировки партенит в нашем материале формируют виды сем. Renicolidae и Microphallidae, дочерние спороцисты которых могут производить только церкарий.

В самообновляющихся инфрапопуляциях редий летом преобладают разновозрастные особи, как молодые, так и содержащие развивающихся и зрелых церкарий. В зимне-весенний период преимущественно встречаются группировки с молодыми редиями, в некоторых из этих группировок обнаруживаются старые, погибающие или уже погибшие особи. Церкарии, как зрелые, так и развивающиеся, в зимних группировках немногочисленны, что особенно характерно для беломорских видов нотокотилид, гетерофиид и эхиностоматид. У видов трематод, группировки дочерних спороцист которых неспособны к самовоспроизведению, летом чаще всего встречаются зрелые инфрапопуляции, значительное число спороцист в которых производят церкарий. Процент группировок, состоящих целиком из молодых дочерних спороцист невелик, но существенно возрастает в зимне-весенний период. В это время встречаются и зрелые группировки, но число церкарий в спороцистах у них значительно меньше по сравнению с летним состоянием.

Полученные материалы позволяют утверждать, что функционировавшие летом группировки редий и дочерних спороцист способны переживать холодный период, испытывая те или иные реорганизации демографического состава и характера репродукции, и возобновлять свою функциональную активность летом следующего года. При этом в самообновляющихся инфрапопуляциях некоторые из старых редий отрождают особей новой партеногенетической генерации, вслед за чем погибают. В неспособных к самообновлению группировках дочерних спороцист в холодное время года прекращается развитие новых церкарий, а восстановление этого процесса происходит при весеннем прогреве воды.

В ходе экспериментов с моллюсками *Hydrobia ulvae*, *Littorina littorea* и *L. saxatilis*, зараженных *Himasthla elongata*, *H. continua* (Echinostomatidae), *Cryptocotyle concavum*, *C. lingua* (Heterophyidae), *Maritrema subdolum*, *Microphallus similis*, *M. claviformis* (Microphallidae) и *Renicola* sp. (Renicolidae), установлено, что суточная продукция церкарий не постоянна во времени, а испытывает циклические колебания с интервалом 4–12 суток, в зависимости от видовой принадлежности личинок (Прокофьев, 2006; Galaktionov et al., 2006). По-видимому, эти колебания связаны с состоянием производящих церкарий группировок партенит и отражают особенности взаимоотношений в конкретных паразито-хозяинных системах партениты-моллюск. Оказалось, что для каждого из изученных видов трематод имеется определенная «критическая» температура, ниже которой продукция партенитами церкарий (и, соответственно, их эмиссия) существенно замедляется, либо вообще прекращается. По этому признаку можно выделить группу «теплолюбивых» (сем. Echinostomatidae) и «холодостойких» (сем. Heterophyidae и Microphallidae) видов. Эмиссия церкарий первой группы блокируется уже при температуре 5°C, тогда как второй только при понижении температуры воды до 3°C. После краткосрочного снижения температуры воды, что обычно летом, эмиссия быстро восстанавливается. Если речь идет о длительном и стабильном похолодании (длительное пребывание зараженных моллюсков при температурах критических и околокритических значений), то восстановления эмиссии не происходит. При переносе таких моллюсков в воду с оптимальной температурой они первые 2–3 дня выделяют единичных церкарий, после чего эмиссия прекращается. В этой связи можно прогнозировать, что пролонгирование теплого сезона вследствие глобального потепления приведет к увеличению периода, когда возможна эмиссия церкарий. В результате может увеличиться интенсивность заражения вторых промежуточных хозяев и далее по цепочке хозяев.

Сезонная динамика личинок (метацеркарий) трематод во вторых промежуточных хозяевах прослежена для массовых видов *Himasthla elongata* и *Renicola* sp., паразитирующих в мидиях *Mytilus edulis*. Установлено, что сезонные колебания в экстенсивности инвазии мидий метацеркариями обоих изученных видов не выражены, значение этого параметра составляло 75–80% во все сезоны. В то же время индекс обилия (ИО – среднее число метацеркарий в одной мидии данной выборки, с учетом незараженных особей) имел тенденцию к росту с июня по октябрь. Именно в теплый период возможно заражение мидий церкариями. Зимой происходит гибель части зараженных

моллюсков и ИО к июню понижается. Выявлены межгодовые различия в успехе трансмиссии паразитов. В условиях теплого лета 2005 и 2006 гг. средней прирост численности метацеркарий на литоральном полигоне с июня по октябрь (в расчете на одного моллюска) составил 3.8 и 5.1 для *H. elongata* и 6.5 и 7.6 для *Renicola* sp., соответственно. В более холодные 2007 и 2008 гг. прироста численности метацеркарий за лето не наблюдалось, причем в 2007 г. отмечено снижение ИО, а в 2008 г. его значение оставалось постоянным с июня по ноябрь. Полученные данные хорошо увязываются с приведенными выше материалами по температурной зависимости эмиссии церкарий *H. elongata* и *Renicola* sp. из зараженных первых промежуточных хозяев – моллюсков *Littorina* spp. Чем ниже температура, тем слабее эмиссия церкарий, соответственно, меньшее их число может успешно внедряться во вторых промежуточных хозяев – мидий.

Приведенные материалы свидетельствуют о ярко выраженной сезонной обусловленности процессов трансмиссии трематод в прибрежных экосистемах Белого моря. Нами показано, что вопреки бытовавшим ранее представлениям, зимой не происходит массовой гибели зараженных трематодами моллюсков. Значительная их часть благополучно переживает зиму и служит, таким образом, естественным резервуаром для выживания паразитов в неблагоприятный зимний сезон. В это время года инфрапопуляции партенит прекращают продукцию церкарий, и в них могут происходить (у самообновляющихся группировок) пристройки демографического состава. При весеннем прогреве воды эти группировки возобновляют продукцию трансмиссивных личинок (церкарий). К лету созревают молодые группировки спороцист и редий и в моллюсках, заразившихся летом-осенью предыдущего года. Суммарное же число церкарий, которое производят группировки партенит за теплый сезон, прямо коррелирует с температурой воды. Следовательно, этот фактор во многом определяет и уровень заражения популяций вторых промежуточных хозяев, что и показали полученные нами данные о межгодовых различиях в заражении мидий церкариями двух исследованных видов трематод. Зараженность же вторых промежуточных хозяев прямо связана с успехом заражения окончательных хозяев, в которых вырастает половозрелая гермафродитная особь, продуцирующая яйца с личинками, инвазионными для моллюсков-первых промежуточных хозяев.

Можно констатировать, что в условиях Белого моря трематоды сохраняются на протяжении всего года в виде группировок партенит и метацеркарий в первых и вторых промежуточных хозяевах, соответственно. Окончательные хозяева (птицы и рыбы) присутствуют в прибрежных экосистемах только летом, когда и становится возможной реализация всего жизненного цикла.

Работа поддержана грантами РФФИ N 07-04-01675 и ИНТАС N 05-1000008-8056.

Литература

- Бергер В.Я., 2008. Продукционный потенциал Белого моря. СПб: Зоологический институт РАН. 292 с.
- Прокофьев В.В., 2006. Стратегии заражения животных-хозяев церкариями трематод. Автореф. Дис. ... докт. биол. наук. СПб: Зоологический институт РАН. 50 с.
- Galaktionov K.V., 2001. Parasites of common animals and animals of marketing value / Eds. V. Berger, S. Dahle, St. Petersburg–Tromsø: Derzavets Publ. P. 95–110.
- 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. 11th International Congress of Parasitology (ICOPA XI). Glasgow (Scotland, United Kingdom), August 6–11, 2006. Medimond International Proceedings: P. 85–90.

SEASONALLY-DEPENDENT CHANGES IN PARASITE TRANSMISSION IN COASTAL WATERS OF THE WHITE SEA

K.V. Galaktionov¹, K.E. Nikolaev¹, V.V. Prokofiev², I.A. Levakin¹

¹ Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

² Pskov State Pedagogical University, Pskov, Russia

e-mail: kirill.galaktionov@gmail.com

The seasonal climatic changes are well pronounced at the White Sea that exerts profound influence on all components of coastal ecosystems including parasites. Trematodes are the mass parasites of marine birds of the White Sea and coastal invertebrates play a role of intermediate hosts in their complex life cycles. Our long-term studies on trematodes in intertidal communities of the White Sea show that all aspects of larval trematode development and activity associated with their molluscan (first intermediate)

hosts display regular seasonal variations that are ultimately temperature dependant. Prolonged periods in cold water modify the structure of intramolluscan stages (groups of sporocysts/rediae inside the infected mollusc) in that way that the production of transmissible larvae (cercariae) is ceased. In spring the intramolluscan groups of sporocysts and rediae resort to their functional mode and cercarial production resumes. Cercarial release from molluscan hosts often displays daily rhythms and longer periodic patterns of increased release that are temperature related. In addition, total cercarial production (over the entire transmission period) is correlated positively with water temperature. The same applies to cercarial infectivity for second intermediate hosts. At low temperatures (under 3–5°C for cercariae at the Barents and White Seas) the longevity of cercariae is prolonged but their infectivity is lessened. In the course of experimental study in the model littoral site of the White Sea it was shown an interannual variability in transmission success of cercariae (percent of cercariae infected the second intermediate host). The value of this parameter was lessened in «cold summer» years as compared with «warm summer» ones. It is clear that trematode transmission from first to second intermediate host only occurs above a critical temperature. An increase in water temperature due to global warming would therefore increase the window for larval trematode transmission and result in an increase of marine animal parasitism in northern coastal ecosystems.

ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЫБ В УСЛОВИЯХ РАЗНОГО УРОВНЯ ТОКСИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ

В.П. Гандзюра¹ Л.А., Гандзюра²

¹Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, г. Киев, Украина

²Международный открытый университет развития человека «Украина», Международный центр экобезопасности, г. Киев,
e-mail: v-gandzyura@email.kiev.ua

Глобальное токсическое загрязнение гидросферы приводит к формированию качественно новых условий существования живых организмов, оказывая значительное влияние на весь ход их метаболических процессов. Среди токсикантов особое место занимают соединения тяжелых металлов, уровень которых постоянно возрастает практически во всех водоемах, куда они поступают со всей площади водосборного бассейна. Нарушая физиолого-биохимические процессы, тяжелые металлы оказывают существенное влияние на все стороны метаболизма рыб [4]. Поэтому изучение изменений метаболических процессов рыб в токсической среде имеет важное значение как для прогнозирования дальнейших изменений метаболизма при разных уровнях токсической нагрузки, учета особенностей метаболических процессов в токсической среде, равно как и для разработки путей коррекции метаболизма в условиях токсификации водоемов. Особую роль в регуляции метаболических процессов и энергетическом обеспечении играет фосфор, роль которого в жизнедеятельности гидробионтов, включая рыб, детально изучена [8]. Рядом исследований установлено, что элементы фосфорного баланса рыб очень чувствительны к изменению отдельных параметров среды [2, 3]; имеются данные об уровне его содержания в теле рыб [1]. Однако сведения о балансе фосфора у рыб в условиях повышенного содержания тяжелых металлов в литературе единичны [2, 5]. Учитывая сопряженность энергетического и фосфорного обмена [8], целью наших исследований было установление изменений уровня дыхания, удельной скорости роста, эффективности конвертирования пищи, структуры и сопряженности энергетического и фосфорного баланса рыб при разных уровнях токсического загрязнения воды соединениями тяжелых металлов.

Материал и методы исследований

Использовали общепринятые в гидробиологии, ихтиологии и экотоксикологии методы, анализ которых детально представлен в ряде работ [1–4]. Исследование экскреторно–абсорбционных процессов проводили на акклимированных в течение двух недель к условиям эксперимента рыбах. Количество экскретированного за сутки фосфора рассчитывали по разнице его содержания в аквариумах с рыбами и в контрольном после суточной экспозиции. Фосфор определяли колориметрическим молибдатно-сурьмяновым методом с аскорбиновой кислотой [10] с последующей экстракцией молибденового комплекса гексанолом [11]. Соответствующие концентрации тяжелых металлов