



УДК 595.324:574.632

О ПАТОЛОГИЧЕСКОМ ИЗМЕНЕНИИ ВЫВОДКОВОЙ СУМКИ У СОВРЕМЕННЫХ CLADOCERA (CRUSTACEA)

А.В. Макрушин¹, С.М. Голубков^{2*}, А.С. Семенова³, О.П. Дубовская⁴, Е.Б. Фефилова⁵,
Н.В. Родионова⁶, В.И. Лазарева¹, О.Н. Кононова⁵ и Т.А. Асанова⁷

¹Институт биологии внутренних вод Российской академии наук, 152742 Борок, Ярославская обл., Россия;
e-mail: makru@ibiv.yaroslavl.ru

²Зоологический институт Российской академии наук, 199034 Университетская наб., 1, Санкт-Петербург, Россия;
e-mail: golubkov@zin.ru

³Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 236000 ул. Д. Донского, Калининград, Россия; e-mail: a.s.semenova@rambler.ru

⁴Институт биофизики Сибирского отделения Российской академии наук, 660036 Академгородок, 50, стр. 50, Красноярск, Россия; e-mail: dubovskaya@ibp.krasn.ru

⁵Институт биологии Коми Научного центра Уральского отделения Российской академии наук, 167982 ул. Коммунистическая, 28. Сыктывкар, Россия; e-mail: fefilova@ib.kotisc.ru

⁶Институт озераведения Российской академии наук, 196105 ул. Севастьянова, 9, Санкт-Петербург, Россия;
e-mail: nleptodora@gmail.com

⁷Новгородская лаборатория Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства, 173000 ул. Знаменская, 23, Великий Новгород, Россия; e-mail: asanova@rambler.ru

РЕЗЮМЕ

Дано описание патологии Cladocera (Crustacea) – отека выводковой сумки.

Ключевые слова: Cladocera, отек выводковой сумки

PATHOLOGICAL CHANGE OF BROOD POUCH IN MODERN CLADOCERA (CRUSTACEA)

A.V. Makrushin¹, S.M. Golubkov^{2*}, A.S. Semenova³, O.P. Dubovskaya⁴, E.B. Fefilova⁵,
N.V. Rodionova⁶, V.I. Lazareva¹, O.N. Kononova⁵ and T.A. Asanova⁷

¹I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Science, 152742 Borok Yaroslavskaia Province, Russia; e-mail: makru@ibiv.yaroslavl.ru

²Zoological Institute of the Russian Academy of Science, 199034 Universitetskaya Emb., 1, Saint Petersburg, Russia;
e-mail: golubkov@zin.ru

³Atlantic Scientific Institute of Fisheries and Oceanography, 236000 D. Donskogo Str., 5, Kaliningrad, Russia;
e-mail: a.s.semenova@rambler.ru

⁴Institute of Biophysics Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 660036 Akademgorodok Str., 50, Building 50, Krasnoyarsk, Russia; e-mail: dubovskaya@ibp.krasn.ru

*Автор-корреспондент/Corresponding author

⁵*Institute of Biology Komi Scientific Center Ural Branch Russian Academy of Science, 167982 Kommunisticheskaya Str., 28, Syktyokar, Russia; e-mail: fefilova@ib.komisc.ru*

⁶*Institute of Limnology Russian Academy of Science, Sevastjanova 9, 196105 Saint-Petersburg, Russia; e-mail: nleptodora@gmail.com*

⁷*Novgorod department of the State Research Institute on Lake and River Fisheries, Znamenskaya Str. 23, 173000 Veliky Novgorod, Russia; e-mail: asanova@rambler.ru*

ABSTRACT

A pathology in Cladocera – edema of the brood pouch is described.

Key words: Cladocera, water pollution

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время обычным явлением, на которое еще не обращено должного внимания, стал отек раковинки Cladocera (Crustacea). Это патологическое явление описано в основном у пелагических видов. Оно наблюдалось у рачков из оз. Ильмень, из Финского и Куршского заливов, из Рыбинского, Угличского, Горьковского, Чебоксарского и Нювчимского водохранилищ, из горных озер Западного Саяна (Восточная Сибирь), из озер Вологодской области и республики Коми. Так, например, доля особей с отечной раковинкой у *Limnospira frontosa* (Sars, 1862) Sididae в Финском заливе в августе 2009 г. колебалась на разных станциях от 7 до 50%, а в Рыбинском, Горьковском и Чебоксарском водохранилищах в июле – августе 2010 г. – от 0 до 44%. Особенно сильно эта патология была выражена в водоемах с мягкой водой – в Ладожском озере, озерах Карельского перешейка Ленинградской области, в лужах Большеземельской тундры. В них отеки встречали у большего числа видов, выражены они были наиболее сильно, и доля особей с отечной раковинкой была особенно высока (Сергеева [Sergeeva] 1988; Макрушин и Запруднова [Makrushin and Zaprudnova] 2000; Макрушин [Makrushin] 2003; Макрушин и Голубков [Makrushin and Golubkov] 2010; Голубков и Макрушин [Golubkov and Makrushin] 2012, Макрушин и др. [Makrushin et al.] 2013, 2014a, b). Имеются сведения (Omair et al. 1999, 2001), дающие основание предполагать, что этим заболеванием страдают Cladocera и в Великих озерах Сев. Америки. С целью привлечь внимание гидробиологов к этой патологии в статье дается ее подробное описание у различных видов рачков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рачков собирали в 2007–2013 гг. в перечисленных выше водоемах России и фиксировали 4% формалином. Для приготовления гистологических препаратов рачков фиксировали в жидкости Буэна. Толщина парафиновых срезов составляла 7 мкм. Окраску препаратов проводили железным гематоксилином по Гейденгайну. Фотографии выполнены на микроскопе KeyenceVHX-1000 с использованием объектива Z250.

Сокращения учреждений. ГосНИОРХ (GOSNIORCH), Федеральное государственное научное учреждение Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (Великий Новгород, Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Отек – это избыточное накопление жидкости во внеклеточных пространствах организма. Выводковая сумка у Cladocera служит для вынашивания молоди. Наружными ее стенками являются створки раковинки, внутренней стенкой, или ее дном – спинная сторона туловища. Раковинка у Cladocera, кроме Polyphemiformis и, вероятно, Moinidae и *Penilia avirostris* Dana, 1849 (Sididae), состоит из двух слоев гиподермы. Отек раковинки заключается в ее расслоении и заполнении пространства, образовавшегося между наружным и внутренним листками гиподермы, жидкостью. Расслаиваться может отдельный участок или вся раковинка целиком. При отеке дна выводковой сумки от него отслаивается гиподерма, и под ней скапливается жидкость.

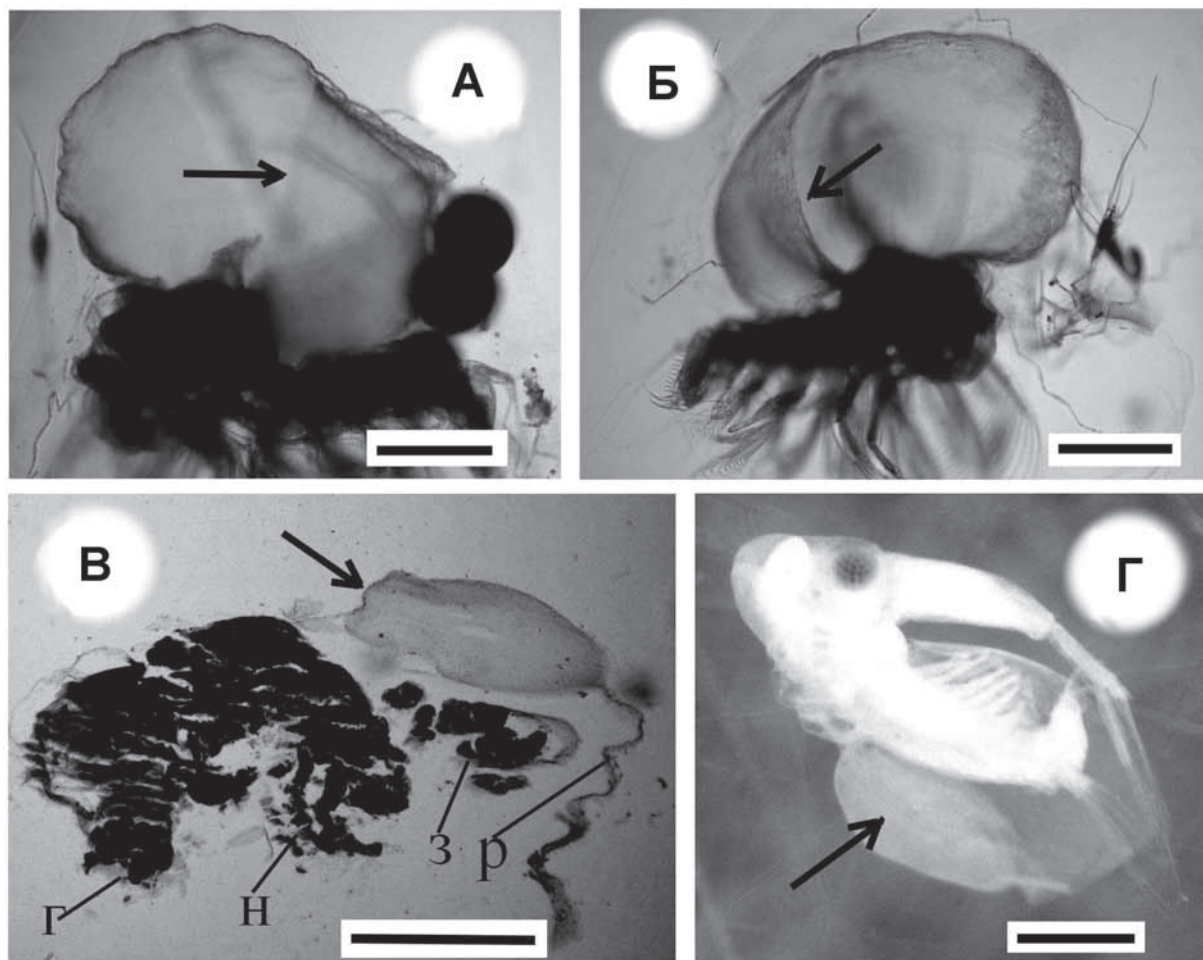


Рис. 1. Cladocera с отечной раковинкой. А – *Holopedium gibberum*, у которого отек вытесняет из выводковой сумки два яйца. Б – *Holopedium gibberum* с отечной раковинкой, В – продольный срез *Limnoscida frontosa*, с отечной раковинкой, Г – *Limnoscida frontosa*, с отечной раковинкой. Обозначения: г – глаз, н – ноги, з – зародыш в выводковой сумке, p – раковинка. Объяснения в тексте. Масштаб = 200 мкм.

Fig. 1. Cladocera with a flaked shell. А – *Holopedium gibberum*, whose swell pulls out to eggs from the brood poach. Б – *Holopedium gibberum* with the flaked shell, В – longitudinal section of *Limnoscida frontosa* with the flaked shell, Г – *Limnoscida frontosa* with the flaked shell. Legend: г – eye, н – legs, з – the embryo in the brood poach, p – shell. Explanation are in the text. Scale = 200 μm.

Внешний вид отеков, показанный на рисунках 1А–Г и 2 А–Д, у осмотренных нами рачков не был обычным. Сфотографированы лишь те немногие особи, у которых отек был виден хорошо. У большинства же *H. gibberum*, *Diaphanosoma brachyurum* s. lat. (Sididae), видов рода *Daphnia* выводковая сумка была смята или повреждена, и рассмотреть, в каком состоянии она находится, было трудно. Затрудняло выявление отеков также то, что внутренний слой гиподермы раковинки у *Daphnia hyalina* Leydig, 1860 (Daphniidae) и *D. brachyurum* очень тонкий и прозрачный, и, когда

он отслаивался от наружного слоя гиподермы, его было плохо видно. Однако имелись косвенные признаки, указывающие на то, что она у них была отечна. Эти признаки у Stenopoda и Anopopoda были разными. Если у Stenopoda туловище было обнажено, как это показано на рисунках 1А, Б и 2Б, а в выводковой сумке зародыши отсутствовали, значит, у большинства особей из пробы выводковая сумка, скорее всего, была отечна. Если у Anopopoda туловище было отогнуто вперед, как это показано на рисунках 2А, В, Г, и (или) створки раковинки были распахнуты, а зароды-

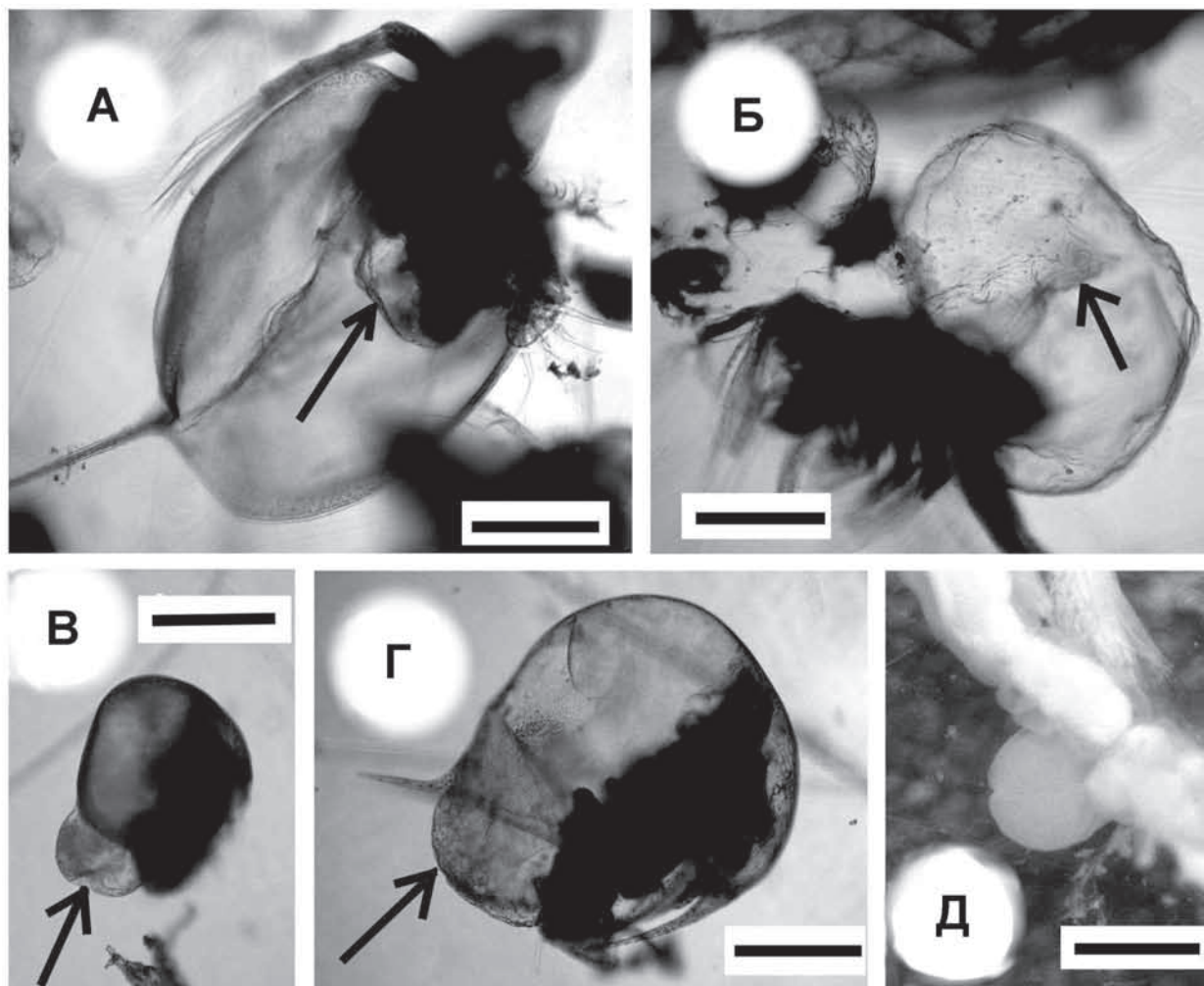


Рис. 2. Cladocera с отечной выводковой сумкой. А – *Daphnia hyalina* с отечным дном выводковой сумки, Б – *Diaphanosoma brachyurum* с отечной раковинкой, В – *Chydorus sphaericus*, Г – *Bosmina longirostris*, у которых из выводковой сумки выступает край отека, Д – *Leptodora kindtii* с отечной раковинкой. Объяснения в тексте. Масштаб = 200 мкм.

Fig. 2. Cladocera with a flaked brood poach. А – *Daphnia hyalina* with a flaked bottom of the brood poach, Б – *Diaphanosoma brachyurum* with a flaked shell, В – *Chydorus sphaericus* and Г – *Bosmina longirostris* with the edge of swell getting out from the brood poach, Д – *Leptodora kindtii* with the flaked shell. Explanation are in the text. Scale = 200 μm.

шей в выводковых сумках не было, то это, скорее всего, тоже был признак того, что выводковая сумка отечна. Снимки *H. gibberum*, *D. brachyurum* и *D. hyalina* сделаны с особей из проб, в которых у Cladocera присутствовали эти признаки. Но если у Anomopoda и Stenopoda раковинка обхватывала туловище с боков, а в выводковых сумках у рачков находились зародыши, значит, отеков выводковой сумки у особей этой популяции не было, или они были очень маленькими и потому трудно выявляемыми.

Туловище у *H. gibberum*, *D. brachyurum* и *L. frontosa* обнажается при расслоении всей площади раковинки (Рис. 1А, Б, 2Б). При этом раковинка превращается в шар, прикрепленный к спинной стороне рачка. Она превращается в такой же шар при расслоении всей ее площади и у *Leptodora kindtii* (Focke, 1844) (Leptodoridae) (Рис. 2Д). У этих рачков шарообразную форму она принимает потому, что наружный и внутренний листки ее гиподермы примерно одинаковой твердости. Когда жидкость, заполняющая при отеке пространство

между ними, начинает давить на листки, они оба выгибаются и становятся оболочкой образующегося из раковинки шара. На рисунках 1А, Б и 2Б превращенная в шар раковинка разделена бороздкой, на которую указывает стрелка. Эта бороздка до расслоения раковинки была ее краем и местом соединения наружного и внутреннего листков гиподермы. Оболочкой передней части шара служит наружный листок гиподермы раковинки, оболочкой его задней части – ее внутренний листок. На рисунке 2Д видно, что у *L. kindtii* шарообразная раковинка тоже состоит из двух половинок. Но если у *L. frontosa* расслаивается лишь часть площади раковинки, то туловище не обнажается, раковинка в шар не превращается, а на ней возникает пузырь, указанный на рисунках 1В, Г стрелкой.

В отличие от *H. gibberum*, *D. brachyurum*, *L. frontosa* и *L. kindtii* у Аномопода наружный листок гиподермы раковинки тверже внутреннего, поэтому у них при отеке раковинки растягивается только внутренний листок гиподермы; наружный же сохраняет свою форму, и поэтому раковинка продолжает обхватывать туловище рачка. У *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller, 1785) (Chydoridae) (Рис. 2В) и *Bosmina longispina* (Leydig, 1860) (Bosminidae) (Рис. 2Г) пузырь, образующийся в результате отслоения внутреннего листка гиподермы раковинки (возможно, также гиподермы и дна выводковой сумки), заполнял выводковую сумку, и его край иногда выступал наружу. Этот край указан на рисунках 2В, Г стрелкой. У *D. hyalina* наблюдался отек дна выводковой сумки. Он имел вид прозрачного пузыря и на рисунке 2А указан стрелкой. У *Ch. sphaericus*, *B. longispina*, *D. hyalina* и *L. frontosa*, у которых раковинка была отечной, туловище отгибалось вперед, как это показано на рисунках 2А, В, Г.

Отечная выводковая сумка теряла способность вынашивать зародышей. На рисунке 1А показано, что отек выдавливает из выводковой сумки два яйца. У *L. kindtii* и *L. frontosa* раковинка прочнее. Она сохраняла свою целостность и форму при отлове рачков и их фиксации, поэтому у них отеки выводковой сумки выявлялись легче. У представителей родов *Bosmina* и *Chydorus* отеки тоже легко выявлялись, но только если край отека высовывался из выводковой сумки. Если же он весь помещался в выводковой сумке, то судить о том, отечна выводковая сумка или нет, было трудно, так как сквозь раковинку его не было видно.

ОБСУЖДЕНИЕ

Описанные выше особенности отека выводковой сумки Cladocera гидробиологам знакомы. Как правило, они принимают их за результат фиксации. Отек выводковой сумки описан и у Cladocera, зафиксированных гистологическим фиксатором (Макрушин и Голубков [Makrushin and Golubkov] 2010; Голубков и Макрушин [Golubkov and Makrushin] 2012; Макрушин и др. [Makrushin et al.] 2013), который обеспечивает прижизненное сохранение тканей. На рисунке 1В изображен срез *L. frontosa* с отечной раковинкой, зафиксированной жидкостью Буэна. Отек раковинки наблюдался и у живых *L. kindtii*, собранных в Волге (Макрушин и Запруднова [Makrushin and Zaprudnova] 2000, Макрушин [Makrushin] 2003). Другие виды Cladocera очень подвижны, поэтому у них наблюдать эту патологию до фиксации проб не удавалось. Ее выявлению мешала также прозрачность крови у пелагических Cladocera. Однако у культивируемых в лаборатории видов рода *Daphnia* кровь красноватая, поэтому у них отек раковинки хорошо виден. Он имеет вид красного пятна на створке раковинки, различимого даже без применения оптики. Эта патология у живых особей *Daphnia longispina* O.F. Müller, 1785 наблюдалась в лаборатории водной токсикологии ГосНИОРХа при исследовании ядовитых свойств хлорофоса, пары которого, вероятно, и стали причиной отека.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при частичной поддержке темы ОБН РАН №01201351192, гранта РФФИ № 14-04-00207, а также программы Президиума РАН «Живая природа». Исследование частично проведено (С.М. Голубков) в рамках государственного исследовательского проекта № на 01201351192 (Российская Федерация).

ЛИТЕРАТУРА

- Golubkov S.M. and Makrushin A.V. 2012. Pathological phenomena in Cladocera (Crustacea) from the eastern Gulf of Finland, Baltic Sea. *Hydrobiological Journal*, 48 (4): 31–36. [In Russian].
- Makrushin A.V. 2003. Violation breeding of *Leptodora kindtii* (Cladocera, Crustacea) in the Volga River. *Hydrobiological Journal*, 39 (1): 116–119. [In Russian].

- Makrushin A.V. and Zaprudnova R.A. 2000.** About pathological changes of brood pouch of *Leptodora kindti* (Cladocera, Crustacea). *Zoologicheskyy Zhurnal*, **79**(6): 742–744. [In Russian].
- Makrushin A.V. and Golubkov S.M. 2010.** Histopathological examination of Cladocera (Crustacea) from the eastern Gulf of Finland. *Regional Ecology*, **4**: 36–39. [In Russian].
- Makrushin A.V., Golubkov S.M., Asanova T.A., Zabolotkina E.A., Makartseva E.S. and Kuzmina O.J. 2013.** Manifestation of the global environmental crisis at the organism level (for example, cladocerans and bivalves Unionidae). *Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. Supplements*, **3**: 33–40. [In Russian].
- Makrushin A.V., Semenova A.S., Dubovskaya O.P., Fefilova E.B., Rodionova N.V. and Lazareva V.I. 2014a.** The impact of pollution on planktonic Cladocera (Crustacea). *Astrakhan Herald of Environmental Education*. **3**: 38–45. [In Russian].
- Makrushin A.V., Semenova A.S., Dubovskaya O.P., Fefilova E.B. and Lazareva V.I. 2014b.** Geographical distribution of edema in the test Cladocera (Crustacea). *Water: Chemistry and Ecology*, **10**: 69–73. [In Russian].
- Omair M., Naylor B., Jude D.J., Quddu J., Beals T.F. and Vanderploeg H.A. 2001.** Histology of Herniations through the Body Wall and Cuticle of Zooplankton from the Laurentian Great Lakes. *Journal of Invertebrate Pathology*, **77**: 108–113.
- Omair M., Vanderploeg H.A., Jude D.J. and Fahnenstiel G.L. 1999.** First observations of tumor-like abnormalities (exophytic lesions) on Lake Michigan Zooplankton. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **56**: 1711–1715.
- Sergeeva V.A. 1988.** Status and distribution of zooplankton in the hot spots of Ladoga basin. *The impact of pollution on the ecosystem of Lake Ladoga. Proceedings of the GosNIORH*, **285**: 114–128. [In Russian].

Представлена 2 июня 2015; принята 12 июля 2015.