

*У.М. Маликов, А.П. Юрков, И.С. Семенова, Е.О. Крякова*

## **ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИНВАЗИЙ НА ЭВТРОФИРОВАНИЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ**

*U.M. Malikov, A.P. Yurkov, I.S. Semyonova, E.O. Kryakova*

## **EFFECT OF BIOLOGICAL INVASIONS ON EUTROFICATION OF THE BALTIC SEA**

*Работа посвящена анализу фактов, приведенных в литературе, о влиянии биологических инвазий на эвтрофирование Балтийского моря. Изложенные материалы показывают, что последствия деятельности новых биологических видов способствуют уменьшению эвтрофирования и его отрицательных проявлений, и в данном аспекте могут быть оценены как положительные явления.*

*Ключевые слова: организмы-вселенцы, эвтрофирование, чужеродные виды, Балтийское море, экосистема.*

*Eutrophication is recognized as the factor that caused the most serious changes in natural ecosystems of the Baltic Sea. The greatest number of discoveries of alien species in the Baltic Sea is confined to the most eutrophic areas – bays and inlets of the southern Baltic, the Neva River estuary. Thus, the results suggest a complex interaction of processes of biological invasions, and eutrophication. However, introduced materials show that very often the consequences of the new species' activity may facilitate reduction of eutrophication and (or) its negative manifestations, and, in this aspect, it can be assessed as a positive event.*

*Key words: eutrophication, biological invasions, alien organisms, the Baltic Sea, ecosystems.*

Результатом «биологического загрязнения» водных экосистем чужеродными видами часто бывает сокращение видового разнообразия сообществ и изменение структуры трофических сетей, приводящее к эвтрофированию водного объекта и изменению качества воды. Под понятием «инвазия» подразумевается включение в экосистему новых для нее видов [5]. Существует множество путей переселения (естественной и антропогенной природы) организмов в экосистемы, где ранее они никогда не регистрировались. Биологические аспекты этой проблемы для водных организмов изучаются специалистами вот уже более 100 лет, однако наиболее острая необходимость в контроле и предупреждении данного явления возникла недавно.

Основными источниками антропогенных инвазий являются строительство водных каналов, марикультура и аквариумистика, а также различные аспекты судоходства, в том числе перевозка организмов в составе сообщества обрастания корпусов судов и с водяным балластом.

В Балтийском море мало, а возможно и вообще отсутствуют, действительно эндемические виды – его флора и фауна состоит из видов различного экологического и биогеографического происхождения. Они включают в себя эвригалинные виды, которые пережили природное расширение ареала из Северной Атлантики и уцелели

в течение предыдущих периодов истории моря, виды обитающие в соленой и пресной воде, а также виды недавно вселенные человеком. Таким образом, будучи ранее озером постледникового периода, Балтийское море стало объектом как спонтанного, так и антропогенного вселения фауны и флоры на протяжении более 10000 лет.

Общее количество видов организмов аллохтонного происхождения к 2006 г. в Балтийском море достигло 115 [38], причем около 40 % от общего количества обнаруженных новых видов беспозвоночных составили ракообразные. Инвазионные виды успешно адаптируются в новых местообитаниях, особенно в биоценозах, и могут быстро увеличивать численность, оказывая влияние на другие звенья трофической сети. Контроль расселяющихся видов и изучение их роли в новых местообитаниях признаны одними из важнейших задач для мониторинга экосистемы Балтийского моря, особенно в его прибрежных и эстуарных участках [12].

Исследования, проведенные сотрудниками Зоологического института, показали, что восточная часть Финского залива стала своего рода накопителем и инкубатором чужеродных видов организмов (табл. 1).

Наиболее активно биологическое разнообразие изменяется за счет вселения донных организмов. Число видов-вселенцев в сообществах донных животных эстуария р. Невы уже составляет 11,2 % от общего числа видов (табл. 2), но их доля в биомассе сообществ намного больше и достигает 40–80 % [43].

Таблица 1

## Список видов-вселенцев в Финском заливе с указанием года их первого обнаружения

Отряды и виды	Год первого обнаружения в Финском заливе	Ссылка
<b>Амфиподы (Amphipoda)</b>		
<i>Chaetogammarus warpachowskyi</i>	2004	Orlova et al., 2006
<i>Chelicorophium curvispinum</i>	2005	Herkul, Kotta, 2007; Малявин и др., 2008
<i>Pontogammarus robustoides</i>	1999	Berezina, Panov, 2003; Berezina, 2007
<i>Gmelinoides fasciatus</i>	1996	Berezina, Panov, 2003
<i>Gammarus tigrinus</i>	2003	Pienimaki et al., 2004; Berezina, 2007c
<i>Orchestia cavimana</i>	2002	Kotta, 2000; Herkul et al., 2005
<b>Мизиды (Mysida)</b>		
<i>Hemimysis anomala</i>	1992	Salemaa, Hietalahti, 1993
<i>Paramysis intermedia</i>	2008	Herkul et al., 2009
<b>Равноногие (Isopoda)</b>		
<i>Jaera sarsi</i>	2004	Orlova et al., 2006; Berezina et al., 2011

Отряды и виды	Год первого обнаружения в Финском заливе	Ссылка
<b>Кумовые раки (Cumacea)</b>		
Stenocuma graciloides	2004	Анцулевич, 2005; Orlova et al., 2006
<b>Десятиногие ракообразные (Decapoda)</b>		
Eriocheir sinensis	1933	Herborg et al., 2003; Ojaveer et al., 2007
Palaemon elegans	2003	Kekkonen, 2003

Таблица 2

**Общее число видов в сообществах донных и планктонных животных в эстуарии реки Невы и доля вселенцев**

Сообщества организмов	Общее число видов	Число видов-вселенцев	Доля вселенцев (%) от общего числа видов
Зоопланктон	190	7	3,6
Зообентос	196	22	11,2
<b>Всего:</b>	<b>386</b>	<b>29</b>	<b>7,5</b>

Из Невской губы и восточной части Финского залива организмы-вселенцы проникают в остальные регионы России, а из России – в страны Западной Европы и Северной Америки.

Вселение новых видов в экосистемы водоемов может приводить к серьезным изменениям функционирования их экосистем [1]. Эвтрофирование признано фактором, вызвавшим наиболее серьезные изменения природных экосистем Балтийского моря [25, 4]. Известно, что нарушенные экосистемы особенно уязвимы к биологическим инвазиям. Эвтрофирование наряду с другими видами антропогенного воздействия ведет к снижению биологического разнообразия и нарушению функционирования балтийских сообществ, что в условиях постоянного заноса видов из других регионов вследствие активного судоходства способствует успешной натурализации чужеродных организмов и дальнейшей трансформации морских экосистем. Наибольшее число находок чужеродных видов в Балтийском море (так называемые «центры ксеноразнообразия») приурочено к самым эвтрофированным участкам – заливам и бухтам Южной Балтики, эстуарию р. Невы [38, 41]. Многие вселенцы (например, североамериканский рачок *Balanus improvisus*, понто-каспийский моллюск *Dreissena polymorpha*) также, как правило, достигают наибольшего количественного развития в эвтрофных районах [38, 42, 43]. Особенно значительна роль вселенцев оказывается в условиях, когда внешние воздействия приводят к полному разрушению природных сообществ, например при развитии гипоксиейно-аноксиейных явлений, часто наблюдающихся в эвтрофных водоемах. В восточной части Финского залива разрушение донных сообществ вследствие ухудшения кислородного режима спровоцировало масштабную биологическую

инвазию, вследствие которой огромные площади глубоководных районов оказались заселенными практически монокультурой устойчивого к гипоксии чужеродного вида полихет *Marenzelleria arctica* [9].

Однако многие инвазионные виды сами способны активно влиять на процессы эвтрофирования посредством видоизменения биогеохимических циклов и/или структуры пищевой сети. В этом отношении можно выделить три группы чужеродных организмов.

К первой группе относятся виды непосредственным образом влияющие на поступление биогенных веществ в водную среду. В отношении таких организмов часто используют термин «экосистемные инженеры» [21]. Популяции двустворчатых моллюсков *D. polymorpha* в местах их массового развития являются основным источником биодоступного фосфора, что, в частности, рассматривается как возможная причина массового развития нитчатых водорослей в прибрежной зоне эстуария Невы [42]. Известно, что бентосные животные играют важную роль в обменных процессах на границе вода – грунт, посредством биотурбации (перемешивание донных осадков) и биоирригации (создание разветвленной сети каналов, способствующей проникновению кислорода в толщу грунта) донных осадков. Появление в Балтийском море полихет рода *Marenzelleria*, которые перекапывают грунт значительно глубже (до 40 см), чем коренные обитатели Балтийского моря, привело к резкой интенсификации потоков веществ между толщей воды и донными отложениями. Экспериментально показано, что деятельность этих полихет способствует увеличению поступления биогенных элементов из донных осадков [27, 32]. Однако в случае фосфора этот процесс, по-видимому, актуален только для хорошо аэрированных мелководных осадков. В глубоководных районах Балтийского моря биогеохимический цикл этого биогенного элемента тесно связан с кислородными условиями. Биотурбационная и биоирригационная деятельность полихет ведет к формированию мощного окисленного донных осадков, что способствует увеличению захоронения в них фосфатов. Посчитано, что в районе г. Стокгольма деятельность *Marenzelleria* sp. привела к удалению в два раза большего количества фосфора, чем городские очистные сооружения [39]; с чем связывают существенное снижение концентрации фосфатов и снижение уровня трофности вод этого района Балтийского моря после вселения полихет [33, 39]. Недавно аналогичные процессы отмечены и в российской части Финского залива, где после появления и массового развития полихет *M. arctica* в 2008–2009 гг. резко увеличилось соотношение азот/фосфор в водах залива, что повлекло за собой каскадные изменения в планктоне: уменьшилось количество колониальных азотфиксирующих синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды; снизилась общая биомасса фитопланктона и концентрация хлорофилла «а» [9].

Ко второй группе относятся виды, способствующие усилению или, напротив, ослаблению симптомов эвтрофирования, таких как избыточное развитие планктонных и донных водорослей, ухудшение оптических свойств воды. Некоторые проявления эвтрофирования частично могут быть непосредственным образом связаны с вселением чужеродных видов. Например, в ряде районов Балтики массовое развитие нитчатых водорослей вызвано вспышкой численности недавно вселившейся тихоокеанской нитчатки *Gracilaria vermiculophylla* [напр. 47]. В литоральных сообществах вершины

Финского залива питающиеся водорослями чужеродные виды (амфиподы *Gmelinoides fasciatus* и *Pontogammarus robustoides*), напротив, являются одним из факторов, ограничивающим биомассу нитчаток вследствие их выедания [20].

Развитие планктонных водорослей может контролироваться интродуцированными видами сестонофагов [46]. Наиболее известный пример – представители рода *Dreissena*, вселившиеся во многие пресноводные и солоноватоводные водоемы мира, включая Балтийское море. Проникновение этих моллюсков в североамериканские Великие Озера привело к резкому снижению биомассы фитопланктона и увеличению прозрачности воды [22]. В Балтийском море распространение дрейссены, однако, ограничено сравнительно небольшими по площади участками с почти пресной водой, соответственно, выраженное влияние моллюсков на качество воды имеет локальный характер [42, 43]. В этой связи большой интерес представляют недавние находки в Вислинском заливе Балтийского моря североамериканского солоноватоводного двусторчатого моллюска *Rangia cuneata*, который в силу своих экологических особенностей имеет широкие перспективы распространения как в Вислинском заливе, так и в собственно Балтийском море [6, 10].

Наконец, третью группу составляют виды, влияние которых на проявление эвтрофирования осуществляется косвенным образом через изменение пищевых цепей. Надежных сведений о наличии такого рода взаимодействий в Балтийском море у нас нет. Однако несколько недавно вселившихся в Балтику видов могут потенциально привести к увеличению развития фитопланктона, как это было отмечено на других водоемах. В 1990-е гг. в Балтику проникли хищные понто-каспийские ветвистоусые ракообразные *Cercopagis pengoi*. В оз. Онтарио эти хищники выедают значительную часть зоопланктонных рачков-фитофагов, способствуя массовому развитию планктонных водорослей. В Балтийском море подобного эффекта до сих пор не обнаружено, вероятно, из-за более низкой, чем в оз. Онтарио численности рачков [11]. По-видимому, похожая ситуация имеет место и с гребневиком *Mnemiopsis leidyi*, инвазия которого стала причиной коренной перестройки экосистем Черного и Каспийского морей. В 2006 г. этот вид был встречен в Балтийском море [31, 37]. В Чесапикском заливе вспышка численности гребневиков привела к ухудшению качества воды вследствие увеличения биомассы фитопланктона, несмотря на осуществленные мероприятия по снижению биогенной нагрузки. Это связано со значительным снижением численности питающихся фитопланктоном планктонных рачков вследствие выедания их гребневиками [35]. Недавно в экспериментальных исследованиях показана возможность возникновения такого каскадного эффекта в пелагических пищевых цепях западных и южных районов Балтийского моря [23]. Однако численность и биомасса гребневиков в собственно Балтийском море слишком низки, чтобы существенно повлиять на зоопланктонное сообщество. Кроме того, не ясным остается и таксономический статус ряда балтийских популяций гребневиков. По-видимому, распространение инвазионного вида *Mnemiopsis leidyi* ограничено только западной и южной частями моря, а на большей части акватории собственно Балтики гребневиками представлены арктическим видом *Mertensia ovum*, влияние которого на планктон, очевидно, не столь драматично [24].

Анализ распространения и состояния популяций ракообразных класса Malacostraca, недавних вселенцев в Финский залив и другие районы Балтийского моря, показал, что,

наряду с продолжающимся расширением ареалов видов, возрастает и их значение в реципиентных местообитаниях. Конкуренция (в первую очередь, за пищевые ресурсы), хищничество со стороны видов-вселенцев и, также, возможный занос вселенцами новых видов паразитов, патогенных для местной фауны, могут быть причиной изменения структуры сообществ аборигенных видов. Дальнейшего изучения требуют межвидовые трофические взаимодействия вселившихся и аборигенных видов, поскольку они определяют возможности сосуществования популяций ракообразных. В большинстве своем преднамеренные интродукции высших ракообразных в изученном регионе проводили с целью обогащения кормовой базы рыб, но до сих пор не ясно: как повлияли эти мероприятия на рыбопродуктивность. Некоторые косвенные результаты указывают, что акклиматизация амфипод и мизид привела к пополнению пищевых ресурсов для рыб и, в конечном итоге, увеличению продуктивности водных экосистем [20].

Таким образом, результаты свидетельствуют о сложной взаимосвязи процессов биологических инвазий и эвтрофирования. С одной стороны, общая тенденция увеличения роли чужеродных организмов в Балтийском море в значительной степени определяется нарушением состояния самих природных экосистем, в том числе вследствие эвтрофирования. С другой, некоторые инвазионные виды в результате своей жизнедеятельности сами могут активно влиять на динамику биогенных элементов в водоеме, ослаблять или усиливать проявления эвтрофирования. Распространение чужеродных видов справедливо считается угрозой для окружающей среды. Поэтому в литературе принято обычно концентрировать внимание на отрицательных сторонах биологических инвазий. Однако изложенные материалы показывают, что весьма часто последствия деятельности новых видов (биофильтрация, аэрация донных отложений) способствуют уменьшению эвтрофирования и его отрицательных проявлений и в данном аспекте могут быть оценены как положительные явления. По-видимому, это может рассматриваться как адаптация природных систем к меняющимся условиям среды, поскольку образующиеся в результате новые сообщества функционально более разнообразны и, очевидно, оказываются устойчивее в условиях возросшей биогенной нагрузки.

Работа поддержана грантом ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (Соглашение Минобрнауки РФ №14.В37.21.0651 от 20.08.2012 г.).

### Литература

1. Алимов А.Ф., Голубков С.М. Изменения в экосистемах восточной части финского залива. // Вестник Российской Академии Наук, 2008, т. 78, № 3, с. 223–230.
2. Анцупевич А.Е. Первое обнаружение кумовых (Cumacea) в Финском заливе. // Вестник Санкт-Петербургского университета, серия 3, биология, 2005, вып. 1, с. 82–85.
3. Березина Н.А., Петряшев В.В. Инвазии высших ракообразных (Crustacea: Malacostraca) в водах финского залива (Балтийское море). // Российский журнал биологических инвазий, 2012, № 1, с. 2–18.
4. Германова А.В., Фрумин Г.Т. Поступление биогенных элементов в Балтийское море со стоком трансграничных рек. // Ученые записки РГГМУ, 2012, № 24, с. 100–106.
5. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. – К.: Гл. ред. МСЭ, 1990. – 408 с.
6. Ежова Е.Е. Новый вселенец в Балтийское море – моллюск *Rangia cuneata* (Bivalvia: Mactridae). // Морской экологический журнал, 2012, т. 11, № 1, с. 29–32.

7. *Малявин С.А., Березина Н.А., Хванг Дж.-Ш.* О находке *Chelicorophium curvispinum* Sars 1895 (Amphipoda: Stomatopoda) в Финском заливе Балтийского моря. // Зоологический журнал, 2008, т. 87, № 6, с. 643–649.
8. *Максимов А.А.* Крупномасштабная инвазия *Marenzelleria* spp. (Polychaeta; Spionidae) в восточной части Финского залива Балтийского моря. // Российский Журнал Биологических Инвазий, 2010, № 4, с. 19–31.
9. *Максимов А.А., Еремина Т.Р., Ланге Е.К., Литвинчук Л.Ф., Максимова О.Б.* Режимная перестройка экосистемы восточной части Финского залива в последние годы. // Сборник материалов XIII Международного экологического форума «День Балтийского моря». – СПб., 2012.
10. *Рудинская Л.В., Гусев А.А.* Вселение североамериканского двустворчатого моллюска *Rangia cuneata* (G.B. Sowerby I, 1831) (Bivalvia: Mactridae) в Вислинский залив Балтийского моря. // Российский Журнал Биологических Инвазий, 2012, № 2, с. 115–128.
11. *Телеш И.В.* Влияние биологических инвазий на разнообразие и функционирование сообществ зоопланктона в эстуарных экосистемах балтийского моря (обзор). // Известия Самарского НЦ РАН, 2006, т. 8, № 3, с. 220–232.
12. *Baltic coastal ecosystems. Structure, Function and Coastal Management.* // Eds. E. Schernewski, U. Schiewer. – Springer-Verlag, 2002. – 397 p.
13. *Berezina N.* Changes in aquatic ecosystems of the north-western Russia after introduction of Baikalian amphipod *Gmelinoides fasciatus*. // In: Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats / Ed.: F. Gherardi. – Springer, 2007a, p. 479–493.
14. *Berezina N.A.* Invasions of alien amphipods (Crustacea: Amphipoda) in aquatic ecosystems of North-Western Russia: pathways and consequences. // Hydrobiologia, 2007b, v. 590, p. 15–29.
15. *Berezina N.A.* Expansion of the North American amphipod *Gammarus tigrinus* Sexton, 1939 to the Neva Estuary (easternmost Baltic Sea). // Oceanologia, 2007c, v. 49, № 1, p. 129–135.
16. *Berezina N.A., Golubkov S.M.* Effect of macroalgae proliferation on benthic communities in the easternmost Baltic Sea. // Journal of marine system, 2008, 74S, p. 80–85.
17. *Berezina N.A., Panov V.E.* Establishment of new gammarid species in the eastern Gulf of Finland (Baltic Sea) and their effects on littoral communities. // Proceeding of Estonian academy of sciences. Biology. Ecology, 2003, v. 52, № 3, p. 284–304.
18. *Berezina N.A., Strelnikova A.P.* The role of the introduced amphipod *Gmelinoides fasciatus* and native amphipods as fish food in two large-scale north-western Russian inland water bodies: Lake Ladoga and Rybinsk Reservoir. // Journal of Applied Ichthyology, 2010, v. 26, S2, p. 89–95.
19. *Berezina N.A., Petryashev V.V., Razinkovas A., Lesutiene J.* Alien malacostracan crustaceans in the eastern Baltic Sea: pathways and consequences. // In the Wrong Place – Alien Marine Crustaceans: Distribution, Biology and Impacts / Eds.: P. Clark, B. Galil and J.T. Carlton. Invading Nature – Springer Series in Invasion Ecology, 2011, v. 6, part 3, p. 301–322.
20. *Berezina N., Golubkov S., Gubelit J.* Grazing effects of alien amphipods on macroalgae in the littoral zone of the Neva estuary (Eastern Gulf of Finland, Baltic Sea). // Oceanological and Hydrobiological Studies, 2005, v. 34, suppl. 1, p. 63–82.
21. *Bouma T.J., Olenin S., Reise K., Ysebaert T.* Ecosystem engineering and biodiversity in coastal sediments: posing hypotheses. // Helgol. Mar. Res., 2009, v. 63, p. 95–106.
22. *Dermott R., Kerec D.* Changes to the deepwater benthos of eastern Lake Erie since the invasion of *Dreissena*: 1979–1993 // Can. J. Fish. Aquat. Sci., 1997, v. 54, p. 922–930.
23. *Dinasquet J., Titelman J., Möller L.F. et al.* Cascading effects of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* on the planktonic food web in a nutrient-limited estuarine system // Mar. Ecol. Prog. Ser., 2012, v. 460, p. 49–61.
24. *Gorokhova E., Lehtiniemi M., Viitasalo-Frösen S., Haddock S.* Molecular evidence for the occurrence of ctenophore *Mertensia* ovum in the Northern Baltic Sea and implications for the status of *Mnemiopsis leidyi* invasion. // Limnol. Oceanogr., 2009, v. 54, № 6, p. 2025–2033.
25. HELCOM, 2009. Eutrophication in the Baltic Sea – An integrated thematic assessment of the effects of nutrient enrichment and eutrophication in the Baltic Sea region. // Balt. Sea Environ. Proc., 2009, № 115B, p. 1–148.
26. *Hietanen S., Laine A.O., Lukkari K.* The complex effects of the invasive polychaetes *Marenzelleria* spp. on benthic nutrients dynamics. // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2007, v. 352, p. 89–102.
27. *Herkul K., Kotta J., Kotta I.* Distribution and population characteristics of the alien talitrid amphipod *Orchestia cavimana* in relation to environmental conditions in the Northeastern Baltic Sea. // Helgoland Marine Research, 2005, v. 60, № 2, p. 121–126.

28. *Herkul K., Kotta J.* New records of the amphipods *Chelicorophium curvispinum*, *Gammarus tigrinus*, *G. duebeni*, and *G. lacustris* in the Estonian coastal sea. // *Proceedings of the Estonian Academy Sciences. Biology. Ecology*, 2007, v. 56, p. 290–296.
29. *Herkul K., Kotta J., Puss T., Kotta I.* Crustacean invasions in the Estonian coastal sea. // *Estonian journal of ecology*, 2009, v. 58, p. 313–323.
30. *Herborg L.-M., Rushton S.P., Clare A.S., Bentley M.G.* Spread of the chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis* H.Milne Edwards, 1853) in continental Europe: analysis of a historical data set. // *Hydrobiologia*, 2003, v. 503, p. 21–28.
31. *Javidpour J., Sommer U., Shiganova T.* First record of *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz 1865 in the Baltic Sea. // *Aquat Invasions*, 2006, v. 1, № 4, p. 299–302.
32. *Karlson K., Hulth S., Ringdahl K., Rosenberg R.* Experimental recolonisation of Baltic Sea reduced sediments: survival of benthic macrofauna and effects on nutrient cycling. // *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 2005, v. 294, p. 35–49.
33. *Karlsson O.M., Jonsson P.O., Lindgren D., Malmaeus J.M., Stehn A.* Indications of Recovery from Hypoxia in the Inner Stockholm Archipelago. // *AMBIO*, 2010, v. 39, p. 486–495.
34. *Kekkonen T.* Suomelle uusi katkarapulaji löytyi Hangon Tvarminnesta. // Report of 25.11.2003.
35. *Kemp W.M., Testa J.M., Conley D.J., Gilbert D., Hagy J.D.* Temporal responses of coastal hypoxia to nutrient loading and physical controls. // *Biogeosciences*, 2009, v. 6, p. 2985–3008.
36. *Kotta J.* First record of the talitrid amphipod *Orchestia cavimana* in the northern Baltic Sea. // *Proceedings of the Estonian academy of sciences. Biology. Ecology*, 2000, v. 49, № 2, p. 221–224.
37. *Kube S., Postel L., Honnef C., Augustin C.B.* *Mnemiopsis leidyi* in the Baltic Sea – distribution and overwintering between autumn 2006 and spring 2007. // *Aquatic Invasions*, 2007, v. 2, № 2, p. 137–145.
38. *Leppäkoski E., Olenin S.* The Meltdown of Biogeographical Peculiarities of the Baltic Sea: The Interaction of Natural and Man-made Processes. // *Ambio*, 2001, v. 30, № 4–5, p. 202–209.
39. *Norkko J., Reed D.C., Timmermann K., Norkko A., Gustafsson B.G., Bonsdorff E., Slomp C.P., Carstensen J., Conley D.J.* A welcome can of worms? Hypoxia mitigation by an invasive species. // *Global Change Biology*, 2011, v. 18, № 2, p. 422–434.
40. *Ojaveer H., Gollasch S., Jaanus A., Kotta J., Laine A., Minde A., Normant M., Panov V.E.* Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* in the Baltic Sea – a supply-side invader? // *Biological Invasions*, 2007, v. 9, p. 409–418.
41. *Olenin S., Leppäkoski E.* Non-native animals in the Baltic Sea: alteration of benthic habitats in coastal inlets and lagoons. // *Hydrobiologia*, 1999, v. 393, p. 233–243.
42. *Orlova M.I., Golubkov S.M., Kalinina L.* *N.I. Dreissena polymorpha* (Bivalvia: Dreissenidae) in the Neva Estuary (eastern Gulf of Finland, Baltic Sea): Is it biofilter or source for pollution? // *Marine Pollution Bulletin*, 2004, v. 9, p. 196–205.
43. *Orlova M.I., Telesh I.V., Berezina N.A., Antsulevich A.E., Maximov A.A., Litvinchuk L.F.* Effects of nonindigenous species on diversity and community functioning in the eastern Gulf of Finland (Baltic Sea). // *Helgol. Mar. Res.*, 2006, v. 60, p. 98–105.
44. *Pienimäki M., Helavuori M., Leppäkoski E.* First findings of the North American amphipod *Gammarus tigrinus* Sexton, 1939 along the Finnish coast. // *Memoranda Soc Fauna Flora Fennici*, 2004, v. 80, p. 17–19.
45. *Salemaa H., Hietalahti V.* *Hemimysis anomala* G.O. Sars (Crustacea: Mysidacea) – Immigration of a Pontocaspian mysid into the Baltic Sea. // *Annales Zoologici Fennici*, 1993, v. 30, p. 271–276.
46. *Wallentinus I., Nyberg C.D.* Introduced marine organisms as habitat modifiers. // *Marine Pollution Bulletin*, 2007, v. 5, p. 323–332.
47. *Weinberger F., Buchholz B., Karez R., Wahl M.* The invasive red alga *Gracilaria vermiculophylla* in the Baltic Sea: adaptation to brackish water may compensate for light limitation. // *Aquat. Biol.*, 2008, v. 3, p. 251–264.