

ИЗМЕНЕНИЯ В ДОННЫХ СООБЩЕСТВАХ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА ПОСЛЕ ВСЕЛЕНИЯ ПОЛИХЕТЫ *MARENZELLERIA NEGLECTA*

© 2009 Максимов А.А.

Зоологический институт РАН, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб. 1,
alexeymaximov@mail.ru

Поступила в редакцию 14.08.09

Аннотация

По данным исследований 1997 и 2004 гг. анализируются изменения, произошедшие в донных сообществах восточной части Финского залива после вселения североамериканской полихеты *Marenzelleria neglecta* в 1996 г. В исследованном районе сформировались довольно многочисленные популяции *M. neglecta*. Вселение полихет, однако, пока не привело к заметным изменениям биомассы других компонентов бентоса.

Ключевые слова: биологические инвазии, чужеродные виды, Балтийское море, гипоксия, эвтрофирование, макрозообентос.

Введение

Североамериканская полихета *Marenzelleria neglecta* (ранее *viridis*) Sikorski, Vick, 2004 – один из наиболее успешных чужеродных видов, вселившихся в Балтийское море в последние десятилетия [Zettler et al., 2002]. В Балтийском море данный вид появился в 1985 г. и за короткий срок освоил обширные участки дна в Южной Балтике, заняв в бентосе некоторых районов доминирующее положение [Рудинская, 2000; HELCOM, 1996; Zmudzinski et al., 1996]. В первой половине 1990-х гг. *M. neglecta* распространились в эстонских и финских водах Финского залива [Kotta, Kotta, 1998; Norkko, Bonsdorff, Bostrom, 1993; Stigzelius et al., 1997]. В 1996 г. несколько экземпляров этих полихет были встречены в Лужско-Копорском районе, в пределах российской акватории залива [Ляхин и др., 1997]. Уже на следующий год *M. neglecta* заселили значительные площади дна и стали обычным компонентом донной фауны восточной части Финского залива [Maximov, Panov, 2003].

Цель настоящей работы – выявить изменения, произошедшие в донных сообществах восточной части Финского залива после вселения *M. neglecta*. В связи с этим в июле 2004 г. выполнена подробная бентосная съемка в Лужско-Копорском районе.

Материал и методы исследования

Исследованный район, расположенный у южного побережья Финского залива, включает в себя Копорскую, Лужскую губы и прилегающие к ним открытые участки залива (рис. 1). Этот район в течение многих лет детально исследовался Российским государственным гидрометеорологическим университетом в рамках программы «Балтийский плавучий университет».

В литературе имеются подробные описания гидрологического и гидрохимического режимов [Провоторов, 1999; Nekrasov et al., 1997], а также макрозообентоса [Максимов, 2006; Максимов, Ципленкина, 2007] Лужско-Копорского района. Соленость воды у дна в летний период варьировала в

пределах 4–6‰. В 1996–2003 гг. в глубинных водах района эпизодически наблюдался сильный дефицит кислорода и связанные с ним заморы и гибель донных животных [Максимов, 2003].

Сборы бентоса в 2004 г. проводили на 23 станциях (рис. 1). Обследованный диапазон глубин составил 10–35 м. В качестве орудия лова использовали дночерпатель Ван-Вина с площадью захвата 0.1 м². Пробы промывали через капроновое сито с ячейей 0.4 мм и

фиксируют 4% формалином. Обработку материала проводили в лаборатории по обычной методике. С помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмана анализировали связь между биомассами *M. neglecta* и основных таксонов донных животных. Полученные материалы были сопоставлены с результатами съемки 1997 г., выполненной по аналогичной методике [Максимов, 2006].

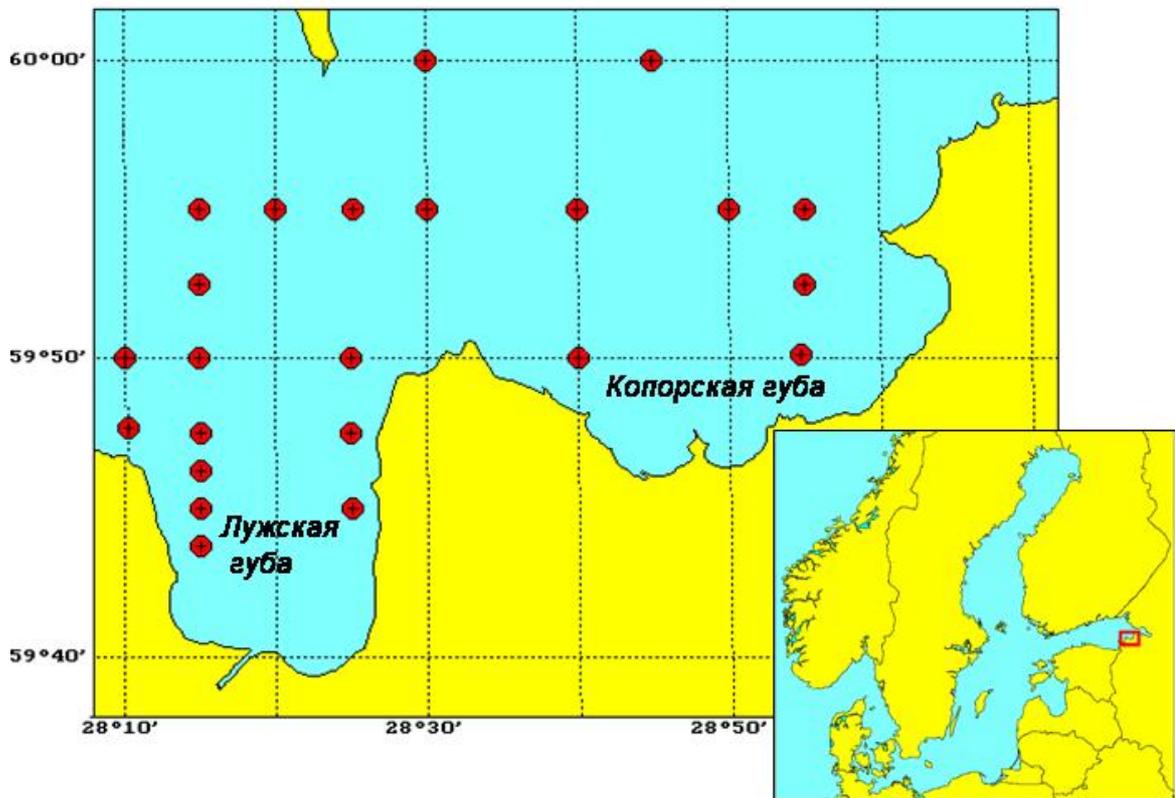


Рис. 1. Картограмма расположения станций в исследованном районе.

Результаты

Донная фауна восточной части Финского залива очень бедна в качественном отношении, в составе сообществ доминируют всего несколько таксонов животных. Распределение биомассы макрозообентоса отличалось крайней неравномерностью: богатые бентосом участки (биомасса более 100

г/м²) чередовались с малонаселенными (рис. 2). На самой глубоководной станции (глубина 35 м) представители макрофауны вообще отсутствовали. Количественное развитие зообентоса было тесно связано с механическим составом донных осадков. В районе могут быть выделены следующие участки:

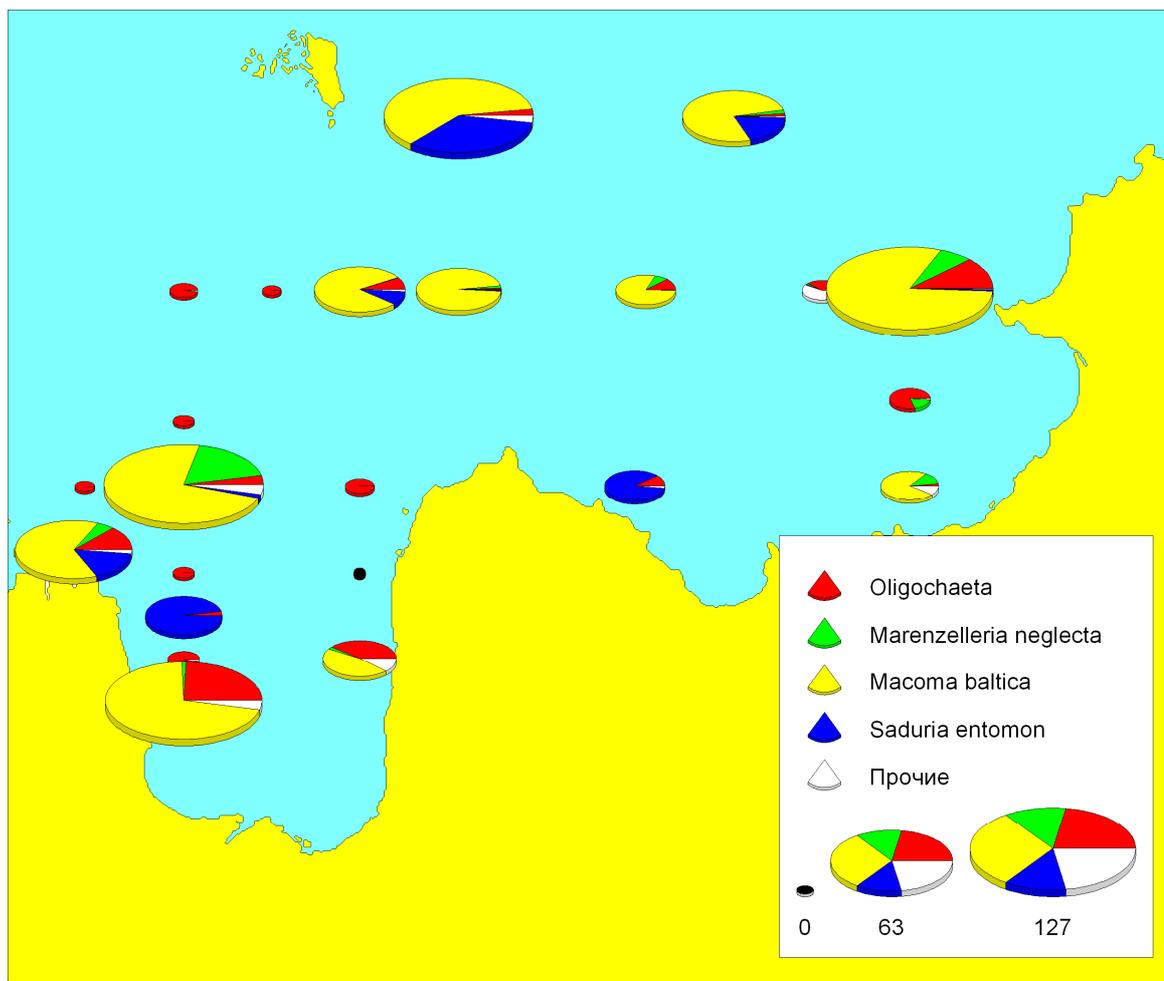


Рис. 2. Биомасса ($\text{г}/\text{м}^2$) животных макрозообентоса в Лужско-Копорском районе Финского залива в июле 2004 г.

1) Черные илы глубоководной зоны, залегающие на глубинах, превышающих 20 м, вследствие гипоксических явлений, периодически возникающих в придонных слоях воды, были практически лишены макрозообентоса, представленного немногочисленными олигохетами, биомасса которых, как правило, не превышала $0.1 \text{ г}/\text{м}^2$.

2) Незаиленные грунты (пески, илстые пески, глина с железомарганцевыми конкрециями), преобладающие в открытых мелководных участках, обычно с высокой биомассой бентоса ($3\text{--}128 \text{ г}/\text{м}^2$). Доминировали двустворчатые моллюски *Macoma balthica* (75% общей биомассы бентоса), *Saduria entomon* (12%), *M. neglecta* (7%) и олигохеты (5%).

3) Илстые грунты в более закрытых мелководных участках (глубины около 10 м), расположенных в Лужской губе,

для которых характерен благоприятный газовый режим придонных вод. Биомасса животных здесь составляла $111 \text{ г}/\text{м}^2$. На долю *M. balthica* приходилось 72% общей биомассы бентоса, второй по значению группой были олигохеты (24%). *M. neglecta* составляли всего 2% суммарной биомассы.

За восемь лет, прошедшие после вселения *M. neglecta*, в Лужско-Копорском районе сформировались довольно многочисленные популяции этого вида. Особенно высокая биомасса полихет ($20 \text{ г}/\text{м}^2$) отмечена на станции, где в 1996 г. была сделана первая находка этого вида в восточной части Финского залива (рис. 3). В настоящее время *M. neglecta* стали одним из ведущих компонентов бентоса, занимая 2–3 места по биомассе. Какого-либо отрицательного влияния *M. neglecta* на местные виды донных животных, однако,

отмечено не было. Биомасса полихет положительно коррелировала с биомассой остальных доминирующих таксонов донных животных, а также с общей биомассой бентоса (табл. 1). Сравнение с данными 1997 г. также

показывает, что вселение *M. neglecta* пока не привело к заметным изменениям, как общей биомассы бентоса, так и биомассы отдельных видов (рис. 3, табл. 2).

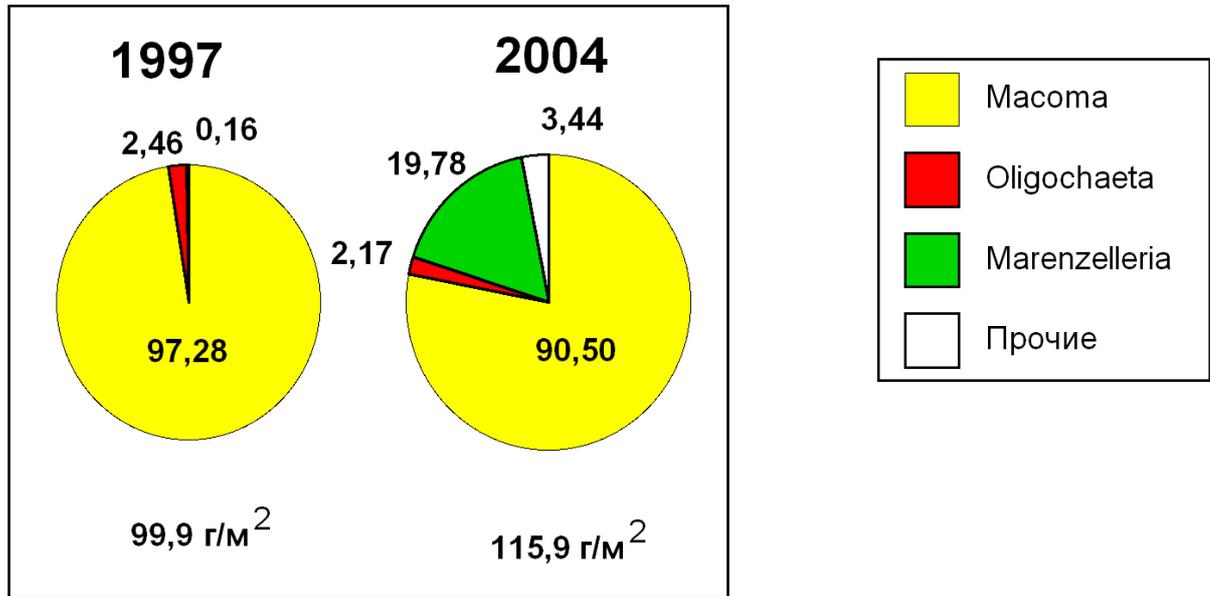


Рис. 3. Биомасса (г/м^2) животных макрозообентоса в 1997 и 2004 гг. на станции, где была сделана первая находка *Marenzelleria neglecta*.

Таблица 1: Коэффициенты ранговой корреляции Спирмана между биомассой доминирующих таксонов донных животных

	<i>Macoma</i>	<i>Saduria</i>	<i>Marenzelleria</i>	Oligochaeta	Прочие	Весь бентос
<i>Macoma</i>	1					
<i>Saduria</i>	0.446*	1				
<i>Marenzelleria</i>	0.800*	0.337	1			
Oligochaeta	0.605*	0.249	0.644*	1		
Прочие	0.693*	0.489*	0.726*	0.734*	1	
Весь бентос	0.886*	0.671*	0.816*	0.726*	0.802*	1

* – статистически значимые коэффициенты ($P < 0.05$).

Таблица 2: Средняя биомасса животных макрозообентоса ($\text{г/м}^2 \pm$ стандартная ошибка) на станциях, обследованных в 1997 и 2004 г.

Таксон	1997 г.	2004 г.
<i>Macoma balthica</i>	45.6±17.3	40.8±14.6
<i>Saduria entomon</i>	5.8±1.9	5.0±4.9
<i>Marenzelleria neglecta</i>	0	3.9±2.5
Oligochaeta	1.7±0.5	2.3±1.0
Прочие	0.9±0.6	0.8±0.3
Всего	54.0±18.0	53.6±18.6

Обсуждение

Вселение *M. neglecta* в Балтийское море привело к появлению новой функциональной группы в бентосе. Эти полихеты являются активными биотурбаторами и проникают в толщу грунта значительно глубже (до 40 см), чем местные виды животных, что ведет к резкой интенсификации процессов на границе воды с донными отложениями и может существенным образом отражаться на структурно-функциональных характеристиках природных сообществ.

Многочисленными экспериментальными исследованиями [Kotta, 2000; Neideman et al. 2003; Kotta et al., 2006] показано отрицательное взаимодействие между *M. neglecta* и многими массовыми представителями фауны. Результаты натуральных исследований менее определены. В ряде случаев вселение полихет не сказывалось заметно на количественных показателях остальных компонентов бентоса, в других – их появление сопровождалось резким снижением численности аборигенных видов [HELCOM 1996; Zettler, 1997; Zettler et al., 2002], что приводило к значительной перестройке структуры исходных донных сообществ. Особенно значительные изменения произошли в Вислинском заливе, где полихеты вытеснили доминировавших ранее пресноводных личинок хирономид и олигохет (см., например, [Zmudzinski, 1996]). Массовое развитие *M. neglecta* привело также к многократному увеличению общей биомассы бентоса. Однако впоследствии отмечено снижение численности этого вида и частичное восстановление исходного сообщества [Рудинская, 2000а; Ezhova et al., 2005].

В восточной части Финского залива появление полихет пока не повлекло за собой каких-либо существенных изменений количественных характеристик местных видов донных беспозвоночных, также как и всего макрозообентоса. Хотя на отдельных станциях встречены развитые популяции *M. neglecta*, в целом, по сравнению

с Южной Балтикой, численность и биомасса этих полихет в исследованном районе остаются незначительными. Распространение *M. neglecta* в восточной части Финского залива лимитировано низкой соленостью воды. Данный вид существует здесь на пределе своих физиологических возможностей. Хотя *M. neglecta* – эвригалинные животные, способные существовать в пресной воде, однако их успешное размножение возможно только при солености не ниже 5‰ [Bochert, 1997]. Такая соленость обычна для придонных вод глубоководной зоны залива. Однако успешному распространению полихет в этих участках препятствуют эпизодические гипоксийно-аноксийные явления. Определенную роль в ограничении распространения полихет в открытых районах, по-видимому, играет также преобладание в глубоководной зоне пелитовых илов, из-за недостаточной стабильности менее благоприятных для этих обитающих в глубоких норках животных, чем песчаные и илисто-песчаные грунты [Kube et al., 1996]. Последние в условиях восточной части Финского залива встречаются преимущественно в сильно опресненных мелководных участках, где и были встречены наиболее многочисленные поселения этого вида.

В экспериментальных условиях выживаемость *M. neglecta* уменьшалась в присутствии крупных особей *M. balthica*, по-видимому, вследствие конкуренции за пищу [Kotta et al., 2006]. Оба вида относятся к трофической группе поверхностных детритофагов и сестонофагов и эксплуатируют один и тот же источник пищи. Они питаются на границе вода–грунт, потребляя как детрит с поверхности субстрата, так и взвешенные частицы из придонной воды. Конкурентное превосходство аборигенных моллюсков над чужеродными полихетами рассматривается как потенциальный фактор, способный ограничить дальнейшую экспансию *M. neglecta* и уменьшить отрицательные последствия их инвазии для донных

сообществ Балтийского моря [Zettler et al., 2002; Kotta et al., 2006]. В исследованном нами районе, однако, каких-либо отрицательных взаимодействий между *M. neglecta* и *M. balthica*, а также остальными таксонами бентосных животных не отмечено. Чужеродные полихеты были наиболее обильны на тех же станциях, где и аборигенные представители бентоса, что отражается в положительной корреляции между биомассами основных компонентов бентоса. При этом самый высокий коэффициент корреляции (+0.8) был отмечен именно между *M. neglecta* и *M. balthica* (табл. 1). Это, по-видимому, свидетельствует об отсутствии или, по крайней мере, менее напряженных конкурентных отношениях между двумя видами, возможно, вследствие высокого уровня трофности вод восточной части Финского залива (см., например, [Голубков и др., 2004]). Так, например, в Рижском заливе отрицательное влияние моллюсков на полихет отмечалось только в малопродуктивных участках, а в сильно эвтрофированных отсутствовало [Kotta et al., 2006]. Отсутствие или слабая выраженность отрицательных межвидовых взаимодействий вселившихся полихет с местными обитателями дна, по-видимому, типичны для эвтрофных вод балтийских эстуариев, где межвидовая конкуренция за пищу снижена вследствие высокой первичной продукции планктона и низкого разнообразия бентоса [Kube et al., 1996; Zettler, 1997; Zettler et al., 2002; и др.].

Благодарности

Автор благодарит Т.Р. Еремину за предоставленную возможность участвовать в экспедициях Российского государственного гидрометеорологического университета и экипаж катамарана «Центаурус-II» за помощь в сборе материала. Финансирование работ осуществлялось за счет ФЦП «Мировой Океан», программы Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика

генофонда» и РФФИ (гранты 08-04-00101-а и 08-04-92421-БОНУС_а).

Литература

- [1] Голубков С.М., Максимов А.А., Шилин М.Б. Исследование характеристик эвтрофирования восточной части Финского залива // Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. – Вып.1. Апатиты: Издательство Кольского научного центра РАН, 2004.- С.250-265.
- [2] Ляхин Ю.И., Макарова С.В., Максимов А.А., Савчук О.П., Силина Н.И. Экологическая обстановка в восточной части Финского залива в июле 1996 г. // Проблемы исследования и математического моделирования экосистемы Балтийского моря. Вып. 5 Экосистемные модели. Оценка современного состояния Финского залива. Ч. 2 Гидрометеорологические, гидрохимические, гидробиологические, геологические условия и динамика вод Финского залива. СПб.: Гидрометеоздат, 1997. С. 416–434.
- [3] Максимов А.А. Многолетние изменения макрозообентоса как показатель эвтрофирования восточной части Финского залива // Сборник научных трудов ГосНИОРХ, 2006, Вып. 331, т.2, С. 77–91.
- [4] Максимов А.А., Ципленкина И.Г. Современное состояние макрозообентоса восточной части Финского залива // Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна. – Вып.2. Апатиты: Издательство Кольского научного центра РАН, 2007. – С.503–507.
- [5] Провоторов П.П. Термохалинная структура вод // Финский залив в

- условиях антропогенного воздействия. СПб., 1999. С.35–42.
- [6] Рудинская Л.В. Динамика биомассы и численности *Marenzelleria viridis* и ее влияние на структуру бентосного сообщества Вислинского залива // Виды-вселенцы в европейских морях России. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. С. 193–202.
- [7] Рудинская Л.В. Влияние солености воды на структуру сообщества донных беспозвоночных в Вислинской лагуне Балтийского моря // Гидробиологические исследования в бассейне Атлантического океана. Калининград: Изд. АтлантНИРО, 2000а. С. 50–58.
- [8] Bochert R. *Marenzelleria viridis* (Polychaeta: Spionidae): a review of its reproduction // Aquat. Ecol. 1997. V. 31. P. 163–175.
- [9] Ezhova E., Zmudzinski L., Maciejewska K. Long-term trends in the macrozoobenthos of the Vistula Lagoon, southern Baltic Sea. Species composition and biomass distribution // Bulletin of the Sea Fisheries Institute. 2005. V. 1(164). P. 55–73.
- [10] HELCOM 1996. Third periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea, 1989–93; Background document // Baltic Sea environment proceedings. No.64B. P. 3–252.
- [11] Kotta J. Impact of eutrophication and biological invasions on the structure and functions of benthic macrofauna. Dissertationes biologicae Universitatis Tartuensis // Tartu: Institute of Zoology and Hydrobiology, 2000. 25 p.
- [12] Kotta J., Kotta I. Distribution and invasion ecology of *Marenzelleria viridis* in the Estonian coastal waters // Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol., 1998, 47, 3, p.212 – 220.
- [13] Kotta J., Kotta I., Simm M. et al. Ecological consequence of biological invasions: three invertebrate case studies in the north-eastern Baltic Sea // Helgol. Mar. Res. 2006. V. 60. P. 106–112.
- [14] Kube J., Zettler M.L., Gosselck F. et al. Distribution of *Marenzelleria viridis* (Polychaeta: Spionidae) in the Southwestern Baltic Sea in 1993/94 – ten years after introduction // Sarsia. 1996. V. 81. P. 131–142.
- [15] Maximov A.A. Changes of bottom macrofauna in the eastern Gulf of Finland in 1985–2002 // Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol. 2003. V. 52. № 4. P. 378–393.
- [16] Maximov A.A., Panov V.E. Distribution and abundance of alien polychaete *Marenzelleria viridis* in the eastern Gulf of Finland // Baltic Sea Science Congress 2003. Abstract Publication. Helsinki, 2003. P. 192.
- [17] Neideman R., Wenngren J., Olafsson E. Competition between the introduced polychaete *Marenzelleria sp.* and the native amphipod *Monoporeia affinis* in the Baltic soft bottoms // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2003. V. 264. P. 49–55.
- [18] Nekrasov A.V., Lyakhin Y.I., Chantsev V.Y., Galtsova V.V. Main results of the Unesco Baltic Floating University Activities within The Gulf of Finland Year Project // Proceedings of the Final Seminar of the Gulf of Finland Year 1996 (March 17–18, 1997, Helsinki). Helsinki, 1997. – P. 349–371.
- [19] Norkko A., Bonsdorff E., Bostrom C. Observation of the polychaete *Marenzelleria viridis* (Verril) on a shallow sandy bottom on the south coast of Finland // Memoranda Soc.Fauna Flora Fennica. 1993. V. 69. P. 112–113.
- [20] Stigzelius J., Laine A., Rissanen J., Andersin A.-B., Ilus E. The introduction of *Marenzelleria viridis* (Polychaeta, Spionidae) in the Gulf of Finland and the Gulf of Bothnia (the northern Baltic Sea) // Ann. Zool. Fennici. 1997. V. 34. № 3. P. 205–212.
- [21] Zettler M. The newcomer *Marenzelleria viridis* (Verril, 1873), its development and influence on the indigenous macrozoobenthos in a coastal water of the southern Baltic // Proceedings of the 14th Symposium of

- Baltic Marine Biologists. 1997. P. 280-296.
- [22] Zettler M.L., Daunys D., Kotta J., Bick A. History and success of invasion into the Baltic Sea: the polychaete *Marenzelleria* cf. *viridis*, development and strategies // Invasive aquatic species of Europe. Kluwer Academic Publishers, 2002. P. 66–75.
- [23] Zmudzinski L. The effect of the introduction of the american species *Marenzelleria viridis* (Polychaeta, Spionidae) on the benthic ecosystem of Vistula Lagoon // Marine Ecology 1996. V. 17(1-3). P. 221-226.
- [24] Zmudzinski L., Chubarova-Solovjeva S., Dobrovolski Z., Gruszka P., Olenin S., Wolnomiejski N. Expansion of the spionid polychaete *Marenzelleria viridis* in the southern part of the Baltic Sea // Proceedings of the 13th Symposium of the Baltic Marine Biologists. 1996. P.127–129.

**CHANGES IN BOTTOM COMMUNITIES
OF THE EASTERN GULF OF FINLAND AFTER
INTRODUCTION OF THE POLYCHAETE
*MARENZELLERIA NEGLECTA***

© 2009 Maximov A.A.

Zoological Institute of the RAS, 199034, Universitetskaya nab.1, St.-Petersburg, Russia,
alexeymaximov@mail.ru

Abstract

Changes in the bottom communities of the eastern Gulf of Finland after introduction of the North American polychaete *Marenzelleria neglecta* in 1996 were analyzed on the basis of the data of 1997 and 2004 surveys. Rather abundant populations of *M. neglecta* were formed in the study area. However, as yet, polychaete introduction did not cause the pronounced changes of biomass of other benthos components.

Key words: biological invasions, alien species, the Baltic Sea, hypoxia, eutrophication, macrozoobenthos.