

УДК 574.522 (261.246)

## НЕКОТОРЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ МАКРОЗООБЕНТОСА ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ В 1997-2011 ГГ.

Е.Е. Ежова\*, О.В. Кочешкова\*

\*Атлантическое отделение Института океанологии имени П.П. Ширшова  
(АО ИО РАН), Россия, 236022, г. Калининград, пр. Мира, 1  
E-mail: igelinez@gmail.com

Обобщены результаты мониторинговых исследований АО ИО РАН в 1997-2011 гг. по макрозообентосу Вислинского залива. Показано, что с начала 2000-х гг. наблюдалось существенное снижение общей биомассы зообентоса. Динамика количественных показателей определена более всего динамикой доминантного вида *Marenzelleria neglecta*, роль которого снижалась на протяжении десятилетия. Выявлена положительная связь биомассы и численности с температурой для олигохет и моллюсков-гидробиид и отрицательная – для полихет, что хорошо объясняется экофизиологическими требованиями и зоогеографической принадлежностью массовых видов. Выявлено заметное изменение структуры бентоценоза – за 15-летний период группа полихет утратила доминирующую роль, руководящей группой стали двустворчатые моллюски.

*макрозообентос, Вислинский залив, биомасса, Marenzelleria neglecta, гидробииды, олигохеты, Rangia cuneata*

### ВВЕДЕНИЕ

Имеется немало публикаций о состоянии зообентоса Вислинского залива в конце XX – начале XXI вв. Работы Л.В. Рудинской [1, 2], Е.Е. Ежовой [3], Е.Е. Ежовой с соавт. [4-6] исследуют динамику, распределение и структуру зообентоса до 2000-2002 гг. Описаны распределение, динамика, особенности биологии полихет [1, 7], креветки-вселенца [8], инвазия моллюска *Rangia cuneata* [9, 10]. В то же время, количественные данные по изменчивости бентоценоза с начала 2000-х пока отсутствуют в научной печати. Конец 1990-х -2000-х гг. весьма интересен, поскольку в Юго-Восточной Балтике, и особенно в мелководных заливах, отчетливо проявились тренды в изменении климатических факторов, в частности, температуры [11, 12]. Цель настоящей работы – рассмотреть изменчивость количественных показателей и структуры макрозообентоса в 1997-2011 гг.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использованы фондовые материалы АО ИО РАН по зообентосу Вислинского залива. Проанализировано более 1500 проб, отобранных дночерпателем Петерсена (0,025 м<sup>2</sup>) и ДАК-100 (0,01 м<sup>2</sup>) на 29 станциях (рис. 1) с мая по август в 1997-2011 гг. Пробы фиксировали 4 %-ным раствором формалина и обрабатывали по стандартной методике. Организмы определяли до вида, подсчитывали и взвешивали на торсионных весах с точностью до 0,0005 г

групповым методом [13]. Средние значения биомассы и численности бентоса для летнего сезона рассчитаны по данным 1997-2011 гг., отнесенным к биологическому лету по температурному критерию (конец мая, июнь, июль, август, начало сентября), структуру популяции оценивали по данным 1997-2011 гг. (май-август).

Статистическая обработка выполнена в программах Microsoft Excel и Statistica 7,0, корреляции с температурой считали на данных ежедневного измерения температуры воды и воздуха, любезно предоставленных старшим научным сотрудником АО ИО РАН Ж.И. Стонт. Расположение станций отбора проб приведено на рис. 1.

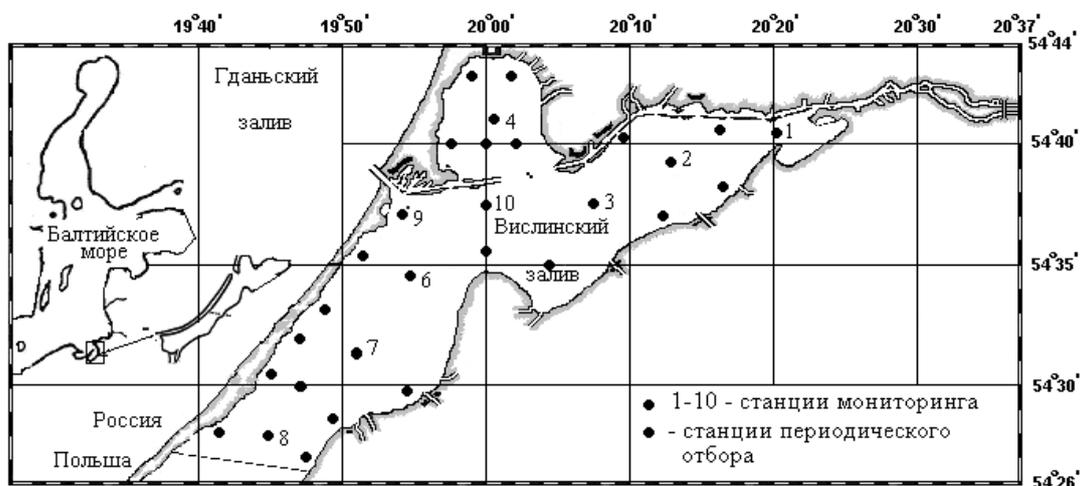


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб в Вислинском заливе (русская часть)

Fig. 1. Scheme of sampling site location in the Vistula Lagoon (the Russian part)

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На данных 1997-2010 гг. отчетливо выражен линейный тренд к уменьшению общей средней биомассы макрозообентоса. Можно выделить период относительно высокой биомассы (34,5-107,8 г/м<sup>2</sup>) – среднелетние значения почти на порядок выше величин, характерных для всего предыдущего периода количественных исследований зообентоса в заливе, и период относительно низкой биомассы (31,7-8,8 г/м<sup>2</sup>). Резкое снижение биомассы приходится на 2000 г., и в дальнейшем тренд к снижению сохраняется до 2011 г. (рис. 2 А). Показатели среднелетней биомассы в 2001-2010 г. близки к уровню, наблюдавшемуся до вселения полихеты *M. neglecta* в 1988 г. [1]. В 2011 г. вновь отмечен пик количественного развития зообентоса (142 г/м<sup>2</sup>), превысивший все когда-либо зарегистрированные в заливе значения среднелетней биомассы. В 2011 г. в заливе нами был обнаружен новый чужеродный вид – моллюск *Rangia cuneata* (G.V. Sowerby I, 1831), отсутствовавший в бентосных пробах в июле 2010 г. [9]. Исходно *R. cuneata* распространена в Антило-Бразильской тропическо-экваториальной зоне и южнобореальной Восточно-Атлантической зоне. Средняя по заливу биомасса макрозообентоса летом 2011 г. составила  $142 \pm 25,7$  г/м<sup>2</sup>, а максимальная биомасса рангии превышала 800.

Изменения численности в межгодовом аспекте имеют более сложный характер (рис. 2 Б), не вполне согласованный с ходом биомассы. Однако за исключением 2004 г. (максимальная величина за период исследования – 34,1 тыс. экз./ м<sup>2</sup>), показатели численности в 2000-е гг. ниже, чем в конце 1990-х.

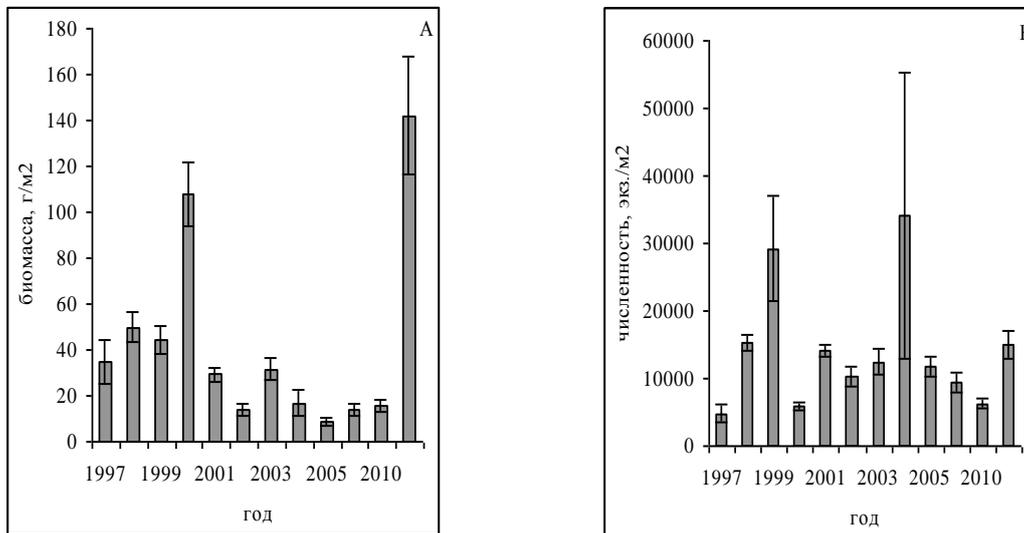


Рис. 2. Общая биомасса (А) и численность (Б) зообентоса в Вислинском заливе, 1997 - 2011 гг. (средние для летнего сезона)

Fig. 2. Total biomass (A) and density (Б) of zoobenthos in the Vistula Lagoon, 1997-2011 (mean values for summer season)

Как высокий уровень биомассы в 1997-2000 гг., так и последующее ее снижение определены, главным образом, динамикой биомассы основного доминантного вида зообентоса – североамериканской полихеты-вселенца *M. neglecta* (рис. 3).

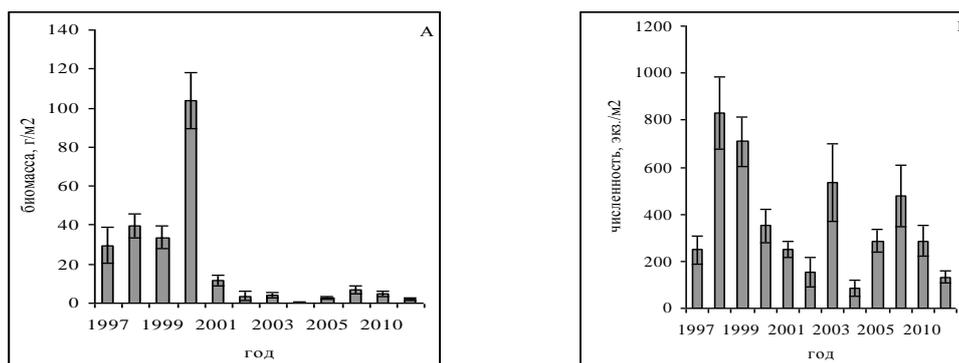


Рис. 3. Динамика биомассы (А) и численности (Б) *Marenzelleria neglecta* в российской части Вислинского залива, 1997- 2011 гг. (средние значения для летнего сезона)

Fig. 3. Dynamics of biomass (A) and density(Б) of *Marenzelleria neglecta* (mean values for the summer season) in the Russian part of the Vistula Lagoon, 1997-2011

Динамика численности мARENцеллерии не обнаруживает направленной тенденции, аналогичной динамике биомассы, и скорее имеет характер флуктуаций (рис. 3 Б). Согласованный ход обоих количественных показателей наблюдается лишь в 1997-1999 гг. В последующие годы низким величинам средней биомассы часто соответствуют высокие показатели численности. Рассчитанная средняя масса особи оказалась почти на порядок меньше в 2002-2010 гг. в сравнении с 1997-2001 гг. Это свидетельствует о неблагоприятном состоянии популяции полихеты-вселенца на протяжении ряда лет.

Годы с низкой средней биомассой мARENцеллерии (2001, 2002, 2004) доминантного вида бентоса отличались максимальными или высокими значениями биомассы двух массовых групп – моллюсков-гидробиид (рис. 4 А) и олигохет (рис. 4 Б).

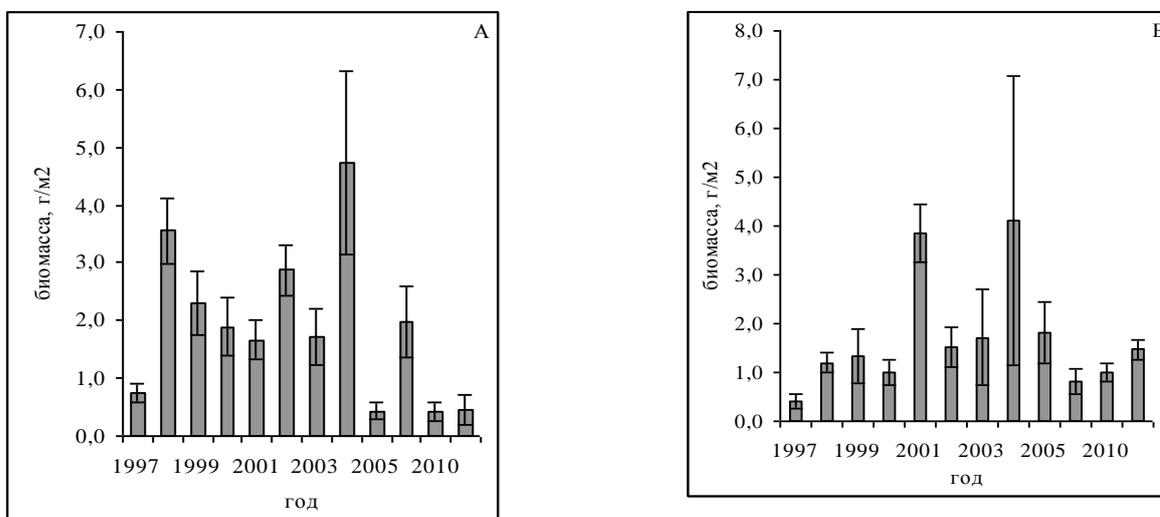


Рис. 4. Динамика биомассы моллюсков-гидробиид (А) и олигохет (Б) в российской части Вислинского залива, 1997- 2011 гг. (средние для летнего сезона)  
 Fig. 4. Dynamics of biomass of hydrobiids (А) and oligochaetes (Б) (mean values for the summer season) in the Russian part of the Vistula Lagoon, 1997-2011

В период нашего исследования наиболее существенные изменения абиотических факторов в районе Вислинского залива отмечены для температуры воздуха и воды: обнаружен явно выраженный и статистически значимый линейный положительный тренд среднесуточных (околополуденных) температур воздуха и воды. Причем, «скорость роста температуры воды превышает скорость роста температуры воздуха фактически в 2 раза (0,17 и 0,09°C в год соответственно) [11, б]. В связи с этим была оценена связь количественных показателей для массовых организмов бентоса с температурой.

Показано наличие средней отрицательной связи биомассы (В) и численности (N) с температурой для двух видов массовых полихет - северо-бореального вида *M. neglecta* (11, 9) и бореального *Hediste diversicolor* (8, 4).

$$T = 19,321 - 0,0025 * N \text{ (коэф. корреляции } - 0,4); \quad (1)$$

$$T = 19,182 - 0,078 * B \text{ (коэф. корреляции } - 0,5); \quad (2)$$

$$T = 18,849 - 0,008 * N \quad (\text{коэф. корреляции} - 0,3); \quad (3)$$

$$T = 18,922 - 0,119 * B \quad (\text{коэф. корреляции} - 0,4). \quad (4)$$

Напротив, средняя положительная связь с температурой найдена для биомассы (B) западно-пацифического южнобореального моллюска (вселенец из Новой Зеландии) *Potamopyrgus antipodarum* (5) и очень сильная – для группы олигохет, в составе которой 3 из 6 обнаруженных в заливе видов принадлежат к понто-каспийской фаунистической группе (6,7).

$$T = 17,136 + 0,724 * B \quad (\text{коэф. корреляции} + 0,5); \quad (5)$$

$$T = 16,210 + 0,33e^3 * N \quad (\text{коэф. корреляции} + 0,8); \quad (6)$$

$$T = 16,255 + 0,852 * B \quad (\text{коэф. корреляции} + 0,7). \quad (7)$$

Структура зообентоса претерпела заметную перестройку в период 1997-2011 гг: от абсолютного доминирования полихет в конце 1990-х гг., через примерно равную представленность хирономид, моллюсков-гидробиид, полихет и олигохет – до почти полного преобладания двустворчатых моллюсков (рис. 5).

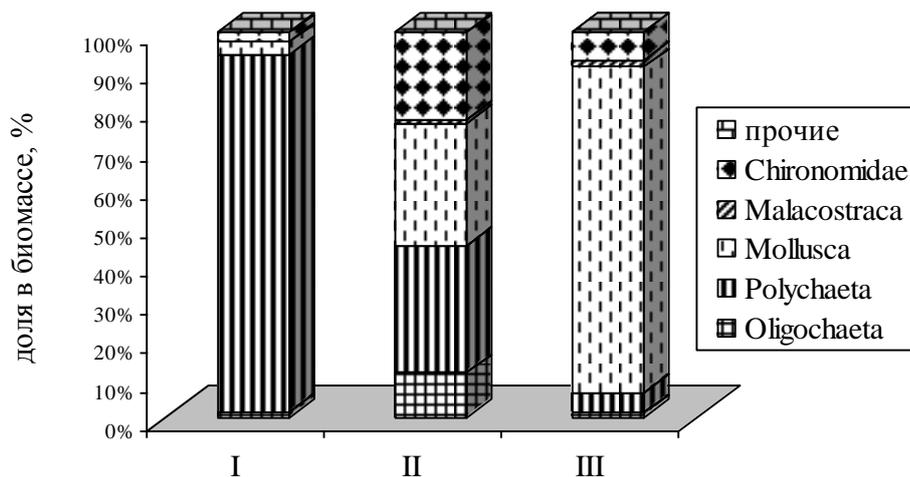


Рис. 5. Вклад основных групп в общую биомассу макрозообентоса:

I – 1998 и 2000 гг.; II – 2002, 2005, 2010 гг.; III – 2011 г.

Fig. 5. Contribution of main groups of macrozoobenthos into total benthic biomass:

I- 1998 and 2000; II - 2002, 2005, 2010; III – 2011

#### ОБСУЖДЕНИЕ

С конца 1980-х начала 1990-х [9] в Вислинском заливе наблюдалось значительное увеличение общей биомассы бентоса по сравнению с предыдущими десятилетиями. Выше показано, что на рубеже веков оно сменилось снижением общей биомассы бентоса, при этом направленность изменений количественных показателей у разных массовых видов и групп не совпадала. По нашему мнению, полученные результаты во многом могут быть объяснены исходя из экологии

рассматриваемых видов (групп) и характера изменчивости температурного фактора в рассматриваемый период.

Важными для понимания направленности развития популяций массовых видов при изменениях климата являются «несколько интегральных показателей биологической продуктивности: темп роста, массонакопление, темп и возраст созревания, условия и сроки наступления разных этапов жизненного цикла» [14]. Благоприятные, оптимальные, летальные и сублетальные температурные диапазоны неодинаковы для видов различного географического происхождения. При обитании в диапазоне благоприятных и тем более – оптимальных значений факторов температуры и солености происходит наиболее рациональное распределение энергии пищи, покрывающей затраты на развитие, энергетический и пластический обмен. Значительная ее доля направляется на прирост массы тела, увеличение плодовитости, накопление резервных веществ [14]. На популяционном уровне «наилучшее массонакопление, наибольшая устойчивость биомассы и численности наблюдается в зоне благоприятных температур» [14], максимальное же благоприятствование нересту и развитию – в оптимальном диапазоне фактора, как правило, видоспецифичном [15]. Температура воды, оптимальная для полового размножения гидробионтов, – генетически закрепленный видовой признак [15, 16].

Приуроченность размножения к определенным оптимальным для этого процесса температурам связана с диапазоном толерантности ранних стадий жизненного цикла – яиц, личинок, молоди, к температуре (то же – к солености) более узким, чем у взрослых гидробионтов [14, 16].

Отмеченная нами отрицательная популяционная динамика, а также снижение индивидуальной массы особи в межгодовом аспекте для доминантной полихеты *M. neglecta* должны интерпретироваться в связи с показанным для поверхностных вод Вислинского залива достоверным положительным температурным трендом за период 1997-2007 [11, 12]. Исходное географическое распространение полихет рода *Marenzelleria* до широкомасштабной экспансии в европейские воды в конце 1980-х гг. было ограничено преимущественно высокобореальными водами северного полушария. Виды этого рода относятся к холодноводным. Размножение *M. neglecta* в условиях Балтийского моря приурочено к холодному сезону года, в Вислинском заливе – с сентября по декабрь. Климатический тренд последних десятилетий для региона Балтийского моря, в Вислинском заливе, выразившийся в повышении среднегодовой и среднесезонных температур, очевидно, не должен благоприятно сказываться на соматической и генеративной продукции холодолюбивого вида. Найденная отрицательная корреляция между биомассой полихет и температурой подтверждает данное предположение.

В составе обеих групп донных беспозвоночных, для которых показана положительная корреляция с температурой, – моллюсков-гидробиид и олигохет, важную роль играют тепловодные виды – южнобореальный моллюск-вселенец (Новая Зеландия) *Potamopyrgus antipodarum* и три вида олигохет, относящихся к понто-каспийскому фаунистическому комплексу [12].

2011 г. вновь принес резкое (на порядок) возрастание средней биомассы зообентоса, и вновь причиной изменения явился экзотический вид-вселенец, крупный моллюск *Rangia cuneata*. Это, как и маренцеллерия, североамериканский

вид, однако его нативный ареал располагается в тепловодной южнобореальной Восточно-Атлантической зоне, а также заходит в экваториально-тропическую Антило-Бразильскую зону. Физиологические особенности, в частности – теплолюбивость нового успешного вселенца, по нашему предположению, обеспечили моллюску значительное преимущество перед маренцеллерией в экстремально жарком 2010 г.

Кроме климатических факторов и антропогенного биологического загрязнения (вселение чужеродных видов с балластными водами), важным фактором, формирующим облик донного населения залива, вероятно, является высокий и непрерывно возрастающий на протяжении последних десятилетий трофический статус залива. Известно, что повышение трофического статуса и нестабильности среды способствует развитию популяций оппортунистических видов. В Вислинском заливе к ним можно отнести, в частности, олигохет и брюхоногих моллюсков–гидробиид.

### ВЫВОДЫ

1. С начала 2000-х гг. наблюдалось постепенное снижение общей биомассы зообентоса.

2. Динамика биомассы бентоса была определена более всего динамикой доминантного вида *Marenzelleria neglecta*, роль которого снижалась на протяжении десятилетия.

3. Выявлена положительная связь биомассы и численности с температурой для олигохет и моллюсков-гидробиид и отрицательная – для полихет.

4. Различная направленность популяционных изменений основных массовых видов бентоса залива хорошо согласуется с положительным трендом температуры воды и объясняется экофизиологическими требованиями и зоогеографической принадлежностью массовых видов. Климатические изменения в период исследования благоприятствовали тепловодным элементам фауны и оказывали негативное воздействие на холодноводных.

5. Выявлено изменение структуры бентоценоза – за 15-летний период группа полихет утратила доминирующую роль, руководящей группой стали двустворчатые моллюски

*Авторы признательны старшему научному сотруднику АО ИО РАН Ж.И. Стонит за предоставление данных по температуре.*

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рудинская, Л.В. Динамика биомассы и численности *Marenzelleria viridis* и ее влияние на структуру бентосного сообщества Вислинского залива / Л.В. Рудинская // Виды вселенца в европейских морях России. Апатиты: сб. науч. тр. – М., 2000.– С. 193 -203.

2. Rudinskaya, L.V. Water salinity impact upon bottom invertebrates structure in the Vistula Lagoon // Freshwater fish and herring populations in the coastal lagoons. Environment and fisheries: Proceedings of Symposium, Gdynia, Poland, 6-7 May, 1998. – Gdynia: Sea Fisheries Institute, 1999. – P. 202-219.

3. Ezhova, E.E.. Zoobenthos of the Vistula lagoon. [in:]Geology of the Gdansk basin, Baltic Sea, E.M.Emelyanov [ed]. Izd.Jantarny Skaz, Kaliningrad, 2002, pp. 366-371.
4. Ежова, Е.Е. Новые данные по макробентосу Вислинского залива Балтийского моря / Е.Е. Ежова, М.В. Павленко // Состав и структура морского донного населения: сб. науч. тр. – М.: Изд-во ВНИРО, 2001. – С. 40 - 45.
5. Ежова, Е.Е. Вислинский залив. Макрозообентос / Е.Е. Ежова, Л.В. Рудинская, М.В. Павленко-Лятун // Закономерности структурно-функциональной организации водных экосистем различного типа. – М.: Научный мир, 2004. – С. 146 -164.
6. Ezhova, E., Żmudziński, L., Maciejewska, K. Long-term trends in macrozoobenthos of the Vistula Lagoon, SE Baltic Sea. Species composition and biomass distribution // Bull. Sea Fisheries Inst. 2005. № 1 (164).– P. 55 -73.
7. Кочешкова, О.В. Распределение *Streblospio benedicti* (Webster, 1879) и *Manayunkia aestuarina* (Bourne, 1883) (Annelida: Polychaeta) в Вислинском заливе Балтийского моря / О.В. Кочешкова, С.Г. Матвий // Биология внутренних вод. – Т. 4. – 2009. – С. 35 - 43.
8. Ежова, Е.Е. Распространение и некоторые особенности биологии *Palaemon elegans* (Decapoda, Palaemonidae) в Юго-Восточной Балтике – новой для вида акватории / Е.Е. Ежова // Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований (Вологда, 24–28 ноября 2008 г.): сб. тр. всерос. конф.– Вологда, 2008. – С. 152-155.
9. Ежова, Е.Е. Новый вселенец в Балтийское море – моллюск *Rangia cuneata* (Bivalvia: Mactridae) / Е.Е. Ежова // Морской экологический журнал.– 2012. – № 1.– С. 29-32
10. Рудинская, Л.В. Вселение североамериканского двустворчатого моллюска *Rangia cuneata* (G.V. Sowerby I., 1831) (Bivalvia: Mactridae) в Вислинский залив Балтийского моря / Л.В. Рудинская, А.А. Гусев // Российский журнал биологических инвазий. – № 2. – 2012. – С. 115 -128.
11. Абрамов, Р.В. К вопросу о метеомониторинге Куршской косы и прилегающих площадей и территорий / Р.В. Абрамов, О.А. Гуцин, Ж.И. Стонт // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. – Калининград: РГУ имени И. Канта, 2007.– Вып. 5. – С. 192-210.
12. Стонт, Ж.И. Изменчивость гидрометеорологических характеристик для региона Юго-Восточной Балтики / Ж.И. Стонт, Б.В. Чубаренко, О.А. Гуцин // Изв. РГО.– Т. 142.– Вып. 4.– 2010.– С. 48 -56.
13. Зообентос и его продукция: методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах / А.А. Салазкин [и др.]. – Л.: ЗИН АН СССР, ГОСНИОРХ, 1983. – 52 с.
14. Карпевич, А.Ф. Значение экологии беспозвоночных для оценки кормовой базы рыб / А.Ф. Карпевич // Избранные труды: в 2-х т. – М.: ВНИРО, 1998. – Т. 2. – С. 540 -550.
15. Orton, J. H. Sea temperature, breadline and distribution in marine animals // J. Mar. Biol. Ass. U. K. – 1920. – Vol.12.– P. 339-366.
16. Hutchins, L.W. The base for temperature zonation in geographical distributions // Ecol. monogr. – 1947 . – Vol.17. – P. 1-9.

## SOME TENDENCIES OF MACROZOOBENTHOS CHANGES IN THE VISTULA LAGOON, BALTIC SEA, 1997 – 2011

E. Ezhova, O. Kocheshkova

Results of AB IORAS monitoring studies in the Vistula Lagoon, 1997-2011 on macrozoobenthos are generalized. It was shown, total benthic biomass has been significantly decreasing from the beginning of 2000s. Dynamics of benthic biomass was defined mostly by dynamic of *Marenzelleria neglecta*, a role of which has been gradually decreasing during last decade. Positive correlation between biomass and temperature was revealed for oligochaetes and hydrobiids, and the negative one for polychaetes. Such kind of dependence coincides well with eco-physiological requirements and geographical origin of the mass species of the lagoon benthos. A prominent change of benthocenosis structure was marked: polychaetes lost a dominance, bivalves become a prevailing group for 15-years period.

*macrozoobenthos, the Vistula Lagoon, biomass, Marenzelleria neglecta, hydrobiids oligochaetes, Rangia cuneata*