

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ ЗООБЕНТОСА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА В УСЛОВИЯХ РАСЦВЕТА И УПАДКА ПОПУЛЯЦИЙ ЧУЖЕРОДНЫХ *MARENZELLERIA* spp. (ANNELIDA: SPIONIDAE)

© 2025 г. С. М. Голубков^а, *, М. С. Голубков^а

^аЗоологический институт РАН,
Россия 199034 Санкт-Петербург, Университетская наб., 1

*e-mail: golubkov@zin.ru

Поступила в редакцию 29.03.2024 г.

Принята к публикации 25.02.2025 г.

Приведены результаты 10-летнего изучения зообентоса восточной части Финского залива. В течение этого периода наблюдалось постепенное сокращение биомассы чужеродных видов полихет *Marenzelleria* spp. Оценка потока энергии через сообщества зообентоса и эффективности использования им первичной продукции планктона показала, что в начале периода при высоких биомассах полихет эти показатели оказались многократно выше, чем при последующем упадке численности их популяций. Это позволяет рассматривать воздействие чужеродных полихет на донные сообщества залива как нейтрально комплементарное.

Ключевые слова: виды-вселенцы, Финский залив, продуктивность зообентоса, первичная продукция, потоки энергии, *Marenzelleria* spp.

DOI: 10.31857/S0367059725020071 **EDN:** TYWAKM

Повсеместное распространение чужеродных видов и их влияние на естественные экологические системы за последние десятилетия вышли в число наиболее важных проблем окружающей среды. Чужеродные виды могут влиять на биологическое разнообразие и функционирование водных экосистем, изменяя структуру их пищевых цепей и круговорот биогенных элементов [1–4], вызывать снижение их биологической продуктивности и наносить экономический ущерб рыбной промышленности [5]. Они также в ряде случаев прямо или косвенно изменяют абиотические и биотические характеристики экосистем, что приводит к изменению структуры биологических сообществ и экологического режима водоемов [6].

Полихеты *Marenzelleria* spp. относятся к наиболее успешным и широко распространенным чужеродным видам зообентоса в северных морях Европы [7]. Недавно они также были найдены в Азовском, Черном и Каспийском морях [8]. В российском секторе восточной части Финского залива эти вселенцы впервые были обнаружены в 1997 г., однако в массовых количествах они распространились в этой части залива в 2009 г.

после нескольких случаев придонной гипоксии, которые привели к упадку аборигенных сообществ зообентоса [9]. Хотя первоначально вселившиеся полихеты были идентифицированы как *M. viridis* (Verrill, 1873), последующие исследования показали, что в восточной части Финского залива сосуществуют два вида [8, 10]. Один из них, *M. neglecta* Sikorski and Bick, 2004, вселился в Балтийское море из прибрежных районов североатлантического побережья США, а другой, *M. arctica* (Chamberlin, 1920), из арктических морей Евразии [8]. При этом первый вид доминирует в мелководных, хорошо прогреваемых частях залива, а второй, арктический вид *M. arctica*, в его более глубоководных частях ниже термоклина [10].

Вселение и массовое развитие популяций чужеродных полихет привели к значительному изменению конфигурации пищевых цепей в сообществах донных беспозвоночных. Благодаря их вселению сформировалась новая хорошо развитая пищевая цепь, слабо связанная с остальными пищевыми цепями зообентоса и рыбного населения залива [4]. Они также оказывали влияние на обмен биогенными элементами между дном и водой [11].

Давно замечено, что во многих случаях после начального периода высокой численности плотность популяций чужеродных видов значительно сокращается [12]. Такая тенденция была описана и для популяций *Marenzelleria* spp. в восточной части Финского залива, биомасса которых заметно сократилась в период с 2014 г. по 2020 г. [4]. При этом возникает важный вопрос: насколько отрицательная динамика популяций видов вселенцев отразилась на продуктивности всего сообщества зообентоса и эффективности использования им доступных пищевых ресурсов? Чтобы ответить на данный вопрос, в этой работе мы рассчитали величину потока энергии через популяции чужеродных полихет *Marenzelleria* spp. и всего сообщества зообентоса в восточной части Финского залива в годы высокой биомассы чужеродных полихет (2014–2016 гг.) и годы последующего упадка их популяций (2021–2023 гг.). Для характеристики доступных пищевых ресурсов была проведена оценка первичной продукции и скорости минерализации органического вещества планктоном.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор проб зообентоса, а также измерения первичной продукции (*PP*) и скорости минерализации органического вещества планктоном (*D*) проводили на 7 станциях в восточной части Финского залива, расположенной к западу от о-ва. Котлин и комплекса защитных сооружений г. Санкт-Петербурга от наводнений (рис. 1). Эта акватория соответствует средней части эстуария р. Невы, наиболее полноводной реки региона, и находится под сильным влиянием приносимых ею пресных вод, а также солоноватых вод Балтийского моря. В результате соленость придонных вод в этой части залива колеблется от 0.4 до 5.0‰. Более подробно гидрологические и физико-химические характеристики вод эстуария р. Невы описаны в предыдущих статьях [13–15].

Для зообентоса исследованной части эстуария характерны как пресноводные виды, обитающие в озерах и реках на водосборной площади Финского залива, так и солоноватоводные виды, широко распространенные в Балтийском море [15]. К последним относятся чужеродные полихеты рода *Marenzelleria*, аборигенные ракообразные *Monoporeia affinis* (Lindstrom, 1855) и *Saduria entomon* (Linnaeus, 1758), а также иногда встречающийся в этом районе двустворчатый моллюск *Limecola balthica* (Linnaeus, 1758), достигающий высоких биомасс в более западных солоноватых частях

залива. На состав и продуктивность сообществ зообентоса и экосистему в целом значительное влияние оказывают органическое загрязнение, эвтрофирование вод, периодическое крупномасштабное строительство гидротехнических сооружений и изменения климата [14–17].

Пробы зообентоса отбирали с помощью дночерпателя Ван Вина с площадью захвата 0.025 м². На каждой станции отбирали не менее двух проб. Пробы промывали через мельничный газ № 23 и фиксировали формалином. В лабораторных условиях животных выбирали из проб, сортировали по таксонам надвидового уровня, обсушивали на фильтровальной бумаге, взвешивали и рассчитывали биомассу зообентоса (г сырого веса/м²). Под знаком ± приведены стандартные ошибки средних значений.

Первичную продукцию и скорость минерализации органического вещества планктоном определяли методом темных и светлых склянок. Для этого из эпилимниона батометром отбирали интегральные пробы воды. Интегральную первичную продукцию в столбе воды рассчитывали по формуле [18]: $PP = A_{\text{opt}} \cdot Sec$, где *PP* – валовая первичная продукция, гС/(м² сут); A_{opt} – интенсивность фотосинтеза на оптимальной глубине, гС/(м³ сут); *Sec* – прозрачность воды по диску Секки, м. В пробах, отобранных ниже термоклина, определяли только скорость разложения органического вещества. Склянки экспонировали на палубе судна в аквариуме или в лабораторных условиях в течение 2–6 ч при температуре поверхностной воды.

Продукцию донных животных рассчитывали по величинам суточной удельной продукции у различных видов и групп зообентоса [9, 10, 19–27]. Для расчета затрат энергии на метаболизм зообентоса использовали опубликованные уравнения зависимости скорости потребления кислорода от массы тела у разных групп беспозвоночных [20, 23, 25, 28–30]. Для перевода мгО в воде в мгС использовали переходной коэффициент 0.375 [18]. Величины потока энергии через популяции донных животных рассчитывали как сумму величин их продукции и затрат на метаболизм.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Биомасса полихет рода *Marenzelleria* уменьшилась за период проведения исследований почти на два порядка величин (рис. 2 а). Если в 2015 г. их средняя биомасса на исследованной акватории залива

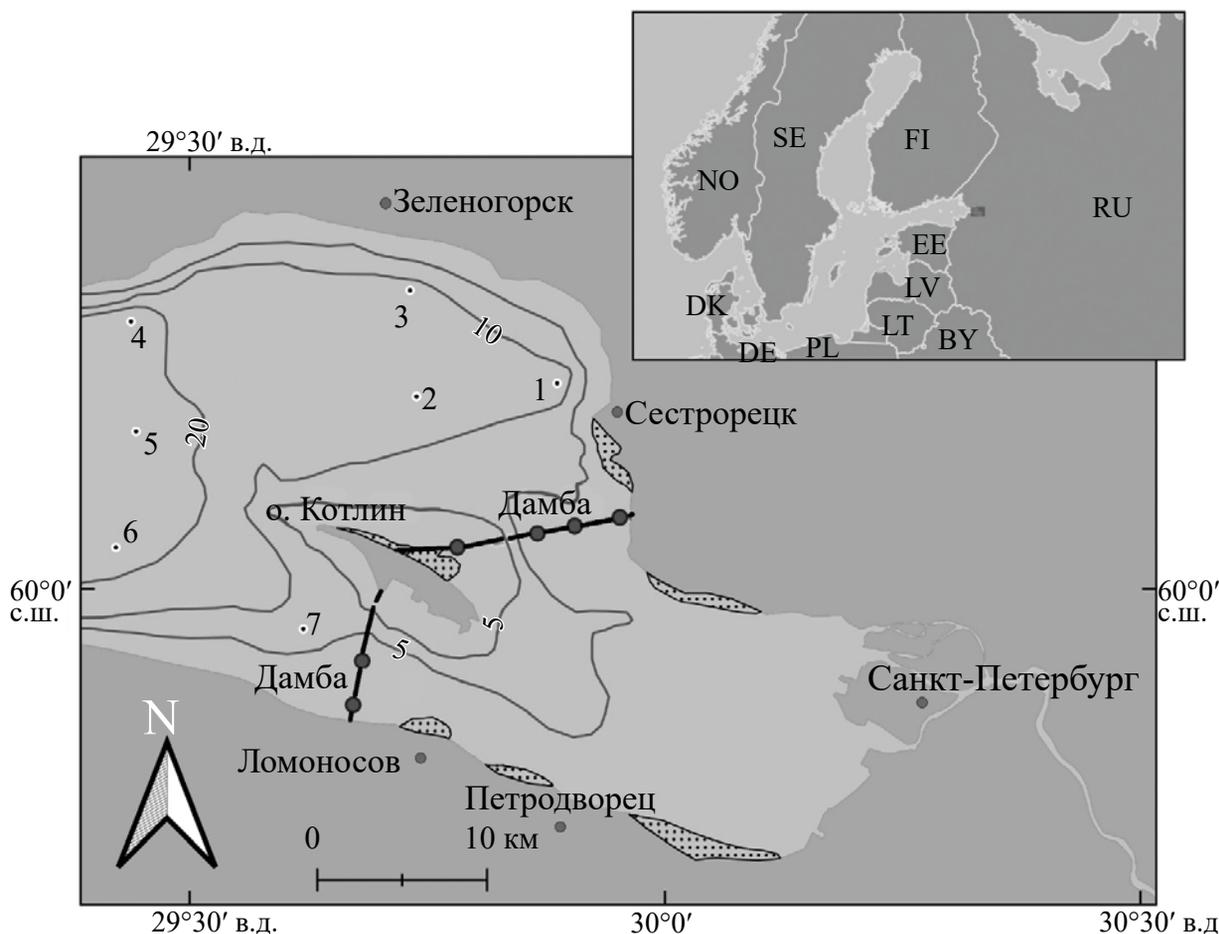


Рис. 1. Станции отбора проб зообентоса в восточной части Финского залива в 2014–2023 гг. (1–7); изолиниями показаны изобаты 5, 10 и 20 м; точками в прибрежье обозначены заросли макрофитов; Дамба – сооружения защиты г. Санкт-Петербурга от наводнений, точками на ней обозначены водопропускные отверстия; квадрат на верхней карте соответствует местонахождению изучаемой территории. Страны обозначены в соответствии с международной системой обозначений ISO 3166–1 alpha-2.

была равна 12.831 ± 5.997 г/м², то в 2023 г. она составила лишь 0.254 ± 0.101 г/м². Общая биомасса зообентоса в этот период также имела тенденцию к снижению, но гораздо менее значительному, чем биомасса полихет (рис. 2 б). При этом изменения биомассы олигохет, второй по биомассе группы зообентоса в период высоких биомасс полихет, не имела выраженного тренда (рис. 2 в). В результате к 2021–2023 гг. представители этой группы стали вносить наибольший вклад в общую биомассу зообентоса. Из других групп донных беспозвоночных заметную, хотя и небольшую, роль в биомассе зообентоса играли личинки хирономид (преимущественно *Chironomus plumosus* (Linnaeus, 1758)), ракообразные *M. affinis* и *S. entomon* и спорадически встречавшийся двустворчатый моллюск *L. balthica*.

В период расцвета популяций чужеродных полихет в 2014–2016 гг. они играли основную роль

в потоке энергии через сообщества зообентоса (табл. 1). Постепенный упадок их популяций привел к 18-кратному снижению потока энергии через популяции этих животных в 2021–2023 гг. по сравнению с 2014–2016 гг. В то же время несколько возросли потоки энергии через популяции олигохет и хирономид (см. табл. 1). Однако суммарный поток энергии через сообщество зообентоса уменьшился более чем в 2 раза. При этом снизились соотношения между величиной этого потока, а также продукцией донных животных и первичной продукцией планктона (см. табл. 2), что можно рассматривать как снижение эффективности использования зообентосом имеющихся пищевых ресурсов. Изменения в зообентосе происходили на фоне значительного увеличения величин первичной продукции и деструкции органического вещества планктоном в 2021–2023 гг. по сравнению с 2014–2016 гг. (см. табл. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

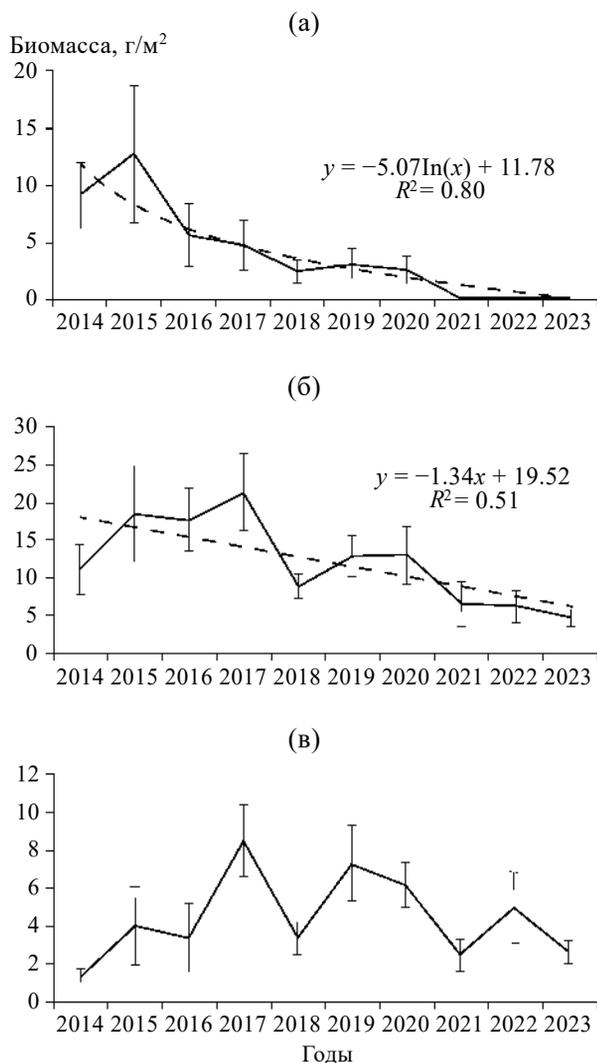


Рис. 2. Изменения биомассы полихет *Marenzelleria* spp. (а), общей биомассы зообентоса (б) и биомассы малощетинковых червей (в) в восточной части Финского залива в 2014–2023 гг.

Известно, что, несмотря на отдельные примеры катастрофических изменений в экосистемах, вызванных вселением чужеродных видов, большинство вселений нейтральны. В среднем только один из десяти вселившихся видов становится «вредителем», т. е. оказывает вредоносное (с точки зрения человека) воздействие на экосистему [31]. Случаи полного исчезновения местных видов в результате конкуренции с чужеродными также относительно редки [3, 32].

Пример вселения полихет рода *Marenzelleria* в восточную часть Финского залива в целом подтверждает это мнение. Популяции чужеродных полихет достигли высоких биомасс в конце 2000-х гг. после нескольких случаев придонной гипоксии, оказавших разрушительное воздействие на аборигенные сообщества зообентоса, в которых, кроме олигохет и хирономид, большое значение имели донные ракообразные *M. affinis* и *S. entomon* [9]. В ходе восстановительной сукцессии зообентоса в 2009–2011 гг. численность ракообразных осталась на низком уровне, и в потоке энергии через сообщество донных животных в 2014–2016 гг. основную роль стали играть чужеродные полихеты (см. табл. 1). В дальнейшем их биомасса неуклонно снижалась (см. рис. 2 б), и в 2021–2023 гг. эти беспозвоночные уже не играли большой роли в функционировании сообщества зообентоса, уступив доминирующую роль малощетинковым червям и личинкам хирономид, что привело к значительному снижению общей биомассы зообентоса и потока энергии через сообщество донных животных.

Таблица 1. Средние величины продукции (P_b), затраты на метаболизм (R_b) и потока энергии через различные группы и виды зообентоса (A_b), выраженные в мгС/(м² сут), в восточной части Финского залива в 2014–2016 и 2021–2023 гг.

Группа, виды	P_b	R_b	A_b	P_b	R_b	A_b
	2014–2016 гг.			2021–2023 гг.		
Polychaeta	6.00 ± 2.02	17.07 ± 4.11	23.07 ± 5.40	0.19 ± 0.05	0.76 ± 0.14	0.95 ± 0.19
Oligochaeta	5.88 ± 3.46	18.11 ± 10.53	23.99 ± 13.99	4.82 ± 1.36	13.84 ± 4.12	17.12 ± 3.90
Chironomidae	3.65 ± 2.77	3.35 ± 2.57	7.01 ± 5.34	3.15 ± 0.40	2.98 ± 0.29	5.96 ± 0.52
<i>Monoporeia affinis</i>	0.07 ± 0.02	0.50 ± 0.32	0.57 ± 0.34	0.004 ± 0.003	0.018 ± 0.013	0.02 ± 0.01
<i>Saduria entomon</i>	1.50 ± 1.50	2.15 ± 2.15	3.65 ± 3.81	0.00	0.00	0.00
Другие	0.25 ± 0.15	0.61 ± 0.72	0.86 ± 0.41	0.22 ± 0.03	1.82 ± 1.20	3.59 ± 1.29
Сумма	17.35 ± 4.46	41.70 ± 13.50	59.14 ± 17.93	8.39 ± 1.25	19.42 ± 3.91	27.81 ± 5.15

Таблица 2. Средние величины потока энергии через различные группы зообентоса (A_b), валовой первичной продукции (PP) и скорости минерализации органического вещества планктоном (D) за сутки в восточной части Финского залива в середине лета в 2014–2016 и 2021–2023 гг.

Показатели	2014–2016 гг.	2021–2023 гг.
A_b , мгС/(м ² сут)	59.1 ± 17.9	27.8 ± 5.2
PP , мгС/(м ² сут)	1213.0 ± 303.9	2226.7 ± 456.8
D , мгС/(м ² сут)	1480.0 ± 268.4	4036.7 ± 1401.2
PP/D	0.82	0.55
P_b/PP , %	1.43 ± 0.40	0.38 ± 0.06
A_b/PP , %	4.87 ± 1.68	1.25 ± 0.06

В годы высоких биомасс *Marenzelleria* spp. наблюдалось высокое соотношение между продукцией донных животных и величиной первичной продукции планктона (см. табл. 2), которое было лишь немного ниже, чем это соотношение в 1980-е гг., когда в зообентосе доминировали донные ракообразные *M. affinis* и *S. entomon* [33]. Многократное снижение биомасс *Marenzelleria* spp. в последующие годы привело к почти четырехкратному снижению данного показателя. Однако следует принимать во внимание, что в отличие от донных ракообразных, для которых фитопланктон является основным источником органического углерода, полихеты рода *Marenzelleria*, а также доминирующие в настоящее время виды малощетинковых червей и личинок хирономид широко используют для построения тканей тела углерод, поступающий в эстуарий р. Невы с водосбора [4, 16]. При этом роль аллохтонного органического вещества в трофодинамике экосистемы эстуария в 2021–2023 гг. по сравнению с 2014–2016 гг. заметно возросла. Об этом свидетельствует трехкратное увеличение скорости разложения органического вещества планктоном и снижения отношения первичной продукции к скорости минерализации органического вещества (см. табл. 2).

Как показали предыдущие исследования пищевой сети сообщества зообентоса эстуария р. Невы с применением метода оценки содержания стабильных изотопов углерода и азота в тканях животных, вселившиеся полихеты сформировали в экосистеме эстуария новую хорошо развитую пищевую цепь, слабо связанную с остальными пищевыми цепями зообентоса и рыб [4]. Популяции этих червей роют глубокие норки в донных отложениях, что делает их малодоступными для обитающих в заливе видов рыб и беспозвоночных хищников, для которых предпочитаемой пищей является амфипода *M. affinis*. Многократное снижение биомассы полихет в период с 2014 г. по 2023 г. привело к редуцированию потока энергии

через пищевую цепь. Поток энергии через популяции полихет за годы исследований уменьшился в 25 раз (см. табл. 1). При этом многократное снижение потока энергии через эту пищевую цепь лишь отчасти было компенсировано увеличением потока энергии через популяции других групп донных животных, что привело к значительному снижению общего потока энергии через популяции донных беспозвоночных и эффективности использования ими пищевых ресурсов.

Таким образом, расцвет и последующий упадок популяций чужеродных полихет не оказали значительного влияния на функционирование остального зообентоса. Их вселение в эстуарий р. Невы привело к увеличению общей биомассы, потока энергии через зообентос и эффективности использования ими имеющихся пищевых ресурсов, а их последующий упадок – к снижению всех этих показателей. Поэтому с функциональной точки зрения воздействие чужеродных полихет на донные сообщества восточной части Финского залива можно рассматривать как нейтрально комплементарное.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ЗИН РАН № 125012800888-5. Использованы также материалы из фондовых коллекций Зоологического института РАН.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В работе соблюдали этические стандарты при работе с живыми беспозвоночными.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Thomsen M.S., Byers J.E., Schiel D.R.* et al. Impacts of marine invaders on biodiversity depend on trophic position and functional similarity // *Marine Ecology Progress Series*. 2014. V. 495. P. 39–47. <https://doi.org/10.3354/meps10566>
2. *Maximov A., Bonsdorff E., Eremina T.* et al. Context-dependent consequences of *Marenzelleria* spp. (Spionidae: Polychaeta) invasion for nutrient cycling in the northern Baltic Sea // *Oceanologia*. 2015. V. 57. № 4. P. 342–348. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2015.06.002>
3. *David P., Thébaud E., Anneville O.* et al. Chapter One – Impacts of invasive species on food webs: A review of empirical data // *Advances in Ecological Research*. 2017. V. 56. P. 1–60. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2016.10.001>
4. *Golubkov S., Tiunov A., Golubkov M.* Food-web modification in the eastern Gulf of Finland after invasion of *Marenzelleria arctica* (Spionidae, Polychaeta) // *Neobiota*. 2021. V. 66. P. 75–94. <https://doi.org/10.3897/neobiota.66.63847>
5. *Алимов А.Ф., Голубков С.М.* Изменения в экосистемах восточной части Финского залива // *Вестник Российской академии наук*. 2008. № 3. С. 223–230. [*Alimov A.F., Golubkov S.M.* Changes in the Ecosystems of the Eastern Gulf of Finland // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2008. V. 78. № 2. P. 115–125].
6. *Feniova I., Sakharova E.G., Gorelysheva Z.I.* et al. Effects of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) on phytoplankton community structure under eutrophic conditions // *Aquatic Invasions*. 2020. V. 15. № 3. P. 435–454. <https://doi.org/10.3391/ai.2020.15.3.05>
7. *Cardeccia A., Marchini A., Occhipinti-Ambrogi A.* et al. Assessing biological invasions in European Seas: Biological traits of the most widespread non-indigenous species // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2018. V. 201. P. 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.02.014>
8. *Radashkevsky V.I., Pankova V.V., Neretina T.V.* et al. Canals and invasions: a review of the distribution of *Marenzelleria* (Annelida: Spionidae) in Eurasia, with a key to *Marenzelleria* species and insights on their relationships // *Aquatic Invasions*. 2022. V. 17. № 2. P. 186–206. <https://doi.org/10.3391/ai.2022.17.2.04>
9. *Максимов А.А.* Межгодовая и многолетняя динамика макрозообентоса на примере вершины Финского залива. СПб.: Изд-во Нестор-История, 2018. 260 с.
10. *Kauppi L., Norkko A., Norkko J.* Seasonal population dynamics of the invasive polychaete genus *Marenzelleria* spp. in contrasting soft-sediment habitats // *Journal of Sea Research*. 2018. V. 131. P. 46–60. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.10.005>
11. *Berezina N.A., Maximov A.A., Vladimirova O.M.* Influence of benthic invertebrates on phosphorus flux at the sediment-water interface in the easternmost Baltic Sea // *Marine Ecology Progress Series*. 2019. V. 608. P. 33–43. <https://doi.org/10.3354/meps12824>
12. *Simberloff D., Gibbons L.* Now you see them, now you don't! – Population crashes of established introduced species // *Biological Invasions*. 2004. V. 6. P. 161–172. <https://doi.org/10.1023/B:BINV.0000022133.49752.46>
13. *Golubkov M., Golubkov S.* Eutrophication in the Neva Estuary (Baltic Sea): response to temperature and precipitation patterns // *Marine and Freshwater Research*. 2020. V. 71. P. 583–595. <https://doi.org/10.1071/MF18422>
14. *Golubkov M., Golubkov S.* Relationships between northern hemisphere teleconnection patterns and phytoplankton productivity in the Neva Estuary (North-eastern Baltic Sea) // *Frontiers in Marine Science*. 2021. V. 8. Art. 735790. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.735790>
15. *Голубков С.М., Балушкина Е.В.* Долговременные изменения качества воды и структуры сообществ донных животных в эстуарии р. Невы в условиях антропогенного воздействия // *Труды Зоологического института РАН*. 2024. Т. 328. Вып. 1. С. 46–65. <https://doi.org/10.31610/trudyzin/2024.328.1.46>
16. *Golubkov S.M., Golubkov M.S., Tiunov A.V.* Anthropogenic carbon as a basal resource in the benthic food webs in the Neva Estuary (Baltic Sea) // *Marine Pollution Bulletin*. 2019. V. 146. P. 190–200. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.037>
17. *Prishchepenko D.V., Ryabchuk D.V., Zharnoida V.A.* et al. Main trends and results of 300-years anthropogenic impact on the geological environment and ecosystem of the Eastern Gulf of Finland // *Continental Shelf Research*. 2023. V. 265. Art. 105058. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2023.105058>
18. *Бульон В.В.* Закономерности первичной продукции в лимнических экосистемах. СПб.: Наука, 1994. 222 с.
19. *Cederwall H.* Annual macrofauna production of a soft bottom in the Northern Baltic proper // *Biology of Benthic Organisms*. New York: Pergamon Press, 1977. P. 155–164.
20. *Алимов А.Ф.* Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. Л.: Наука, 1981. 247 с.
21. *Заука В.Е.* Сравнительная продуктивность гидробионтов. Киев: Наукова думка, 1983. 206 с.
22. *Leonardsson K.* Growth and reproduction of *Mesidotea entomon* (Isopoda) in the northern Bothnian Sea // *Holarctic Ecology*. 1986. V. 9. P. 240–244. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1986.tb01214.x>

23. *Балушкина Е.В.* Функциональное значение личинок хирономид в континентальных водоемах // Труды ЗИН АН СССР. Т. 142. Л.: Наука, 1987. 179 с.
24. *Finogenova N.P., Lobasheva T.M.* Growth of *Tubifex tubifex* Müller (Oligochaeta, Tubificidae) under various trophic conditions // Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie. 1987. V. 72. P. 709–726.
<https://doi.org/10.1002/iroh.19870720608>
25. *Голубков С.М.* Функциональная экология личинок амфибиотических насекомых // Труды Зоол. ин-та РАН. 2000. Т. 284. 294 с.
26. *Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М.* Продукционная гидробиология. СПб.: Наука, 2013. 343 с.
27. *Maximov A.A., Maximova O.B., Usov N.V.* Seasonal dynamics of growth and production of *Monoporeia affinis* (Amphipoda: Pontoporeiidae) in a subarctic lake: the role of temperature and trophic conditions // Inland Water Biology. 2023. V. 16. № 5. P. 912–922.
<https://doi.org/10.1134/S1995082923050103>
28. *Суцня Л.М.* Интенсивность дыхания ракообразных. Киев: Наукова думка, 1972. 195 с.
29. *Аракелова Е.С.* Интенсивность обмена у брюхоногих моллюсков // Морфологические и экологические основы систематики моллюсков. Труды ЗИН АН СССР. 1986. Т. 148. С. 71–85.
30. *Hemmingsen A.M.* Energy metabolism as related to body size and respiratory surfaces, and evolution // Report of Steno Memorial Hospital (Copenhagen). 1960. V. 9. № 2. P. 1–110.
31. *Williamson M., Fitter A.* The varying success of invaders // Ecology. 1996. V. 77. P. 1661–1666.
<https://doi.org/10.2307/2265769>
32. *Davis M.A.* Biotic globalization: does competition from introduced species threaten biodiversity? Bioscience. 2003. V. 53. № 5. P. 481–489.
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0481:BGDCFI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0481:BGDCFI]2.0.CO;2)
33. *Голубков С.М., Максимов А.А., Голубков М.С.* и др. Функциональный сдвиг в экосистеме восточной части Финского залива под влиянием естественных и антропогенных факторов // Доклады РАН. 2010. Т. 432. № 3. С. 423–425. [*Golubkov S.M., Maximov A.A., Golubkov M.S.* et al. A functional shift in the ecosystem of the eastern Gulf of Finland caused by natural and anthropogenic factors // Doklady Biological Sciences. 2010. V. 432. P. 198–200
<https://doi.org/10.1134/S0012496610030099>].

FUNCTIONING OF ZOOBENTHOS COMMUNITIES IN THE EASTERN GULF OF FINLAND UNDER CONDITIONS OF THE RISE AND DECLINE OF ALIEN *MARENZELLERIA* SPP. (ANNELIDA: SPIONIDAE) POPULATIONS

S. M. Golubkov^a, *, M. S. Golubkov^a

^aZoological Institute, Russian Academy of Sciences, Russia 199034 Saint Petersburg

*e-mail: golubkov@zin.ru

Abstract – The results of a 10-year study of zoobenthos in the eastern Gulf of Finland are presented. During this period, a gradual decrease in the biomass of alien polychaete species *Marenzelleria* spp. was observed. An assessment of the energy flow through zoobenthos communities and the efficiency of their use of primary plankton production showed that at the beginning of the period, with high biomasses of polychaetes, these indicators were many times higher than with the subsequent decline in their populations. This allows us to consider the impact of alien polychaetes on the bottom communities of the bay as neutrally complementary.

Keywords: invasive species, Gulf of Finland, zoobenthos productivity, primary production, energy flows, *Marenzelleria* spp.