

УДК 574.587(265.54)

МЕЙОБЕНТОС В УСЛОВИЯХ МАРИКУЛЬТУРЫ МОРСКОЙ КАПУСТЫ *SACCHARINA JAPONICA* В БУХТЕ РИФОВАЯ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

© 2016 г. **Л. С. Белогурова**, С. И. Масленников

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток
e-mail: aqua@imb.dvo.ru

Поступила в редакцию 19.06.2014 г.

В бухте Рифовая (зал. Петра Великого Японского моря) изучен качественный и количественный состав свободноживущих морских нематод. Установлено, что плотность поселения нематод в донных осадках б. Рифовая распределена неравномерно. Обнаружено 72 вида нематод, среди которых *Oncholaimium paraolium*, *Viscosia epapilosa*, *Monoposthia latiannulata* были отмечены на всех типах грунта. Преобладающей трофической группировкой были “хищники” и “соскабливатели”. Показано, что видовой состав нематод в б. Рифовая характеризуется высоким сходством с видовым составом нематод с другими районами зал. Петра Великого Японского моря.

DOI: 10.7868/S0030157416030011

ВВЕДЕНИЕ

Исследования в бухтах, где располагались или до сих пор работают хозяйства марикультуры, выявили качественные и количественные изменения бентоса: существенное снижение роли автотрофных организмов и увеличение гетеротрофных [6, 7]. На подвесных плантациях морской капусты в б. Рифовая проводились работы по исследованию эпибионтов и макрообрастания установок марикультуры [4].

Культивирование макроводорослей полезно для восстановления продуктивности прибрежных сообществ: обогащение водной массы кислородом, создания кормовой базы морским животным, увеличения субстрата для местообитания и нереста. Большая часть работ по прибрежным сообществам посвящена изучению макробентоса. Существует дефицит количественных оценок прибрежных экосистем (зоопланктон, фито- и зообентос и т.д.) [5, 11].

Для оценки антропогенного воздействия и мониторинга состояния природной среды используют как отдельные компоненты биологического разнообразия, так и его суммарные показатели. В первом случае ориентируются на чувствительные к воздействию организмы, во втором — на различные общие характеристики обилия, так называемые экологические индексы — видового разнообразия, богатства, доминирования и др. [8]. В мейобентосе, как правило, доминируют нематоды, что позволяет использовать их в мониторинговых исследованиях

как потенциальный индикатор антропогенных нарушений в водных экосистемах [13, 17]. Данные по мейобентосу, в частности, по одной из доминирующих его групп — морским нематодам в условиях марикультуры водорослей, до настоящего времени немногочисленны [3, 14, 15]. В основном сведения касаются районов культивирования промысловых моллюсков: приморского гребешка и мидии, расположенных на побережье Японского моря [1, 2, 9, 10, 18].

Целью работы является установление видового состава и трофических группировок морских нематод, доминирующей группы мейофауны в районе промышленного хозяйства по культивированию морской капусты б. Рифовая.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Бухта Рифовая располагается между мысами Де-Ливрона и Рифовый между заливами Стрелок и Восток на побережье залива Петра Великого Японского моря. В бухте располагается плантация марикультуры морской капусты *Saccharina japonica*, принадлежащая ОАО Южморрыбфлот (рис. 1).

Материалом для данной работы послужили 20 количественных проб мейобентоса, собранных в октябре 2011 г. на 20 станциях, равномерно распределенных по акватории, под установками марикультуры морской капусты на глубинах от 6 до 25 м. Также отобраны пробы для определения гранулометрического состава грунта (рис. 1). На

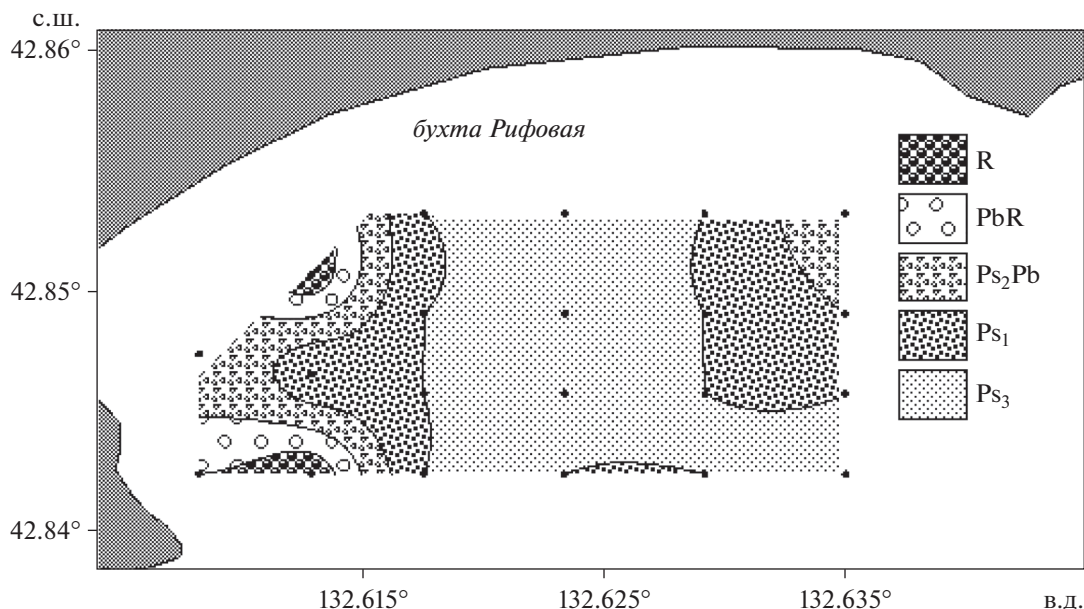


Рис. 1. Карта – схема распределения донных осадков на дне под плантацией в б. Рифовая, зал. Петра Великого. Сокращения: R – коренные породы; PbR – галька с выходами коренных пород; Ps₂Pb – песок среднезернистый с галькой; Ps₁ – песок крупнозернистый; Ps₃ – песок мелкозернистый. Узлы сетки обозначают донные станции.

всех типах осадков, кроме выхода коренных пород, пробы мейобентоса отбирались почвенным стаканчиком ($S = 19.65 \text{ см}^2$). Полученные пробы промывали через почвенные сита с ячейей 1 мм (верхнее) и мельничный газ № 77 (нижнее), после чего фиксировали 4%-ным формалином. Отмытые организмы мейофауны окрашивали витальным красителем “бенгальская роза” и разбирали под биноклем в камере Богорова.

Для выделения трофической структуры сообщества морских нематод использовали классификацию Визера, основанную на строении и функционировании ротовой полости. Выделены четыре трофические группы: 1 – детритофаги (потребляют бактерии и мелкие частицы детрита), 2 – неселективные детритофаги (потребляют детрит), 3 – “соскабливатели” (питаются биопленкой, покрывающую частицы грунта), 4 – всеядные и хищники – (питаются теми же способами, что “соскабливатели” и детритофаги, но могут заглатывать других представителей мейофауны).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам гранулометрического анализа в б. Рифовая выделены 4 типа грунта, которые, за исключением одной станции, представлены песками различных фракций (рис. 1).

Первый тип грунта (Ps₃) – мелкозернистый песок, распространен в центральной глубоководной (от 13 до 25 м) части бухты (рис. 1). Средняя плотность поселения нематод составила $40 \pm$

± 21.1 тыс. экз/м². Наибольшая плотность поселения нематод 61.2 тыс. экз/м², наименьшая – 18.8 тыс. экз/м².

Второй тип грунта (Ps₂Pb) – песок среднезернистый с галькой, отмечен в восточной и западной части бухты на глубине от 6 до 20 м (рис. 1). Средняя плотность поселения нематод составила 47.7 ± 20.7 тыс. экз/м². Максимальная плотность поселения нематод для этого типа грунта – 89 тыс. экз/м², наименьшая – 23 тыс. экз/м².

Третий тип грунта (Ps₁) – песок крупнозернистый (Ps₁) распространен в восточной и западной части бухты на глубинах от 13 до 23 м (рис. 1). Средняя плотность поселения нематод составила 32.7 ± 6.9 тыс. экз/м². Для этого типа донных осадков наибольшая плотность поселения нематод составила 53.5 тыс. экз/м², наименьшая – 16.3 тыс. экз/м².

Четвертый тип грунта (PbR), скапливающийся среди валунов и выхода коренных пород, образован галькой, гравием, остатками раковин и разнозернистым песком представлен на глубине 19 м (рис. 1). Плотность поселения нематод на этом биотопе составила 56 тыс. экз/м².

За период исследования в б. Рифовая обнаружено 72 вида нематод (табл. 1). Среди видов преобладали нематоды отряда Enoplida (24 вида), на втором месте по видовому богатству нематоды отряда Chromadorida (20 видов), меньшее число видов отмечено для отряда Monhysterida (18), отря-

Таблица 1. Видовой состав, трофическая группа (ТГ) и доля (%) каждого вида нематод на разных типах донных осадков б. Рифовая

Вид	ТГ	Тип донных осадков			
		А	Б	В	Г
<i>Anoplostoma cuticularia</i> Belogurov et Alekseev, 1977	4	0	0	0.57	10.7
<i>Anticoma possjetica</i> Platonova, Belogurov et Sheenko, 1979	1	2.2	1.34	4.85	0
<i>Calyptronema stomodentata</i> Belogurov, 1980	4	1.8	1.34	2.14	0
<i>C. ila</i> Belogurov, 1979	4	0.65	0.67	0.28	0
<i>Eurystomina alekseevi</i> Pavlyuk, 1991	4	0.9	0	1.0	10.7
<i>Enoplus anisospiculus</i> Nelson, Hopper et Webster, 1972	4	263	1.0	5.13	0
<i>E. michaelseni</i> (Linstov, 1896) De Man, 1904	4	0.9	0	0.43	0
<i>Oncholaimium unicum</i> Belogurov et Belogurova, 1978	4	0	0.67	0.57	0
<i>O. paraolium</i> Belogurov et Fadeeva, 1980	4	2.2	4.0	1.14	10.7
<i>O. ramosum</i> Smolanko et Belogurov, 1987	4	2.63	0	2.28	0
<i>Oncholaimus paropisthonchus</i> Belogurov et Belogurova, 1978	4	0	0	0.57	0
<i>Pontonema papilliferum</i> (Filipjev, 1916)	4	0	1.34	0.57	0
<i>Pseudoncholaimus furugelmus</i> Belogurov, 1977	4	0	0	0.71	0
<i>Metoncholaimus filispiculum</i> Yoshimura, 1982	4	0.44	1.34	0	0
<i>Viscosia epapillosa</i> Platonova, 1971	4	0.66	1.66	0.71	7.14
<i>V. stenostoma</i> Platonova, 1971	4	0.44	4.32	5.7	0
<i>Oxystomina orientalis</i> Platonova, 1971	1	1.8	1.0	0	0
<i>Tycnodora rectispiculata</i> Platonova, 1971	1	2.63	0	1.57	0
<i>Tycnodora</i> sp.	1	0.65	0	0.28	0
<i>Bathylaimus</i> sp.	4	5.04	0	0.57	0
<i>Rhabdodemanina orientalis</i> Platonova, 1974	4	11.4	41.2	2.28	0
<i>Enoploides rimiformis</i> Pavlyuk, 1984	4	1.32	0.67	0	0
<i>Enoplolaimus medius</i> Pavlyuk, 1984	4	2.63	2.66	5.28	0
<i>E. longicaudatus</i> (Southern, 1914)	4	0	6.32	0	0
<i>Axonolaimus seticaudatus</i> Platonova, 1971	3	4.82	1.0	0	10.7
<i>A. orus</i> Belogurov et Koroleva, 1975	3	0.9	0	0	0
<i>Parodontophora marisjaponici</i> Platonova, 1971	3	0.9	0	0	0
<i>P. timmica</i> Pavlyuk et Belogurov, 1979	3	0	0	0.28	0
<i>Araeolaimus parvibulbosus</i> Platonova, 1971	3	1.3	0	0	0
<i>Chromadora heterostomata</i> Kito, 1978	3	0	1.34	1.71	0
<i>Ptycholaimellus adocius</i> Daschenko et Belogurov, 1984	3	1.1	0	0	0
<i>Rhips</i> sp.	3	1.97	0.67	0	0
<i>Neochromadora bilineata</i> Kito, 1978	3	0.9	1.0	0	0
<i>N. oshoroana</i> Kito, 1981	3	0	0	1.28	7.14
<i>N. itoi</i> Kito, 1978	3	0	1.34	0	0
<i>Dorylaimopsis peculiaris</i> Platonova, 1971	3	9.43	0	14.84	0
<i>Sabatieria finitima</i> Fadeeva et Belogurov, 1984	2	2.41	1.0	3.28	0
<i>S. intacta</i> Fadeeva et Belogurov, 1984	2	0	0	0.43	0
<i>S. palmaris</i> Fadeeva et Belogurov, 1984	2	1.97	0	2.57	0
<i>S. pulchra</i> (Schneider, 1906) Riemann, 1970	2	0	0	0	14.28
<i>Paracanthonchus longicaudatus</i> Warwick, 1971	3	2.2	1.0	0.43	0
<i>P. macrodon</i> (Ditlevsen, 1919)	3	1.1	0	0	0
<i>Paracyatholaimus</i> sp.	3	0	0	0.29	0

Таблица 1. Окончание

Вид	ТГ	Тип донных осадков			
		А	Б	В	Г
<i>Paracanthonchus</i> sp.	3	1.75	0	0	0
<i>Acanthonchus</i> sp.	3	0	0	0.43	0
<i>Pomponema</i> sp.	3	1.1	0	1.71	0
<i>Halichoanolaimus sonorus</i> Belogurov et Fadeeva, 1980	3	0	0	3.14	0
<i>H. possjetiensis</i> Belogurov et Fadeeva, 1980	3	1.75	1.34	1.43	0
<i>Richtersia</i> sp.	3	1.75	4.0	4.0	0
<i>Anticyathus plicibucca</i> Chesunov et Yuchin, 1991	2	0	0	0.57	0
<i>Megadesmolaimus rhodinus</i> Chesunov et Yuchin, 1991	2	0	0.67	0.43	0
<i>Metalinchoameus</i> sp.	1	0	0	1.14	0
<i>Paralinhomoeus</i> sp.	2	0.66	0	0.43	0
<i>Terschellingia glabricutis</i> Platonova, 1971	2	2.2	0.67	2.28	0
<i>Siphonolaimus</i> sp.	2	1.32	0	0	0
<i>Sphaerolaimus gracilis</i> De Man, 1876	4	1.75	0	1.85	0
<i>Daptonema procerum</i> Gerlach, 1951	2	3.94	0.67	3.42	0
<i>D. variasetosa</i> (Pavlyuk, 1984)	2	1.32	2.0	3.85	0
<i>Gonionchus latentis</i> Fadeeva, 1984	2	0	0	0.86	0
<i>Elzalia striatitenuis</i> Y. Zhang and Z. N. Zhang, 2006	2	0	0.67	0	0
<i>Trichotheristus</i> sp.	2	1.32	2.0	1.58	0
<i>Metadesmolaimus</i> sp.	2	1.1	0	1.14	0
<i>Paramonohystera halerba</i> Fadeeva et Belogurov, 1987	2	0	0	0.86	0
<i>Pseudosteineria inaequispiculatus</i> (Platonova, 1971)	2	1.53	0	2.71	0
<i>Theristus subacer</i> Pavlyuk, 1984	2	0.9	0	0	0
<i>Th. (Theristus) acer</i> Bastian, 1865	2	1.53	0	0.57	0
<i>Theristus</i> sp.	2	0.66	0	0.43	0
<i>Metachromadora itoi</i> Kito, 1978	1	3.51	0	1.72	0
<i>Spirinia parasitifera</i> (Bastian, 1865)	1	0	2.66	0	0
<i>Spirinia</i> sp.	1	0	2.66	0	14.28
<i>Monoposthia latiannulata</i> Platonova, 1971	3	2.2	3.33	3.0	14.28
<i>M. costata</i> (Bastian, 1865)	3	0	2.33	0.71	0

Примечание. 0 – вид не обнаружен. Трофическая группа (ТГ): 1 – избирательные детритофаги. 2 – неизбирательные детритофаги. 3 – соскабливатели. 4 – хищники. Тип донных осадков: А – песок мелкозернистый, Б – песок среднезернистый, В – песок крупнозернистый, Г – выход коренных пород.

Таблица 2. Таксономический состав фауны нематод б. Рифовая

Отряд	Семейства	Роды	Виды
Enoplida	9	17	24
Araeolaimida	2	3	5
Monhysterida	4	15	18
Chromadorida	4	13	20
Desmodorida	2	3	5

ды Araeolaimida и Desmodorida представлены пятью видами (табл. 2).

В мелкозернистом песке (тип донных осадков А) найдено 48 видов нематод (табл. 1), доминировали *Dorylaimopsis peculiaris* (9.43%), *Bathylaimus* sp. (5.04%) и *Daptonema procerum* (3.94%). Преобладающими трофическими группировками, по 31.25% каждая, были “хищники” и “соскабливатели” (рис. 2).

В среднезернистом песке с галькой (тип донных осадков Б), зарегистрировано 34 вида нематод (табл. 1). Доминировали *Rhabdodemania orientalis* (41.2%), *Enoplolaimus longicaudatus* (6.32%) и

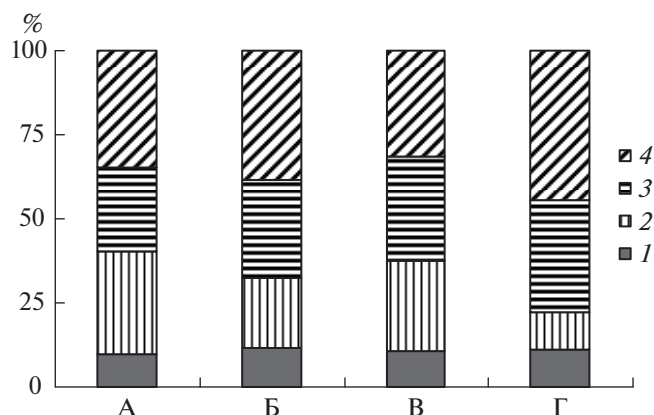


Рис. 2. Соотношение трофических групп нематод (%) в разных типах донных осадков. 1 – избирательные детритофаги; 2 – неизбирательные детритофаги; 3 – “соскабливатели”; 4 – хищники.

Viscosia stenostoma (4.32%). Преобладающей трофической группой были хищники/всеядные (38.2%; рис. 2).

Наиболее высокая численность нематод отмечена в крупнозернистом песке (тип донных осадков В). В этом биотопе обнаружено 52 вида нематод (табл. 1), доминировали *Dorylaimopsis peculiaris* (14.64%), *Viscosia stenostoma* (5.7%), *Enoplolaimus medius* (5.28%) и *Enoplus anisospiculus* (5.13%). Преобладающей трофической группой были хищники/всеядные (34.6%; рис. 2).

В гальке, гравии и заиленном разномзернистом песке (тип донных осадков Г) найдено 9 видов морских нематод (табл. 1) среди которых доминировали *Monoposthia latiannulata*, *Sabatieria pulchra*, *Spirinia* sp. (по 14.28%); преобладающая трофическая группировка – “хищники” (44.4%), на долю “соскабливателей” приходилось 33.4% (рис. 2).

Таким образом, в песчаных грунтах б. Рифовая среди нематод преобладали “хищники” и “соскабливатели” (рис. 2).

Известно, что одним из главных факторов среды, оказывающих влияние на распределение животных мейофауны, в частности нематод, является гранулометрический состав грунта [21]. Нематоды обитают во всех типах грунта. Большую роль в распределении плотности поселения нематод играет и концентрация пищевого материала в донных осадках [13, 19, 20]. Взаимодействие животных на трофическом уровне, т.е. местоположение бактерий, микрофитобентоса и других простейших, являются одной из причин пятнистого распределения мейобентоса [13, 16]. В б. Рифовая донные осадки подвержены интенсивному волновому воздействию и на мелководье (6–7 м) поверхностный слой грунта испытывает наибольшее влияние прилива.

Согласно полученным данным, видовой состав нематод, на мелководных участках заметно беднее, чем на относительно глубоководных станциях, что в данном случае, на наш взгляд, связано с типом грунта и волновым воздействием. Частое перемещение грубо обломочных донных осадков на малых глубинах не только способствует вымыванию детрита, но и создает трудности для жизни организмов мейофауны, так как при сильном волнении животным сложно удержаться в грунте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ количественных данных показал, что численность нематод изменялась от 16.3 тыс. экз/м² до 89 тыс. экз/м². Видовой состав нематод разных типов донных осадков на акватории плантации марикультуры был сходен и различался лишь доминирующими видами. Наибольшая плотность поселения нематод обнаружена нами на глубине 9 м, в среднезернистом песке (89 тыс. экз /м²). Минимальная плотность поселения отмечена на глубине 21 м в крупнозернистом песке (16.3 тыс. экз/м²). Нематоды: *Oncholaimium paraolium*, *Viscosia epapilosa*, *Monoposthia latiannulata* отмечены на всех типах грунта. В б. Рифовая преобладали нематоды, принадлежащие к трофической группировке “хищники” и “соскабливатели”. Сходство видового состава нематод б. Рифовая и примыкающей акватории зал. Восток [12] показал, что индекс общности видов составил 37.7%, а общими для двух районов оказалось 43 вида.

Авторы благодарят управляющего группой компаний “Примрыбснаб” А.В. Ефремова за финансовую поддержку исследований. Особую благодарность авторы выражают водолазам за участие в сборе материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белогурова Л.С., Масленников С.И. Исследование сообществ мейоэпифауны культивируемых двусторчатых моллюсков в заливе Китовом Японского моря // Изв. ТИНРО. 2005. Т. 140. С. 366–375.
2. Белогурова Л.С., Масленников С.И. Мейофауна обрастания садков экспериментальной установки марикультуры гребешка в районе о. Рейнеке (залив Петра Великого, Японское море) // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 160. С. 245–257.
3. Белогурова Л.С., Ивин В.В. Мейофауна сообщества обрастания ламинарии японской // Экологические проблемы биодegradации промышленных строительных материалов и отходов производства: Материалы 3-й Всерос. науч.-практ. конф. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2000. С. 14–17.
4. Ивин В.В. Обрастание установок марикультуры и эпифитон ламинарии японской в условиях культивирования. Автореф. дис... канд. биол. наук: 03.00.18.

- Институт биологии моря ДВО РАН. Владивосток, 1998. 24 с.
5. *Крупнова Т.Н.* Марикультура бурых водорослей в Приморье: современное состояние и перспективы развития. Докл. всерос. конф. "Пути решения проблем изучения, освоения и сохранения биоресурсов Мирового океана в свете морской доктрины Российской Федерации на период до 2020 года". М.: ВНИРО, 2002. С. 196–201.
 6. *Масленников С.И.* Обрастание установок марикультуры приморского гребешка в заливе Петра Великого (Японское море). Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18. Институт биологии моря ДВО РАН. Владивосток, 1996. 24 с.
 7. *Масленников С.И., Корн О.М., Кашин И.А., Мартыниченко Ю.Н.* Многолетние изменения численности личинок донных беспозвоночных в бухте Алексева о. Попова Японского моря // Биол. моря. 1994. Т. 20. № 2. С. 107–115.
 8. *Одум Ю.* Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
 9. *Павлюк О.Н., Преображенская Т.В., Тарасова Т.С.* Межгодовые изменения в структуре сообществ мейобентоса бухты Алексева Японского моря // Биол. моря. 2001. Т. 27. № 2. С. 127–132.
 10. *Павлюк О.Н., Трехухова Ю.А., Чернова Е.Н.* Мейобентос в условиях марикультуры приморского гребешка в бухте Миноносок (залив Петра Великого Японского моря) // Биол. моря. 2005. Т. 31. № 5. С. 329–337.
 11. *Подкорытова А.В.* Морские водоросли макрофиты и травы М.: ВНИРО, 2005. 174 с.
 12. *Трехухова Ю.А., Павлюк О.Н.* Видовой состав и распределение свободноживущих морских нематод в заливе Восток Японского моря // Биол. моря. 2006. Т. 32. № 1. С. 8–16.
 13. *Чесунов А.В.* Биология морских нематод. М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2006. 387.
 14. *Belogurova L.S.* The role of nematodes in marine ecosystems // Russian journal of nematology. 1996. V. 4. № 1. P. 5.
 15. *Belogurova L.* Meiofauna of cultivated Laminaria // Second English Language international Nematology Symposium of the Russian Society of Nematologists Moscow, Russia, 1997.
 16. *Blome D., Faubel A.* Eulittoral nematodes from the Elbe estuary: species composition, distribution and population dynamics // Arch. Hydrobiol. Suppl. 1996. V. 110. № 2–3. P. 107–157.
 17. *Fadeeva N.P., Bezverbnaja I.P., Tazaki K. et al.* Composition and structure of marine benthic community regarding conditions of chronic harbor pollution // Ocean Polar Res. 2003. V. 25. № 1. P. 21–30.
 18. *Ivin V.V., Kalashnikov V., Maslennikov S.I., Tarasov V.G.* Scallops fisheries and aquaculture of northwestern Pacific, Russian Federation // Scallops: biology, ecology and aquaculture: Second edition / Eds. Shumway S.E., Parsons G.J. Amsterdam: Elsevier Publisher, 2006. P. 1163–1224.
 19. *Reidenauer J.A.* Sand-dollar *Mellita guinguesperforata* (Leske) barrow trails: sites of harpacticoids disturbance and nematode attraction // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1989. V. 130. № 3. P. 223–235.
 20. *Reise K.* High abundance of small zoobenthos around biogenic structures in tidal sediments of the Wadden Sea // Helgol. Meeresunter. 1981. Bd. 34. H. 4. S. 413–425.
 21. *Vanaverbeke J., Gheschiere T., Vincx M.* The meiobenthos of subtidal sandbanks on the Belgian continental shelf (Southern Bight of the North Sea) // Estuar. Coast. Mar. Sci. 2000. V. 51. P. 837–649.

Meiobenthos under Mariculture Conditions of the *Saccharina japonica* Brown Seaweed in Rifovaya Bight (Peter the Great Bay of the Sea of Japan)

L. S. Belogurova, S. I. Maslennikov

The qualitative and quantitative compositions of free-living marine nematodes were studied in Rifovaya Bight (Peter the Great Bay, Sea of Japan). It was found that the density distribution of nematode populations in bottom sediments of Rifovaya Bight is non-uniform. In total of 72 nematode species were found, including *Oncholaimium paraolium*, *Viscosia epapilosa*, and *Monoposthia latiannulata* on all types of substrates. The dominant trophic group comprised "predators" (2B) and "scrapers" (2A). It was shown that the species composition of nematodes in Rifovaya Bight is very similar to the species composition of nematodes in the other areas of Peter the Great Bay of the Sea of Japan.